

**Análisis sostenible del ciclo de vida de la envolvente vertical opaca.  
Metodología de evaluación del impacto ambiental, económico y social**

**Michelle Imperia Sánchez de Leon Brajkovich**

<http://hdl.handle.net/10803/405773>

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

## TESIS DOCTORAL

Título

ANÁLISIS SOSTENIBLE DEL CICLO DE VIDA DE  
LA ENVOLVENTE VERTICAL OPACA  
Metodología de evaluación del Impacto Ambiental,  
Económico y Social

Realizada por

Michelle Sánchez de León Brajkovich

en el Centro

Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle  
Universitat Ramón Llull

y en el Departamento Arquitectura

Dirigida por Dr. Nuria Martí y Dr. Gerardo Wadel

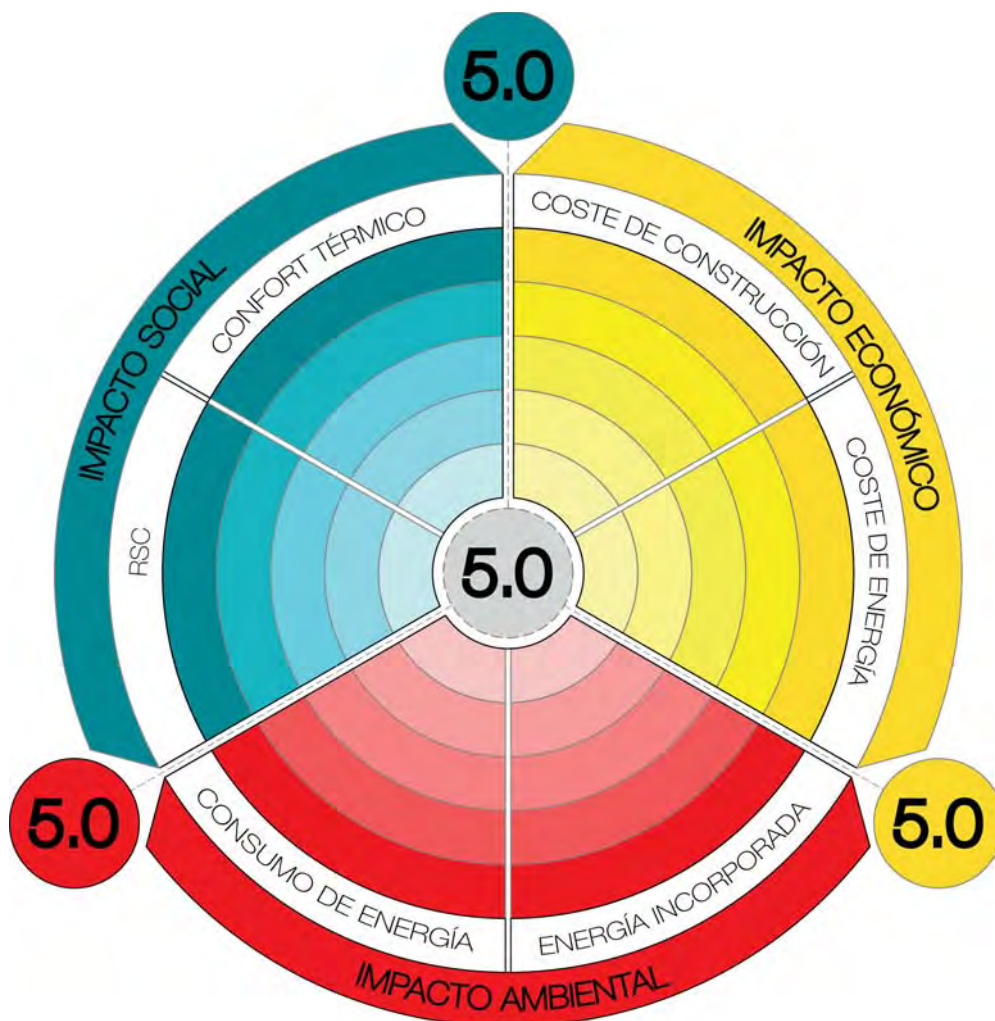


# ANÁLISIS SOSTENIBLE DEL CICLO DE VIDA DE LA ENVOLVENTE VERTICAL OPACA

Metodología de evaluación del Impacto Ambiental, Económico y Social

# SUSTAINABLE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THE VERTICAL OPAQUE ENVELOPE

Methodology Assessment of Environmental, Economic and Social Impact



Universidad Ramón Llull La Salle // Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle

Doctorado en Proyecto Integrado de Arquitectura (P.h.D)

Alumno: Arq. MA. MSc. Michelle Sánchez de León

Directores: Ph.D. Arq. Nuria Martí

Ph.D. Arq. Gerardo Wadel



# AGRADECIMIENTOS

*En memoria de Roberto Sánchez de León*

Las palabras no bastan para agradecer el apoyo, los consejos y la colaboración de todos aquellos que han hecho posible la realización de este trabajo.

Debo de mencionar con especial agradecimiento a Núria Martí por todos sus consejos, por el apoyo incondicional y en especial por la guía tan especial que me ha dado desde que comenzamos a trabajar juntas con la tesina del Master que fue el comienzo de esta tesis de doctorado, no sólo desde el punto de vista académico y profesional, sino también desde el punto de vista personal; no pude haber escogido mejor directora de doctorado, su dedicación y empeño para sacar esta tesis adelante fue único.

También debo de agradecer a Gerardo Wadel por todo su apoyo y colaboración, pero en especial por abrir mi mente con cada conversación que sostuvimos durante estos años de trabajo juntos, cada una de ellas fueron inspiradoras. Ha sido un placer compartir con una persona que tiene tanta profundidad de conocimientos en el sector de la sostenibilidad, y que para mí sea convertido en muchos aspectos en un ejemplo a seguir.

Asimismo, agradezco a todos aquellos que me han ayudado en el proceso de recopilación de datos e información. Gracias en especial a Dr. Leandro Madrazo y Dra. Manuela Ianni del Grupo de Investigación ARC Universidad Ramón Llull La Salle por enseñarme a utilizar herramientas de investigación cuando comencé con este análisis. A el profesor Prof. Dr. Benz Kotzen y el grupo de investigación de Sustainable Landscapes en la Universidad de Greenwich por darme la oportunidad de crecer como investigadora dentro de un ámbito internacional. Al Dr. Pablo Garrido por compartir conmigo sus conocimientos sobre mantenimiento de fachadas. Al Arq. Manuel García Barbero y al Ing. Alex Livio Wulf (Empresa KLH), por compartir conmigo sus experiencias en construcción con tableros de madera de contra enchapado.

Especiales agradecimientos a las oficinas de arquitectura SaAS, Frutos-Sanmartin arquitectos, y Societat Organica; por compartir sus conocimientos y sus proyectos conmigo, para poder construir la metodología para esta investigación.

Por ultimo quiero dar especiales agradecimientos a Javier, sin su amor, paciencia y apoyo nunca hubiera podido cumplir esta meta. A mi Padre Roberto, a quien dedico esta investigación, por creer en mí y haber visto el potencial que yo tenía para llegar hasta el último eslabón académico. A mi Madre Imperia, por enseñarme que con lucha, constancia, dedicación puedo alcanzar cada meta que me propongo. Y a mis hermanas, Vanessa y Lorena, por siempre acompañarme y apoyarme en cada meta que me planteo en mi vida.



# RESUMEN

## CASTELLANO:

Esta Tesis es parte de una reflexión sobre la definición del Desarrollo Sostenible y la triada de la sostenibilidad, y cómo aplicar este concepto al ámbito de la construcción. Podemos entender por la triada de la sostenibilidad el balance de tres tipos de impacto; ambiental, económico y social.

Actualmente los arquitectos nos enfocamos en desarrollar estrategias para reducir el impacto ambiental que tienen los edificios; siguiendo normativas, regulaciones e indicadores del mercado; los cuales se enfocan casi en su totalidad en reducir el consumo de energía durante la etapa de uso del edificio. De esta manera llamamos sostenibles a edificios que son eficientes energéticamente, y perdemos la mirada sobre el impacto económico y social del mismo, y también sobre la totalidad de su ciclo de vida.

Esta investigación se basa en estas inquietudes, al buscar la creación de una metodología nueva que integre el Análisis del Ciclo de Vida —ACV—, con la evaluación del impacto ambiental, económico y social de un elemento arquitectónico o edificio. Este sistema de evaluación será verificable, transferible y de fácil aplicación a cualquier futura investigación.

Para el desarrollo y el estudio de esta metodología se toma caso de estudio la envolvente vertical opaca, o muro exterior, ya que es considerado el elemento arquitectónico de mayor importancia, a nivel de impacto ambiental. Por lo tanto esta investigación comienza con el análisis de los sistemas constructivos de envolventes, clasificando los mismos en términos de sus aportes sostenibles a nivel de los procesos físicos por los que pasa un edificio en respuesta al clima local.

Luego se seleccionaron cinco tipologías de muro exterior a las cuales aplicar la metodología desarrollada, llegando a conclusiones sobre sus comportamientos sostenibles, evaluando su impacto ambiental, económico y social. Por último, se desarrolla otro nivel de investigación, comparando diferentes composiciones en términos de materiales constructivos, para las cinco tipologías seleccionadas.

Al finalizar, se genera una lista de pautas de diseño para que futuros arquitectos puedan utilizar esta tesis para mejorar el diseño de las envolventes de sus edificios. A su vez, la metodología de evaluación se puede utilizar como herramienta para desarrollar análisis exhaustivos del nivel de sostenibilidad de edificios o elementos arquitectónicos, lo cual puede arrojar pautas para mejorar el diseño de los mismos.

De esta manera se ofrecen herramientas que puedan mejorar el nivel de sostenibilidad de los edificios, abriendo la mirada de los que es realmente sostenible, enfocados en el balance de los tres tipos de impactos de la triada del Desarrollo Sostenible.

*Palabras Clave: análisis del ciclo de vida, sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior construcción, requerimientos técnicos, nueva construcción, sistema constructivo, eficiencia energética, Triada de la Sostenibilidad, Impacto Ambiental, Impacto Económico, Impacto Social*





# ABSTRACT

## ENGLISH:

This thesis is part of a reflection about the definition of Sustainable Development and the Triple Bottom Line; and how to apply this concept to the construction field. Understanding by the Triple Bottom Line, the balance of three types of impact, environmental, economic and social.

Currently, the architects focus on developing strategies to reduce building's environmental impact; following regulations and market indicators that focus almost entirely on reducing the energy consumption during the use stage of a building. In this way, we call sustainable to a building that is energy efficient, and we lose sight on the economic and social impact by itself and on the entire life cycle of a building.

This research is based in these concerns when looking for a new methodology that includes the Life Cycle Analysis – LCA-, with the evaluation of the environmental, economic and social impact of an architectural element or building. This evaluating system should be verifiable, transferable and easy to apply.

To study and develop this methodology, it takes as a case study, the exterior wall, since it is considered as the most important architectonic element from an environmental impact level. Therefore, this research begins with the analysis of the facade constructive systems, classifying them in terms of sustainable contributions at a level of physical processes that a building overtakes in response to local climate.

Then, five types of external walls were selected to apply the developed methodology, reaching the conclusions on its sustainable performance, evaluating its environmental, economic and social impact. Finally, it develops another research level, comparing different compositions, in terms of construction materials for the five selected typologies.

It generates a list of design guidelines so that future architects can use this thesis to improve the design of building envelopes. In turn, the evaluation methodology is used as a tool to develop comprehensive analysis of the building sustainability level or architectural elements that may lead to improvement in the design.

This way, tools are offered to improve the sustainability level of buildings, opening the look of that really sustainable, focused on the balance of the three types of impacts of the Sustainable Development Triple Bottom Line.

*Key Word: Life Cycle Assessment, sustainability, facade, envelope, exterior wall construction, technical requirements, new construction, constructive system, energy efficiency, Triple Bottom Line, Environmental Impact, Economic Impact, Social Impact.*



# RESUM

## CATALÀ:

Aquesta tesi parteix de la reflexió de la definició de Desenvolupament Sostenible i Tríada de la Sostenibilitat en relació al projecte arquitectònic; de com aplicar en l'àmbit de la construcció el concepte del balanç dels tres impactes; ambiental, econòmic i social.

Actualment, els arquitectes ens centrem en desenvolupar estratègies per reduir l'impacte ambiental que tenen els edificis; seguint les normatives, regulacions i indicadors del mercat, els quals s'enfoquen quasi en la seva totalitat en reduir el consum d'energia durant l'etapa d'ús de l'edifici. D'aquesta manera, els edificis sostenibles són aquells eficientment energètics, i per tant es perd la mirada sobre l'impacte econòmic i social d'aquests i llavors sobre la visió global del seu cicle de vida.

Aquesta investigació busca una nova metodologia que integri l'Anàlisi del Cicle de Vida –ACV-, amb l'avaluació de l'impacte ambiental, econòmic i social d'un element arquitectònic. Aquest sistema d'avaluació és verificable, transferible i de fàcil aplicació a qualsevol futura investigació.

Per al desenvolupament i estudi d'aquesta metodologia es pren com a cas d'estudi l'envoltant vertical opaca o mur exterior, ja que es considera l'element arquitectònic amb més incidència a nivell d'impacte ambiental. Així doncs, aquesta investigació comença amb l'anàlisi dels sistemes constructius d'envoltant, classificant-los en termes de sostenibilitat atenent als requeriments de suport i confort, en relació a la resposta del clima local.

Un cop realitzada la classificació s'escullen cinc tipologies per tal d'aplicar la metodologia del ACV creada, avaluant els tres impactes i treure'n conclusions a nivell de sostenibilitat i adequació dels sistemes constructius al lloc.

Al finalitzar, es genera una llista de pautes de disseny per a que futurs arquitectes puguin utilitzar aquesta tesi per millorar el disseny de les envoltants dels seus edificis. Alhora, la metodologia d'avaluació pot ser utilitzada com a eina per desenvolupar anàlisis exhaustius del nivell de sostenibilitat dels edificis o elements arquitectònics, que permetin donar pautes per millorar-los.

D'aquesta manera s'ofereix una eina que pot millorar el nivell de sostenibilitat dels edificis obrint la mirada a lo que realment és sostenibilitat; el balanç entre els tres tipus d'impacte de la tríada del Desenvolupament Sostenible.

***Paraules Clau:** anàlisi del cicle de vida, sostenibilitat, envoltant sostenible, mur exterior, sistemes constructius de façana, eficiència energètica, Tríada de la Sostenibilitat, Impacte Ambiental, Impacte Econòmic, Impacte Social, Cicle de Vida.*



# INDICE

PAG.

INTRODUCCION	16
CAPITULO 01: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	68
CAPITULO 02: LA ENVOLVENTE ARQUITECTONICA	134
CAPITULO 03: CLASIFICACION Y ESTUDIO DE TIPOLOGIAS DE ENVOLVENTES	166
CAPITULO 04: COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGIAS BASES	198
CAPITULO 05: COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGIAS BASES VS MEJORAS	250
CONCLUSIONES	298
PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES PUBLICAS	363
BIBLIOGRAFIA	376
ANEXOS	388
APENDICES	406



## **INTRODUCCION:**

1. Sostenibilidad y Arquitectura	31
2. Justificación de la pertinencia del tema propuesto –Estado de la cuestión–	35
3. Objetivos	52
4. Hipótesis	55



Figura 01 y 02\_

**Título:** El problema del Cambio Climático y las posibles soluciones

**Descripción:** En esta imagen se grafican de manera infográfica los problemas que el cambio climático trae junto con las posibles soluciones que la reunión del COP 21 sugieren.

**Fuente:** UN\_COP21, 2015



Figura 01

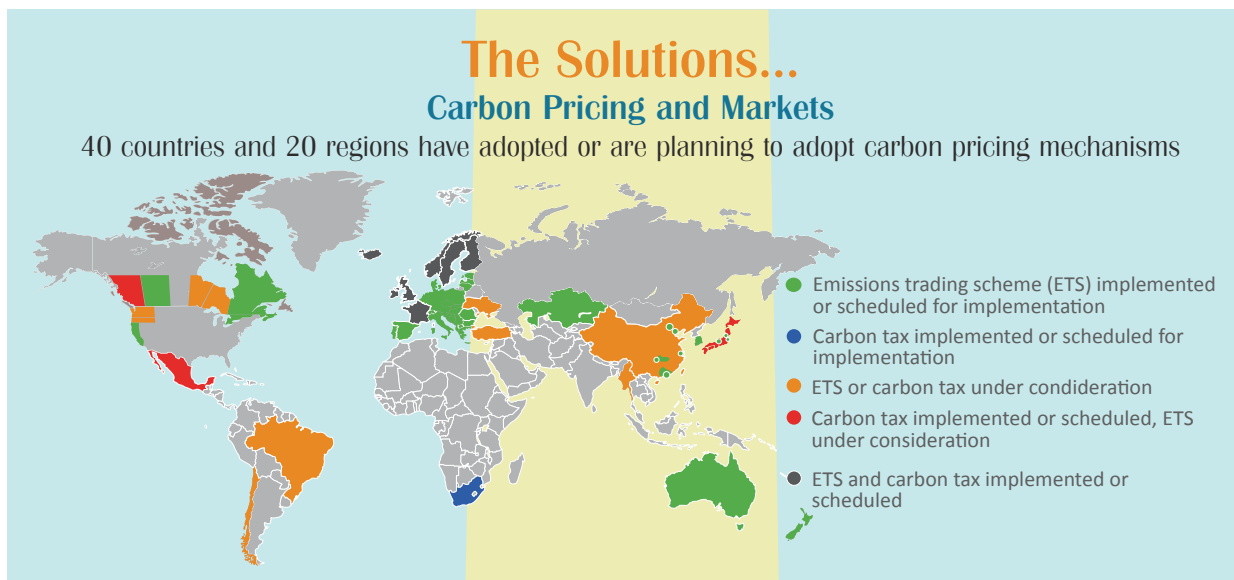


Figura 02

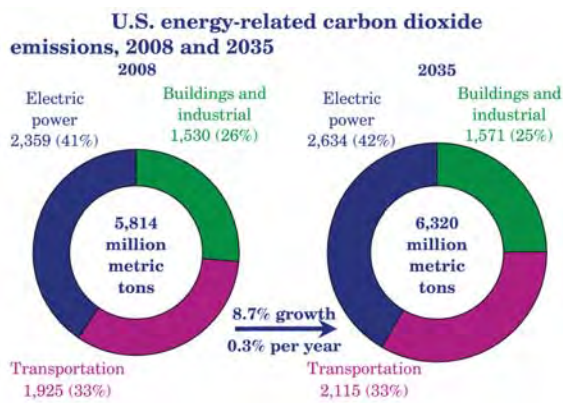


Figura 03\_

Título: Emisiones de CO<sup>2</sup> por sector

Descripción: En esta figura se muestra los niveles de emisiones de CO<sup>2</sup> relacionados a cada sector de la industria, donde se muestra que la industria de la construcción emana 26% del total.

Fuente: U.S. Energy Information Administration, 2010

## INTRODUCCIÓN

### CASTELLANO:

El cambio climático ha obligado a replantear la forma de proyectar la arquitectura a nivel mundial, mejorando así nuestros sistemas de instalaciones, reconsiderando las estrategias de diseño pasivo, y desarrollando materiales constructivos más eficientes. A su vez ha generado más conciencia social, ambiental y económica, como muestra la Conferencia de Cambio Climático en París (UN\_COP21, 2015), donde 195 participantes firmaron un acuerdo con el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 2°C. (Figura 01 y 02)

El entendimiento de los problemas que genera el cambio climático en el mundo también ha impactado la arquitectura, no sólo porque el usuario es más consciente de la huella que un edificio puede generar, sino también porque los arquitectos cada vez buscan respuestas más sostenibles para sus proyectos. Además la normativa de construcción a nivel mundial se ha vuelto más exigente. La población mundial hoy en día es consciente de que el 40% de las emisiones de gases invernadero a nivel mundial viene del sector de la construcción (U.S. Energy Information Administration, 2010) (Figura 03). La gente pasa más del 90% de su tiempo dentro de edificios, nuestras vidas se desarrollan alrededor de edificios e infraestructura; vivimos en casas, viajamos por carreteras, socializamos en bares o cafeterías y trabajamos en edificios de oficina (Sturgis Carbon Profiling, 2016).

### ENGLISH:

Climate change has forced us to rethink the way to design architecture worldwide, improving our facility systems, reconsidering the strategies of passive design and developing more efficiently construction materials. In turn, it has caused more social, environmental and economic awareness as shown in the Climate Change Conference in Paris (UN\_COP21, 2015), where 195 participants signed an agreement to keep global warming below 2 °C (Image 01 and 02).

Understanding the problems caused by global climate change, has also affected architecture, not only because the user is more conscious of the footprint a building generates, but also because architects are increasingly look for more sustainable strategies for their projects. In addition, the global construction regulation has become tougher. Today, world population is aware that 40% of the greenhouse gas emissions worldwide come from the construction sector (US Energy Information Administration, 2010) (Image 03). People spend more than 90% of their time inside buildings; our lives are developing around building and infrastructure; we live in houses, we travel on roads, we socialize at bars or coffee shops and we work in office buildings (Sturgis Carbon Profiling, 2016).

This research rises because of this concern; being its main purpose, to produce more tangible information on how to make a building more sustainable. Attending to the

Gracias a esta inquietud nace esta investigación, teniendo como objetivo principal generar más información tangible sobre cómo hacer que un edificio sea más sostenible. Atendiendo al concepto del desarrollo sostenibilidad (Brundtland, 1987) (Anexo 1) y la Triada de la Sostenibilidad o mejor conocida como “Triple Bottom Line” — TBL— (UN\_HABITAT, 1978) (Figura 04) , al equilibrio entre tres tipos de impactos que están relacionados entre sí: el impacto social, el económico y el medio ambiental.

Este estudio ahonda sobre dicho tema, apoyándolo a través de diferentes herramientas como el análisis, clasificación, cuantificación, comparativa y selección del elemento arquitectónico. Esto permite comprobar cómo funcionan las diferentes tipologías de envolventes verticales opacas, cómo apoyan la sostenibilidad de un edificio, y qué nivel de impacto tiene el correcto diseño de estos elementos sobre el comportamiento sustentable de la edificación, tomando en consideración todo su ciclo de vida y la triada del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987) (Anexo 1).

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre sostenibilidad en arquitectura se basan sólo en el impacto medio ambiental —gracias a la importancia que se le ha dado al Cambio Climático— esta investigación interrelaciona estos tres aspectos y tiene como principal objetivo la búsqueda de una metodología que no sólo mida cada uno de los impactos que un edificio genera, sino también interrelacione estos resultados y genere datos que

sustainability development concept (Brundtland, 1987) (Attachment 1) and the Triple Bottom Line –TBL– (UN\_HABITAT, 1978) (Image 04), to balance between three types of impacts related among them: social, economic and environmental impact.

This study deepens into this topic, supporting it through different tools, such as the analysis, classification, quantification, comparative and selection of the architectonic element. This allows us to verify, how the different typology of vertical opaque envelope work, how they support the sustainability of a building and what impact level has the proper design of these elements on the sustainable behavior of the building, taking into consideration its whole life cycle and the Triple Bottom Line (Brundtland, 1987) (Attachment 1).

Even though, most of these investigations on architecture sustainability are based only in the environmental impact, – thanks to the significance given to the Climate Change— this investigation inter-relates these three aspects. It has as main objective, the search of a methodology that not only measures each of the impacts produced by a building, but also inter-relates these results, and produced data that defines in a tangible way the building sustainability.

This work takes as study element, the exterior wall systems as strategies of sustainable design. The building envelope is a key piece in the inter-relation between outdoor

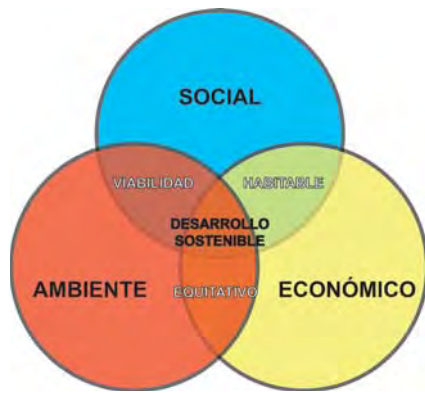


Figura 04\_

**Título:** Desarrollo Sostenible, TBL

**Descripción:** En esta Gráfica se puede ver la interrelación entre los tres aspectos que definen el "Triple Bottom Line" del Desarrollo Sostenible. Teniendo a la izquierda el impacto económico, a la derecha el impacto ambiental y abajo el impacto social, a su vez se identifican aspectos que interrelacionando estos tres impactos. Dichos impactos deben de ser equitativos, habitables y viables para que se cree un equilibrio y para que exista un desarrollo sostenible.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

definan de manera tangible el nivel de sostenibilidad de un edificio.

Este trabajo toma como elemento de estudio los sistemas de envolventes verticales opacos como estrategias de diseño sostenible. La envolvente del edificio es una pieza clave en la interrelación entre el ambiente exterior y el interior. A su vez afecta el desempeño del mismo en términos de eficiencia energética, reutilización de agua y gestión de residuos. Este elemento arquitectónico, si está bien proyectado, puede contribuir con la reducción de la demanda de un edificio, al igual que con la recolección de aguas de lluvia, el control de intercambio energético, la captación de energía solar, entre otros; formando parte de una solución integral en el diseño del edificio.

Por lo tanto, el correcto diseño de este elemento puede representar una gran herramienta para contribuir con la sostenibilidad del edificio. Tomando en consideración que "[...] la adaptación de los edificios al cambio climático exige el respeto de tres principios: la envolvente, la superficie ocupada por el edificio [...] y eficiencia energética [...]" (Edwards, 2009).

Los arquitectos tenemos una gran responsabilidad para llegar a la meta de proyectar edificios con un balance energético cero (EU, 2016), por lo tanto, todas las herramientas e investigaciones que se puedan desarrollar para ayudar a que los edificios sean sostenibles van a contribuir con este objetivo. De esta manera podremos

and indoor environment. In addition, it affects the performance of the same, in terms of energetic efficiency, water reuse and waste management. This architectonic element, if well projected, may contribute to reduce the demand of a building, as well as rainwater collection, energy interchange control, the solar gain, among others; being a part of an integral solution in a building design.

Therefore, the correct design of this element can represent a great tool to contribute to the building sustainability. Taking into consideration that "[...] the adjustment of buildings to climate change requires respect for three principles: the envelope, the surface occupied by the building and energy efficiency ..." (Edwards, 2009).

We, the architects have a great responsibility to reach the goal of projecting buildings with zero energy balance (EU, 2016), therefore, all the tools and researches that may support building sustainability will contribute with this objective. This way, we may reduce the negative impact that the city park has, that now represents a 40% of the CO<sup>2</sup> global emissions. This work contributes to reduce the impact, producing design guidelines for project architects.

This work intends to provide new data on the impact of different types of envelopes (Image 05) and to propose a new methodology based in TBL incorporation of the sustainable development, focus in analyzing the three types of impact: economic, social and environmental. Just as

lograr reducir el impacto negativo que el parque urbano tiene, que actualmente representa un 40% de las emisiones de CO<sup>2</sup> a nivel mundial. Esta tesis contribuye a reducir este impacto, creando pautas de diseño para proyectistas.

Este trabajo pretende aportar datos nuevos sobre el impacto de diferentes tipos de envolventes (Figura 05), y proponer una nueva metodología basada en la integración del triada del desarrollo sostenible, concentrándonos en analizar los tres tipos de impacto: económico, social y medio ambiental. Al igual que procura facilitar el entendimiento del muro exterior como elemento arquitectónico que puede mejorar el nivel de sostenibilidad del edificio. Esta nueva metodología puede ser traspasada o aplicada para analizar y comparar cualquier elemento arquitectónico ubicado en cualquier localidad.

La integración del triada del desarrollo sostenible que se propone es una comparativa tangible de diferentes cálculos, que reflejan el verdadero impacto que puede tener este elemento arquitectónico, tomando en consideración el ciclo de vida de todo el edificio y de cada componente, para de esta manera tener una visión global de la importancia que puede tener el correcto diseño de la envolvente en un proyecto arquitectónico.

Atendiendo a las consideraciones previas, la tesis se divide en tres fases que forman parte de la metodología propuesta para esta investigación:

it tries to ease the understanding of the exterior wall as an architectonic element that can improve the sustainability level of a building. This new methodology transferred or applied, may analyze and compare any architectonic element placed in any location.

The TBL integration of the sustainable development proposed is a tangible comparison of the different calculations that reflect the real impact this architectonic element can have, taking into consideration the life cycle of the whole building and every component, and this way have a global view of the importance that can have the proper envelope design in an architectonic project.

Based on previous considerations, the thesis is divided in three phases that are part of the methodology proposed for this research:

**a. Classification of construction systems:** It proposes a new classification on the construction systems, and the passive and active envelope strategies. This new classification system unifies the criteria to organize them in terms of environmental impact, taking into consideration, construction methods, applied materials, energy exchange, and light contributions, among others.

This classification works as a base for selecting typologies, deeply studied in phase two and three of the methodology in this research. This selection considers; what typologies are traditionally used in Spain and which

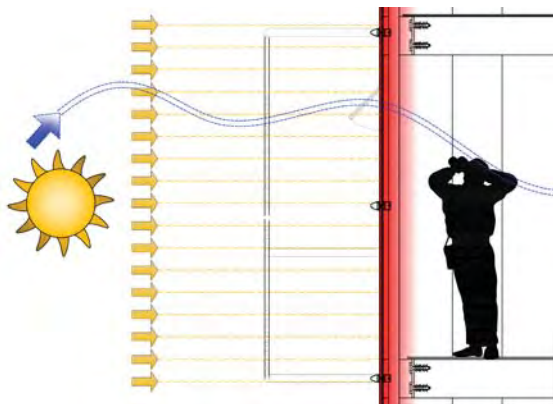


Figura 05\_

**Título:** Intercambio de calor en la fachada de un edificio  
**Descripción:** En esta imagen se describe el intercambio de energía y calor que ocurre en la fachada de un edificio  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

**a. Clasificación de sistemas constructivos:** Se propone una nueva clasificación sobre los sistemas constructivos, y las estrategias pasivas y activas de las envolventes. Este nuevo sistema de clasificación unifica los criterios para poder categorizarlos en términos de su impacto ambiental, tomando en consideración los métodos de construcción constructivos, materiales aplicados, intercambio de energía, aportaciones lumínicas, entre otros.

Esta clasificación sirve como base para la selección de las tipologías que se estudian en profundidad en la etapa dos y tres de la metodología de esta investigación. Para esta selección se toma en consideración ¿Cuáles tipologías son más utilizadas en España y cuáles son sistemas alternativos? ¿Cuáles tipologías generaran mayores datos comparativos? y ¿Cuáles tipologías aportaran más datos técnicos a la comunidad científica? El proceso de selección se explica con mayor extensión en el Capítulo 1, 2 y 3 de este documento.

Esta fase da comienzo al estudio de la envolvente como herramienta sostenible, y facilitará el estudio de la siguiente etapa de la metodología. Tomando esta clasificación como base para seleccionar las tipologías de envolvente que se van a estudiar en profundidad para generar comparativas del impacto ambiental, social y económico de estos elementos arquitectónicos.

are the alternatives systems? What typologies generate more comparison data? Moreover, what typologies will add more technical knowledge to the scientific community? Chapter 01, 02 and 03 of this paper explains deeply the selection process.

This phase starts the envelope study as a sustainable tool and eases the study to the following methodology stage. This classification is taking as a base to select the envelope typologies that will be studied to produce comparisons of the environment, social and economic impact of these architectonic elements.

#### **b. Sustainable Life Cycle Analysis—ASCV—:**

In this research, the phase of impact calculations bases in the methodology explained in the document "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" from the United Nations (UNPE, 2011), but reinterpreting for the construction sector.

This document explains how combining different calculation methods, it can identify the sustainability of a product, taking into consideration the Sustainable Development and the TBL definition. In this way, it combines Life Cycle Assessment of the Environmental Impact —LCA-A—, Life Cycle Costing —LCC—, and Social Impact Life Cycle Assessment —LCA-S— to produce a Life Cycle Sustainable Assessment —LCSA— taking into consideration and analyzing the Triple Bottom Line. While there are many examples of LCA-A and LCC, specifically for the

### **b. Análisis Sostenible del Ciclo de vida—ASCV—:**

Para la fase de cálculo de impactos en esta investigación se basa en la metodología explicada en el documento "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" de las Naciones Unidas (UNPE, 2011), pero reinterpretándolo para el sector de la construcción.

En este documento se explica cómo, combinando diferentes métodos de cálculo, se puede llegar a identificar el nivel de sostenibilidad de un producto, tomando en consideración la definición del TBL del Desarrollo Sostenible. De esta manera se combinan el Análisis del Ciclo de vida del Impacto Medio Ambiental —ACV-A—, el Análisis del Coste del Ciclo de vida —CCV—, y el Análisis del Ciclo de vida del Impacto Social —ACV-S— para generar un Análisis Sostenible del Ciclo de vida tomando en consideración y analizando la triada de la sostenibilidad. Mientras existen muchos ejemplos de ACV-A y CCV realizados para el sector de la construcción, no se pudieron encontrar muchos ejemplos de AVC-S en este sector, y tampoco existen muchos ejemplos de investigaciones realizadas en dicho ámbito que combinen los tres tipos de cálculos para generar una visión global del nivel de sostenibilidad de un producto arquitectónico basado en el TBL del Desarrollo Sostenible (Figura 06).

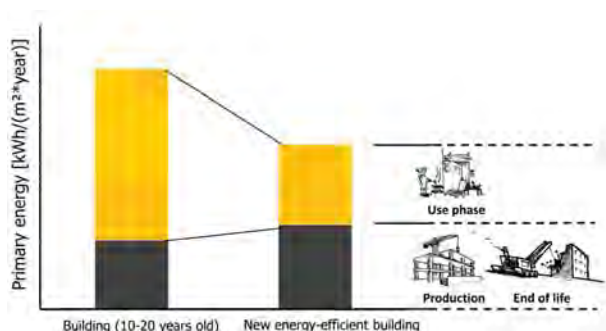
Por lo tanto, esta metodología es uno de los aportes de esta investigación, proporcionando por primera vez una forma de medir de manera tangible el impacto global de

construcción sector, during the development of this research could many examples of LCA-S could not be found. Neither are there many examples of researches made in this field that combined with the three calculation types, produce a global vision of the sustainability level of an architectonic product, based in the Sustainable Development TBL (Image 06).

Therefore, this methodology is one of the contributions to this research, providing for the first time a way of measuring in a tangible manner the global impact of an architectonic element. Such method conceived for this research; produce a new analysis proposal, combining some study types to measure every impact. Chapter 1 of this document shall explain every methodology stage deeply.

In this research phase uses as study case, the typologies of constructive systems chosen in previous stage, making comparatives analysis between those typologies. The analysis model for this phase is located in the Mediterranean weather of the city of Barcelona —C2 in the CTE— (CTE DBHE, 2016). Despite all calculations of this research are focused in the exterior wall element at a building in the city of Barcelona, the methodology created is flexible and can be applied to any architectonic element, including a whole building, and it could be based in any climate or city around the world. Making It an applicable tool for future research in the same field.

The LCA type that is going to be done is a Simplified LCA, defined in the document developed by the European



**Título:** Comparativa entre una nueva construcción y un edificio con 20 años de construcción

**Descripción:** En esta imagen se puede notar la comparativa entre la etapa de producción de materiales y de decostrucción, contra la etapa de uso; examinando el comportamiento de un edificio de nueva construcción y un edificio construido hace 20 años.

**Referencia:** Varios, 2011

un elemento arquitectónico. Dicha metodología se ideó para esta investigación, generando así una nueva propuesta de análisis, combinando varios tipos de estudios para medir cada tipo de impacto. En el capítulo 1 de este documento se explicará con más profundidad cada etapa de la metodología.

En esta fase de la investigación se utilizan como caso de estudio las tipologías de sistemas constructivos seleccionadas en la etapa anterior, haciendo análisis comparativos entre dichas tipologías. El modelo de análisis para esta fase está localizado en el clima mediterráneo de la ciudad de Barcelona —C<sup>2</sup> en el CTE— (CTE DBHE, 2016). A pesar de que los cálculos de esta investigación están enfocados en el elemento del muro exterior en una edificación de la ciudad de Barcelona, la metodología que se ha ideado es flexible y se puede aplicar a cualquier elemento arquitectónico, incluyendo un edificio completo, y podría basarse en cualquier clima o ciudad del mundo. Haciéndolo de esta manera una herramienta aplicable para investigaciones futuras en el mismo campo.

El tipo de ACV que se va a hacer es un ACV Simplificado, definido en el documento desarrollado por la Comunidad Europea llamado EaB Guide. "Un estudio de ACV simplificado puede llevar a cabo una evaluación rápida de un edificio o de un producto. El reto consiste en adaptar la metodología del ACV y simplificar su uso [...]. Con un ACV simplificado, se aplica un enfoque pragmático a

Community, called EaB Guide. "A simplified LCA study may carry out a quick evaluation of a building or a product. The challenge is to adjust the LCA methodology and simplify its use [...]. With a simplified LCA, it applies a pragmatic perspective to a building or product. Studies based in the available information, such as planning process are possible. The simplified LCA is found in any place between the detecting LCA and the full LCA. It can be adjusted by the interested parties of a building (for example by the construction company of the design engineer), and in a particular phase of the planning process of the work. For example, if one construction company carries out a simplified LCA, it may use accurate data for the impacts related at the location, but the study can still rely on the simplified LCA definitions, for the other stages of the life cycle" (Varios, 2011) (Image 07). The life cycle approach helps to take decisions based in scientific data that looks meticulously all the impact produced by the building.

To measure the Environmental impact, it proposes to use the Simplified Cycle of Life Assessment —LCA-A— (UNPE, 2011), (Attachment 1) to evaluate the behavior of these elements in all stages of the life cycle of the building, and to verify in which period has greater and/or lesser consequence on the sustainable development of the same. Also, it compares different typologies of exterior walls, taking into consideration the greenhouse gas emissions and energy consumption during the production stages of construction materials and the use of the building. This data allows us to verify the complete environmental



Figura 07\_

**Título:** Descripción del ciclo de vida de un bloque prefabricado de hormigón

**Descripción:** Esta figura ejemplifica el ciclo de vida de un bloque prefabricado de hormigón, siendo un ciclo abierto de la cuna a la puerta

**Fuente:** Clark, 2013

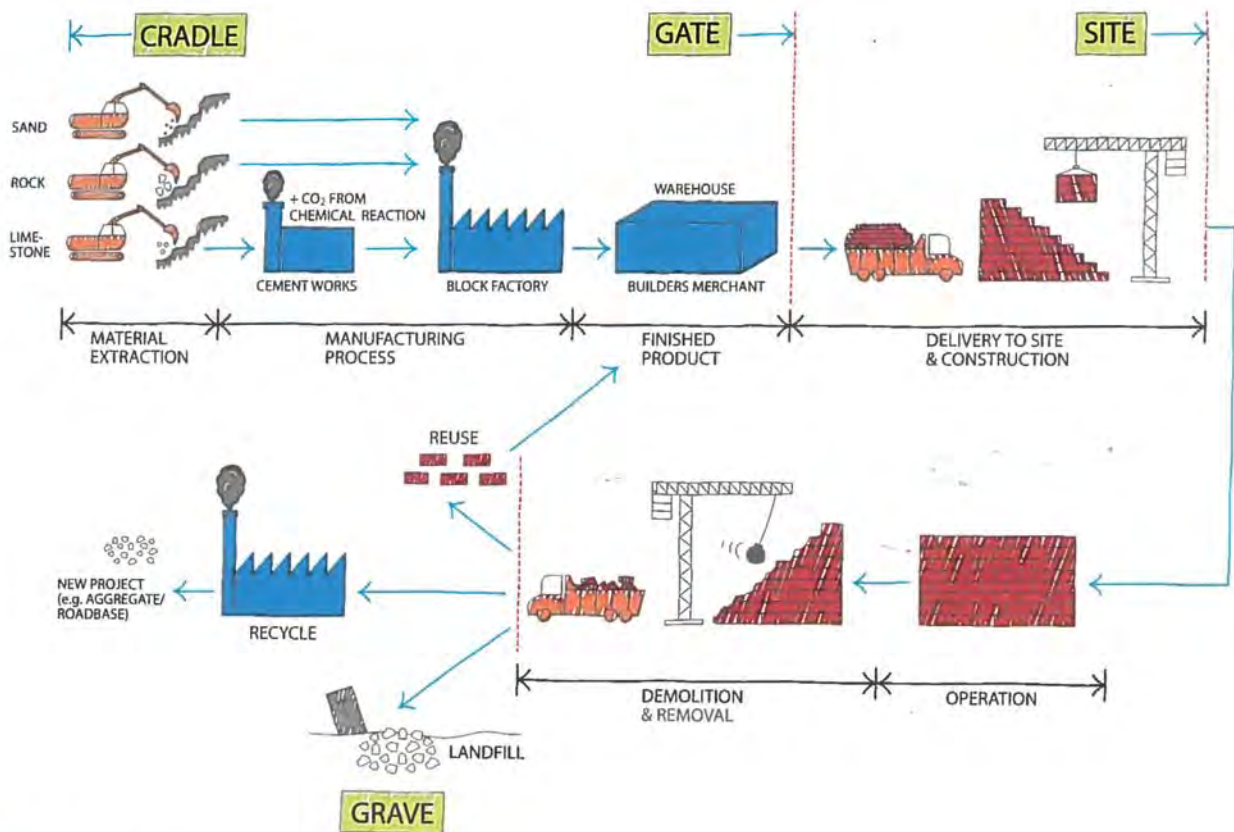


Fig 3.1 The embodied carbon stages in the life of a concrete block

un edificio o producto. Se hacen posibles los estudios basados en la información que ya está disponible, por ejemplo, en el proceso de planificación. El ACV simplificado encuentra en algún lugar entre el ACV de detección y el ACV completo. Puede ser adaptado por las partes interesadas de un edificio — por ejemplo, la empresa de construcción o el ingeniero de diseño —, y en una determinada fase del proceso de planificación de la obra. Por ejemplo, si una empresa de construcción lleva a cabo una ACV simplificado, datos más precisos se pueden utilizar para los impactos relacionados en el lugar, pero el estudio todavía puede confiar en las definiciones de la ACV simplificado para las otras etapas del ciclo de vida” (Varios, 2011) (Figura 07). El enfoque del ciclo de vida ayuda a tomar decisiones basadas en datos científicos que miran con rigor todo el impacto que genera el edificio.

Para medir el Impacto Medio Ambiental se propone utilizar el Análisis del Ciclo de vida Simplificado —ACV-A— (UNPE, 2011), (Anexo 1) para evaluar el comportamiento de estos elementos en todas las etapas del ciclo de vida del edificio y verificar sobre qué período tiene mayor y/o menor implicación en el desempeño sostenible del mismo. Igualmente se comparan diferentes tipologías de muro exterior, teniendo en consideración las emisiones de gases invernadero y el consumo de energía durante las etapas de producción de los materiales constructivos y el uso del edificio. Estos datos nos permiten comprobar el impacto medioambiental completo que poseen los

impacto de estos proyectos, having then, the requirements to analyze two of the three points of sustainable development.

To measure the economic impact, it used a tool called Simplified Life Cycle Costing —LCC— (Image 08), which follows the LCA same principles, but focused in the economic value study that has every architectonic element during every stage of life cycle, being measured from the production cost until transportation, maintenance, etc. This study assesses not only the economic expense, but also takes into consideration if there is any kind of economic saving produced by the improvement at a design level of an architectonic element. For example, if the building has any design level of photovoltaic equipment. This study takes into consideration, not only the economic expense produced by the construction of such installation, but also the economic savings produced by reducing the energy consumption.

The social impact is the hardest to measure, and currently, there is no scientific data basis of the construction sector where to base the study, and there is very little verifiable scientific research, which can take as reference. Therefore, this investigation bases and adjusts the methodology explained in the above-mentioned document of the United Nations (UNPE, 2011).

Having first, the comparative analyses of the Corporate Social Responsibility of the manufacturing companies of

proyectos, teniendo así los datos necesarios para analizar dos de los tres puntos del desarrollo sostenible.

Para medir el impacto económico se utilizó una herramienta que se llama Análisis del Coste del Ciclo de vida Simplificado —CCV— (Figura 08), el cual sigue los mismos principios del ACV, pero enfocado en el estudio del valor económico que tiene cada elemento arquitectónico durante cada etapa del ciclo de vida, siendo medido desde el costo de producción, hasta el transporte, mantenimiento, etc. Este estudio evalúa no solo el gasto económico que se genera por la construcción y mantenimiento del edificio, sino también toma en consideración si existe algún ahorro económico generado gracias a la mejora a nivel de diseño de un elemento arquitectónico, por ejemplo: si el edificio tiene alguna instalación fotovoltaica, este estudio toma en consideración, no sólo el gasto económico que genera la construcción de dicha instalación, sino también el ahorro económico que genera reduciendo el consumo de energía.

El impacto social es el más difícil de medir, y actualmente no existen bases de datos científicas del sector de la construcción en las cuales basar el estudio, y hay muy pocas investigaciones científicas verificables que podamos tomar como referencia. Por lo tanto, en esta investigación se basa y adapta la metodología que se explica en el documento anteriormente mencionado de las Naciones Unidas (UNPE, 2011).

construction materials, and in this way analyze the Material Production of life cycle. Second, for the Use phase of the life cycle, it was calculated the thermal comfort levels of the indoor environment of the study model, comparing the hours of thermal discomfort that each type of the exterior wall produces. Analyzing this level at a building or interior space, has a considerable level of difficulty, since the thermal comfort level is personal and depends on the users sensitivity, taking this into consideration, the comfort ranges proposed by the Technical Code of the Spain Building (CTE DBHE, 2016), were taken as reference. In this way, we can reach to a comparison analysis of the Social Impact produced by the typologies selected.

**c. Comparative Analysis:** Another important aspect is the chance to create comparative data among the typologies of envelope systems, having as an objective to bring a global vision about sustainable performance, focus in the three impacts: environment, economic and social, to draw comparative conclusions of these elements on climate, constructive systems and orientation chosen for the analysis.

After having the impact data of every typology, An analysis was performed to evaluate the sustainable functioning of all of them, placing this part of the study in the climate of Barcelona/Spain. In this way, there were produced data and comparative relations among between the different typologies, thus defining the sustainability level of every one of them.



Figura 08\_

**Título:** Nuevas herramientas circulares para mejorar la huella sostenible de un edificio

**Descripción:** En esta imágenes se describen de manera grafica algunos nombres de herramientas "circulares" que apoyan a el estudio del impacto ambiental de edificios

**Fuente:** Brown, 2016

Teniendo, primero el análisis comparativo de la Responsabilidad Social Corporativa de las compañías manufactureras de los materiales constructivos para de esta manera analizar la fase de Producción de Materiales del ciclo de vida. Segundo, para la fase de uso del ciclo de vida, se calcularon los niveles de confort térmico del ambiente interior del modelo de estudio, comparando las horas de desconfort térmico que cada tipología de Muro Exterior genera. Analizar este nivel en un edificio o espacio interior tiene un nivel de complejidad considerable, ya que el nivel de confort térmico es personal, y depende de la sensibilidad de cada usuario, teniendo esto en consideración se tomaron como referencia los rangos de confort propuestos por el Código Técnico de la Edificación de España (CTE DBHE, 2016). De esta manera se puede llegar a un análisis comparativo del Impacto Social que generan las tipologías seleccionadas.

**c. Análisis comparativo:** Otro aspecto importante de esta investigación es la posibilidad de crear datos comparativos entre las tipologías de sistemas de envolvente opaca, teniendo como objetivo brindar una visión global sobre el funcionamiento sostenible enfocado en los tres impactos: medio ambiental, económico y social, para de esta manera arrojar conclusiones comparativas de estos elementos sobre los climas, los sistemas constructivos y las orientaciones escogidas para el análisis.

Luego de tener los datos del impacto que tiene cada tipología, se realizó un análisis, para evaluar el

After having defined the environmental, economic, and social impact of every typology, the possibility to improve every typology is studied, with the objective to reduce the impact. For example, We could see different options studying build-ups with different insulating materials of natural origin, to reduce the impact in the stage of the material production. This way, it is possible to have a clear view of how it would affect these typologies if worked with other constructive solutions.

#### **d. Weighting of sustainability level taking into consideration the Sustainable Development triad –Eco Compass–:**

After having the results of every impact category –environmental, economic and social–(Image 09), this research comes to have a final valuation that weighs the three impacts and reduce the sustainability level of each type of the opaque vertical envelope.

This idea is born from the concern to integrate the results in a graphical way, looking for the easy reading of those results, and looking for a result to conclude; which typology is more sustainable? And why? For this, it develops a scoring system and an eco-compass image, where it is graphically represented the result of each impact category and the total weigh of sustainability level.

**e. Conclusions and design guidelines for draughtsman:** To finalize the research, we draw conclusions based in all calculations and comparatives results produced

funcionamiento sostenible de cada una de ellas, ubicando esta parte del estudio en el clima de la ciudad de Barcelona/España. De esta manera se generaron datos y relaciones comparativas entre las distintas tipologías, determinando así el nivel de sostenibilidad de cada una de ellas.

Al tener definido el impacto medio ambiental, económico y social de cada tipología, se estudia la posibilidad de mejorar cada tipología con el objetivo de reducir el impacto. Por ejemplo, se observan opciones trabajando con materiales aislantes de origen natural, para reducir el impacto en la etapa de producción de material. De esta forma se logra tener una visión clara de cómo afectaría si estas tipologías se trabajan con otras soluciones constructivas.

**d. Ponderación de nivel de sostenibilidad tomando en consideración la triada del Desarrollo Sostenible —Ecobrujula—:** Luego de tener los resultados de cada categoría de impacto —ambiental, económico y social— (Figura 09) esta investigación llega a tener una valoración final que pondere los tres impactos y que resuma el nivel de sostenibilidad de cada tipología de envolvente vertical opaca.

Esta idea nace de la inquietud de integrar los resultados de una manera gráfica, buscando la fácil lectura de dichos resultados, y además buscando tener un resultado final con el que se pueda concluir ¿cual tipología es más

in prior chapters. Similarly, based in all the results, some recommendations and design guidelines will be specified for draughtsman; with the purpose that these guidelines be a design tool that support construction of future architecture projects. Not only by improving the sustainability level of these buildings, but also for architects to start thinking on the economic and social impact of their buildings, and focus not only on the environmental impact.

The intention of this research is that this classification and the comparatives produced from it, work as a starting point for those architects who do not have exhaustive knowledge on the subject. They can use it as a basis to design in a better way the envelopes of their buildings, with a better understanding of the kind of system that works best in the context climate, which they are related.

In addition, a new research methodology is proposed, focusing the results when analyzing the architectonic elements, taking into consideration the building life cycle and the three impacts involved in the Sustainable Development (Attachment 1). This allows having a new view of the building global impact, taking into consideration the Triple Bottom Line and the building life cycle. While many aspects of a building affect its sustainability, the envelope is one of the key points, and this research focuses on verify it.



Figura 09\_

**Título:** Propuesta de una cuarta parte del desarrollo sostenible-

**Descripción:** La gobernanza de la sostenibilidad incluye aquellos elementos organizativos que son elementos vitales para el desarrollo sostenible. Muchos están integrados dentro de los modernos programas de construcción de sostenibilidad como el desafío de construcción de viviendas, JUST y el estándar de construcción WELL

Fuente: Brown, 2016

sostenible? y ¿por qué?. Para esto se desarrolla un sistema de puntuación y una imagen tipo eco brújula donde se representa gráficamente el resultado final de cada categoría de impacto y la ponderación total del nivel de sostenibilidad.

#### **e. Conclusiones, y pautas de diseño para proyectistas:**

Para finalizar las investigación se sacan conclusiones basadas en todos los cálculos y resultados comparativos que se generaron en los capítulos anteriores. A su vez, basado en todos esos resultados se definirán una serie de recomendaciones y pautas de diseño para proyectistas, con el objetivo que estas pautas sean una herramienta de diseño que apoye a la construcción de futuros proyectos de arquitectura, no solo mejorando el nivel de sostenibilidad de estos edificios, si no también que sirva para que los arquitectos comiencen a pensar en el impacto económico y social que tiene sus edificios, y no concentrarse únicamente en el impacto ambiental.

La intención de esta investigación es que esta clasificación, y las comparativas que se generen de la misma, sirvan de punto de partida para aquellos arquitectos que no tengan conocimientos exhaustivos sobre el tema, y puedan utilizarla como base para diseñar de mejor manera las envolventes de sus edificios, con mayor entendimiento sobre qué tipo de sistema funciona mejor en el clima del contexto con el que están relacionados.

## **1. SUSTAINABILITY AND ARCHITECTURE**

The relevance of the Sustainability concept nowadays is because it brings us a look of how our future is to be. The idea of reducing our impact and ecological marks becomes more important everyday; having new regulations, premises, certificates and design proposals that focus in finding the way to produce the less possible impact.

The Sustainable Architecture concept bases in the Sustainable Development (Image 10) principle defined by Bruntland, proposed by the United Nations in year 1987 “[...], to satisfy the present needs without compromising future generations needs [...]” (Brundtland, 1987) (Attachment 01).

This concept was applied in the Agenda 21 at Rio de Janeiro (UN\_CED, 1992), in the Implementation of the decisions of the World Summit on sustainable development at Johannesburgo (UN\_CMDS, 2002). Finally, in the Climate Change Conference at Paris (UN\_COP21, 2015) where 195 countries signed an agreement with the purpose of keeping the global warming under 2°C (Image 11).

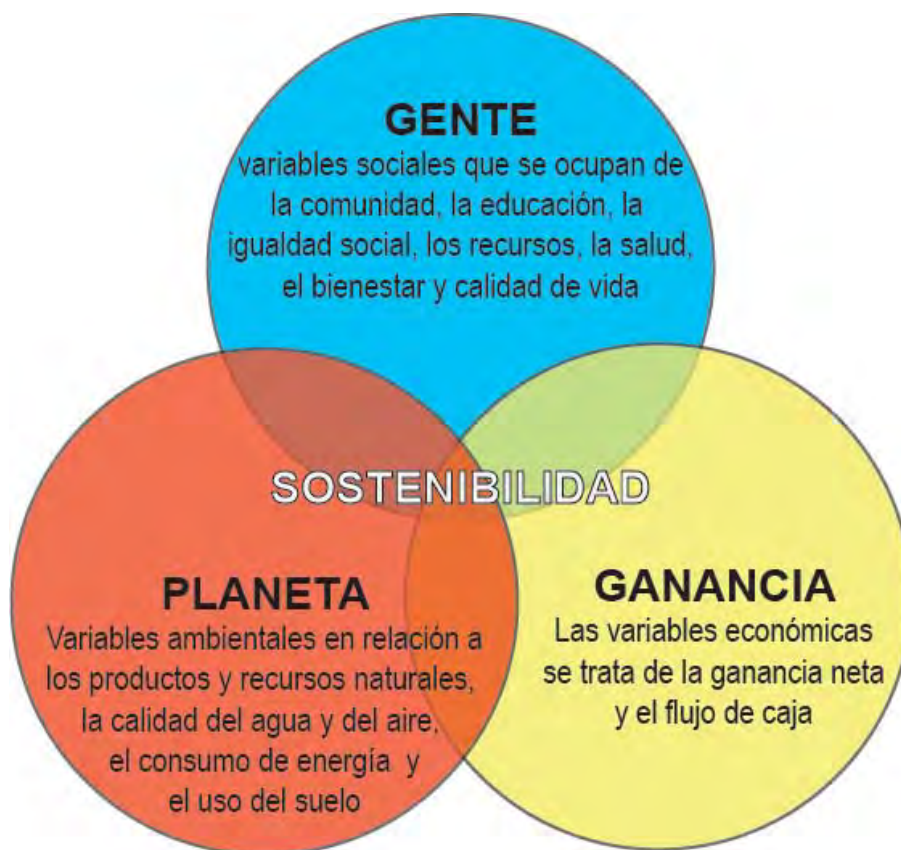
The relevance of these concepts is based in that 40% of total CO<sup>2</sup> emissions around the world, are produced by the construction sector, 30% by the industrial sector and 30% by transport (U.S. Energy Information Administration, 2010)(Image 03).

Figura 10\_

**Título:** Arquitectura Sostenible

**Descipción:** En esta imagen se expresa la definición del Desarrollo Sostenible aplicada al ámbito de la construcción

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



A su vez se propone una nueva metodología de investigación, enfocando los resultados en analizar los elementos arquitectónicos tomando en consideración el ciclo de vida de un edificio y los tres impactos que intervienen en el Desarrollo Sostenible (Anexo 1). Esto permite tener una nueva mirada del impacto global del edificio, tomando en consideración la triada de la sostenibilidad y el ciclo de vida del edificio. Si bien hay muchos aspectos de un edificio que afectan su sustentabilidad, la envolvente es uno de los puntos clave, y esta investigación se concentra en comprobarlo.

## **1. SOSTENIBILIDAD Y ARQUITECTURA**

La importancia que tiene el concepto de Sostenibilidad hoy en día, es que nos brinda una mirada a cómo quisieramos que fuera nuestro futuro. La idea de poder reducir nuestro impacto y nuestra huella ecológica cada día toma más importancia; teniendo nuevas normativas, premisas, certificados y propuestas de diseño que se especializan en buscar la manera de generar el menor impacto posible.

El concepto de Arquitectura Sostenible se basa en el principio de Desarrollo Sostenible (Figura 10) definido por Brundtland propuesto por las Naciones Unidas en el año de 1987 “[...] satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones [...]” (Brundtland, 1987) (Anexo 01).

Therefore, our work has an impact over that 40%, taking into consideration that our daily life spins around many constructions: we live at a house, we travel on roads, we work in office buildings and socialize at coffee shops and bars.

Also, we have to keep in mind that currently 48% of worldwide population lives in urban areas, and for 2030 this quantity will reach 60%. “For the first time in human worldwide history, in year 2000, urban population surpassed rural population: from a worldwide population of 6,200 million, it is greater the number of people that resides in the cities than in the countryside”. (Edwards, 2009). Therefore, reflecting about the way of living in these cities and in these buildings, is very important to develop in a sustainable manner and not to risk life quality of the future generations (Brundtland, 1987).

I personally believe it is important that, as architects, we always remember that our buildings are objects that produce impacts. This causes our work to focus in making the building functional and attractive, and to look for a way to reduce the impact produced towards environment, society and economy, without affecting other technical and stylistic aspects of the building.

Having defined this, the Sustainable Architecture, is the one that causes the design of any urban or architectonic element to respect the needs of future generations, by reducing the energy consumption, water and residuals



Este concepto fue aplicado en la Agenda 21 de Rio de Janeiro (UN\_CED, 1992), en el Plan de Aplicación de las decisiones de la Cumbre Mundial sobre desarrollo sostenible en Johannesburgo (UN\_CMDS, 2002), y por último en las la Conferencia de Cambio Climático en Paris (UN\_COP21, 2015), donde 195 países firmaron un acuerdo con el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 2°C (Figura 11).

La importancia de estos conceptos se basa en que el 40% del total de emisiones de CO2 emitidos alrededor del mundo son generadas por el sector de la construcción, teniendo a su lado un 30% por el sector industrial y 30% por el transporte (U.S. Energy Information Administration, 2010) (Figura 03). Por lo tanto, nuestro trabajo tiene impacto sobre ese 40%, teniendo en consideración que nuestra vida cotidiana gira alrededor de una gran variedad de construcciones: vivimos en casa, viajamos por carreteras, trabajamos en edificios de oficinas y socializamos en cafeterías y bares.

A su vez, hay que tener presente que actualmente el 48% de la población mundial vive en áreas urbanas y para el 2030 esta cifra llegara al 60%, "Por primera vez en la historia mundial de la humanidad, en el año 2000 la población urbana superó a la población rural: de una población mundial de 6.200 millones de habitantes, es mayor el número de ellos que residen en las ciudades que en el campo" (Edwards, 2009). Por lo tanto, el reflexionar sobre la manera en que se vive en estas ciudades y en

produced by the buildings, or the cities (Edwards, 2009). To produce a positive impact on society and the community, where the project is located, and reducing the economic expense made.

Consequently, a sustainable architectonic design is one that respects the three more important aspects on the sustainable development that are the environmental aspect, social and economic impact. Having as a purpose to minimize the project traces throughout its life cycle.

Taking this as a principle, we architects currently have at our disposal several tools for our designs to be more sustainable, bearing in mind the need to reduce our impact to the highest, without leaving aside the comfort and satisfaction of the users (Olgay, 2010). The main purpose of this research is that, the methodology and conclusions developed, are used as an architectural design tool to improve buildings sustainable performance.

Therefore, to reduce the environmental impact, the sustainable architecture uses responsibly the construction materials, minimizing the non-renewable energy consumption, reasonably using renewable energy consumption, managing consumption waste, both day-to-day as well as construction and demolition of the building. Similarly, we try to have a good water management system, and take into account the climate action with the building context, taking ideas from both the vernacular architecture of the place and passive systems that can be applied.

Figura 11\_

**Título:** La historia de las ciudades con bajo consumo de energía  
**Descripción:** En esta imagen se describe el proceso histórico que la arquitectura con bajo consumo de energía ha sufrido para poder llegar a este momento donde la mayoría de los países desarrollados en el mundo regulan la industria de la construcción y la arquitectura para mejorar el rendimiento energético de los edificios  
**Fuente:** (Zero Carbon Hub, 2015)

estos edificios es muy importante para desarrollarnos de manera sostenible y no poner en riesgo la calidad de vida de las generaciones futuras (Brundtland, 1987).

Personalmente creo que es importante que como arquitectos siempre recordemos que nuestros edificios son objetos que generan impactos. Lo cual hace que nuestro trabajo no sólo se enfoque en hacer que el edificio sea funcional y atractivo, sino también que busquemos la manera de, sin afectar los otros aspectos técnicos y estilísticos del edificio, podamos reducir el impacto que genera hacia el medio ambiente, la sociedad, y la economía.

Teniendo esto definido, la Arquitectura Sostenible es la que permite que el diseño de cualquier elemento urbano o arquitectónico respete las necesidades de las futuras generaciones, minimizando el consumo de energía, agua y residuos que generan los edificios o las ciudades (Edwards, 2009). Buscando a su vez generar un impacto positivo a la sociedad y/o comunidad donde se sitúa el proyecto, y reduciendo el gasto económico que el mismo genera.

Por lo tanto, un diseño arquitectónico sostenible es el que respeta los tres aspectos más importantes sobre el desarrollo sostenible que son: el impacto medioambiental, el impacto social y el impacto económico. Teniendo como objetivo minimizar las huellas que tiene el proyecto a lo largo de su ciclo de vida.



Tomando esto como premisa, los arquitectos actualmente tenemos a nuestra disponibilidad varias herramientas para que nuestros diseños logren ser más sostenibles, teniendo presentes la necesidad de reducir nuestro impacto al máximo sin dejar de lado el confort y satisfacción de las necesidades del usuario (Olgay, 2010). El objetivo principal de esta investigación es que la metodología y conclusiones que se desarrollen sean utilizadas como una herramienta de diseño arquitectónico para mejorar el desempeño sostenible de los edificios.

Consecuentemente, para reducir el impacto medio ambiental la arquitectura sostenible utiliza con responsabilidad los materiales de construcción, minimizando el consumo de energía no renovable, usando razonablemente el consumo de energía renovable, gestionando los residuos de consumo, tanto del día a día, como de la construcción y demolición del edificio. De igual forma se procura tener un buen sistema de gestión de a texto del edificio, tomando ideas tanto de la arquitectura vernácula del lugar como de sistemas pasivos que se puedan aplicar.

A su vez, para reducir el impacto económico y social, la Arquitectura Sostenible tiene que mirar el diseño del edificio desde otro punto de vista, reduciendo el coste económico que puede tener el proyecto, buscando invertir el dinero en los elementos más importantes del mismo, teniendo presente que se debe diseñar para mantener un buen impacto económico y social sobre la comunidad

In turn, to reduce the economic and social impact, the Sustainable Architecture has to look at the building design from another point of view, reducing the economic cost that may have the project; looking for investing the money in the most important elements of it. Taking into account that it must design to maintain a good economic and social impact on the community established, new jobs, etc.

It is important that this concept is clear to continue with the impact analysis that have on these aspects on the design of the building envelope, and how architects may contribute to the sustainable working of our buildings, taking design decisions that support these concepts.

## **2. JUSTIFICATION OF THE RELEVANCE OF THE PROPOSED SUBJECT - STATE OF THE ART-**

This research focuses on analyzing the impact of an architectural element, taking into consideration the stages of a building life cycle (Image 12), and the triple bottom line. In this way, we look for a way to calculate in a tangible way and to integrate the trace that this architectural element produces in the three categories of Sustainable Development impact.

To evaluate the contribution of this research, a “state of the art” study was carried out to identify the conceptual gaps that exist in the field of construction that

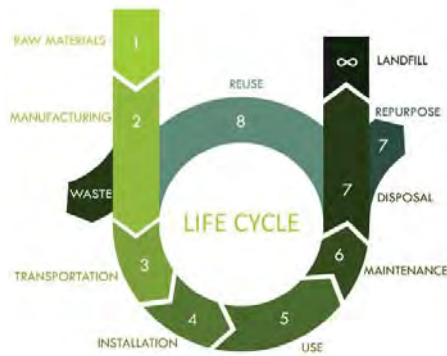


Figura 12\_

Título: Ciclo de Vida

Descripción: En esta imagen se puede ver como el ciclo de vida puede ser cerrado o abierto, dependiendo de la reciclabilidad o la posibilidad de reutilización de los materiales.

Fuente: SEL, 2017

donde se establece, como por ejemplo generar nuevos empleos, nuevas viviendas, o lugares de esparcimiento, etc.

Es importante que este concepto se entienda para proceder con el análisis del impacto que tiene sobre estos aspectos el diseño de la envolvente del edificio, y cómo los arquitectos podemos contribuir con el funcionamiento sostenible de nuestros edificios, tomando decisiones de diseño que apoyen estos conceptos.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LA RELEVANCIA DEL TEMA PROPUESTO -ESTADO DE LA CUESTIÓN-

Esta investigación se enfoca en analizar el impacto de un elemento arquitectónico tomando en consideración no sólo las etapas del ciclo de vida de un edificio, sino también la triada de la sostenibilidad. De esta manera se busca una forma de calcular de manera tangible y de integrar la huella que ese elemento arquitectónico genera en las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible.

Para evaluar la contribución de esta investigación, se hizo un estudio del "estado del arte" para identificar los vacíos conceptuales que existen en el ámbito de la construcción que potencialmente esta investigación podría llenar. Este estudio se comenzó analizando la

potentially this research could fill. This study began by analyzing the contribution of different research articles that focus on studying the tools and the different investigations that exist to carry out a life cycle analysis, generally focused on Environmental Impact (López-Mesa, 2013) (Zabalza, 2009) (Andrés, 2017) (Adb Rasid, 2015) (Various 3, 2014). This study is summarized in table located at page 56, which identifies the most relevant research documents for this research, which was used to assemble the methodology presented in this paper.

The significance of this work has its explanation, in the lack and need of investigations that focus on relating the three impacts that generate the buildings and affect its sustainability. Integrating in this approach, an understanding of the building life cycle, in order to have an overall picture of the real impact of an architectural element. Consecutively, the study results produced from improvements of each typology will provide guidelines to reduce the buildings impact of housing in Spain; working with less conventional materials, but having less impact on the life cycle.

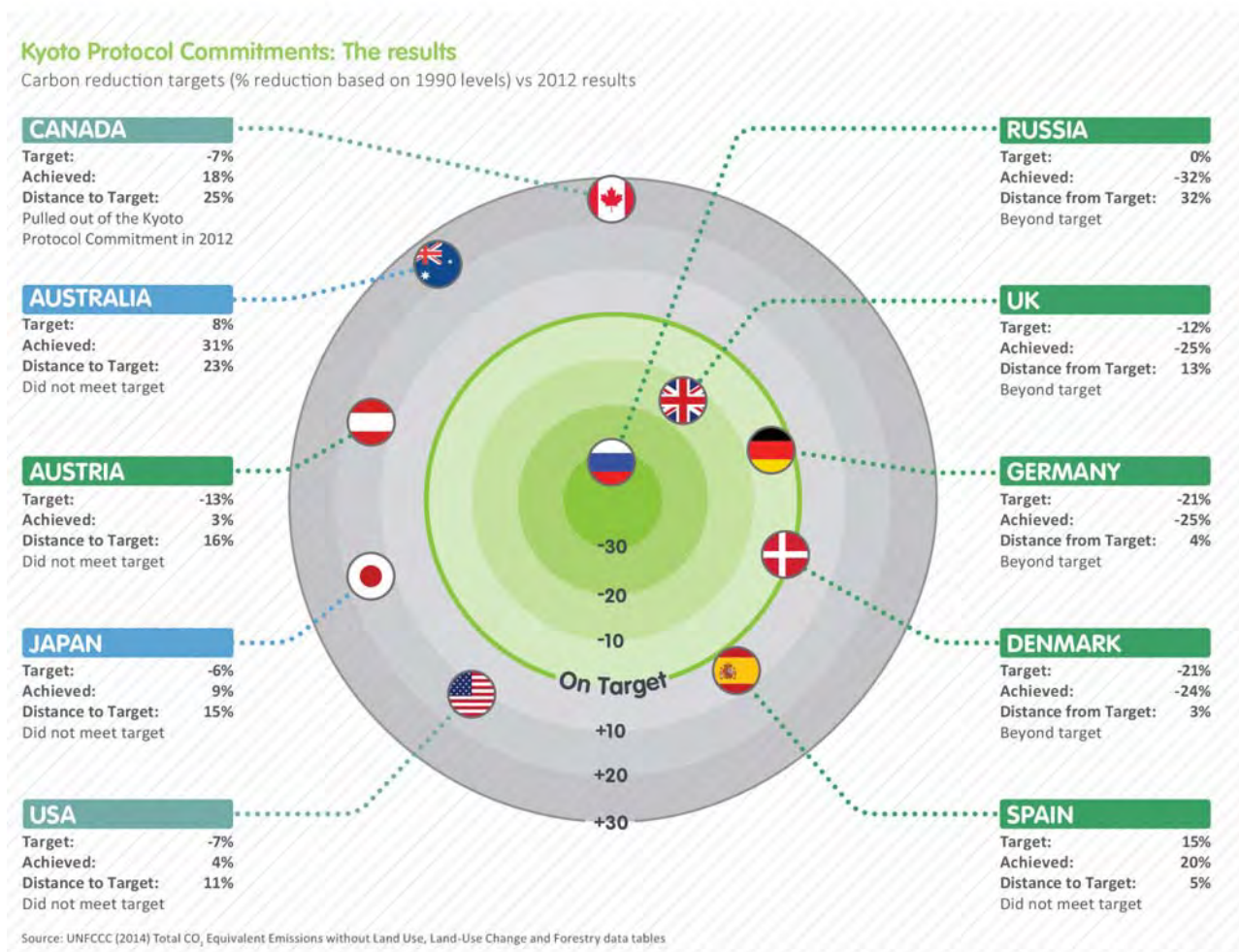
The research made so far, focuses on a single impact; the environmental being the most analyzed, followed by the economic and the last, the social. In the field of construction, the LCA research generally concentrates on studying the environmental impact (Various 2, 2011). The reason why the environmental trace has been a deepest subject of research is because it is the most real and easy to

Figura 13\_

**Título:** El compromiso del Protocolo de Kyoto y sus resultados

**Descripción:** En esta figura se puede ver el compromisos que los diferentes países que firmaron el Protocolo de Kyoto asumieron en ese momento, y los resultados que estos compromisos trajeron, incluyendo si dichos países llegaron a cumplir sus compromisos o no

**Fuente:** (Zero Carbon Hub, 2015)



contribución de diferentes artículos investigativos que se enfocan en estudiar las herramientas y las diferentes investigaciones que existen para realizar un análisis del ciclo de vida, generalmente enfocado en el Impacto Ambiental (López-Mesa, 2013) (Zabalza, 2009) (Andrés, 2017) (Adb Rasid, 2015) (Varios 3, 2014). Este estudio se resume en la tabla ubicada en la página 56, donde se identifican los documentos investigativos de mayor relevancia para esta investigación, de los cuales se tomó referencia para armar la metodología que se presenta en este trabajo.

La pertinencia de este trabajo tiene su justificación en la carencia y necesidad de investigaciones que se enfoquen en relacionar los tres impactos que generan los edificios que afectan su sostenibilidad. Integrando en este enfoque un entendimiento del ciclo de vida del edificio, para de esta manera tener una visión global del impacto real de un elemento arquitectónico. A su vez, los resultados que arrojen los estudios de mejoras de cada tipología, darán lineamientos para reducir el impacto de edificios de vivienda construidos en España, trabajando con materiales menos convencionales, pero que tienen menos impacto en el ciclo de vida.

Las investigaciones realizadas hasta este momento, se enfocan en un sólo impacto, siendo el medio ambiental el más analizado, seguido por el económico y de último el social. Las investigaciones de ACV en el ámbito de la construcción generalmente se concentran en estudiar el impacto ambiental (Varios 2, 2011). La razón por la cual

measure; in addition, the worldwide regulation focuses on this impact. Having as an example, the treaties that have emerged from Agenda 21 of Rio de Janeiro (UN\_COP21, 2015), the Implementation Plan of the World Summit on Sustainable Development at Johannesburg (UN\_CMDS, 2002), and finally, Climate Change Conference at Paris (COP21, 2015).

Thanks to this, the Environmental Impact is the one that have more regulations that make it possible to mitigate it, we have local regulations as the CTE (CTE DBHE, 2016); or regional and / or global regulations, as listed below:

- UNE-EN 16309+A1:2015. Sustainability in construction. Evaluation of the social behavior of buildings. Methods of calculation. (UNE-EN, 2015)
- UNE-EN ISO 14047:2003, Title: Environmental management, Life cycle impact assessment. Examples of application of ISO 14042. (ISO, 2003)
- UNE-EN ISO 14040:2006, Title: Environmental management. Life cycle analysis. Principles and frame of reference. (ISO, 2006)
- UNE-EN ISO 14044:2006, Title: Environmental management. Life cycle analysis. Requirements and frame of reference. (ISO-2, 2006)
- UNE-ISO/TS 21931-1:2008 IN. Sustainability in building construction. Framework for methods of assessing the environmental performance of construction work. Part 1: Buildings. (ISO, 2008)

la huella ambiental ha sido el tema que se ha profundizado más es porque es el más tangible y fácil de medir, además la normativa a nivel mundial se enfoca en este impacto. Teniendo como ejemplo los tratados que han salido de la Agenda 21 de Rio de Janeiro (UN\_COP21, 2015), en el Plan de Aplicación de las decisiones de la Cumbre Mundial sobre desarrollo sostenible en Johannesburgo (UN\_CMDS, 2002), y por último en la Conferencia de Cambio Climático en Paris (COP21, 2015).

Gracias a esto el Impacto Ambiental es el que actualmente esta mejor regularizado, teniendo mayor cantidad de normativas que reglamentan la posible mitigación de dicho impacto, dichas normativas son locales como el CTE (CTE DBHE, 2016); o son regionales y/o mundiales, como la lista a continuación:

- UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo. (UNE-EN, 2015)
- UNE-EN ISO 14047:2003, Título: Environmental management, Life cycle impact assessment. Examples of application of ISO 14042. (ISO, 2003)
- UNE-EN ISO 14040:2006, Título: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO, 2006)
- UNE-EN ISO 14044:2006, Título: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y marco de referencia. (ISO-2, 2006)
- UNE-EN 15643-1:2012. Sustainability in construction. Assessment of the sustainability of buildings. Part 1: General framework. (ISO, 2012)
- UNE-EN 15643-2:2011. Sustainability in construction. Assessment of the sustainability of buildings. Part 2: Framework for Environmental Performance Assessment. (ISO-2, 2012)
- UNE-EN 15643-3:2012. Sustainability in construction. Assessment of the sustainability of buildings. Part 3: Framework for the evaluation of social behavior.(ISO-3, 2012)
- UNE-EN 15643-4:2012. Sustainability in construction. Assessment of the sustainability of buildings. Part 4: Framework for the evaluation of economic behavior. (ISO-4, 2012)
- UNE-EN 15978:2012. Sustainability in construction. Evaluation of the environmental behavior of buildings. Methods of calculation. (ISO-5, 2012)
- UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators for buildings (ISO, 2015)
- EN 15251. Indoor environmental input parameters for energy design and assessment of indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (CNE, 2006)
- ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework. (ISO, 2011)
- ISO 15686-2:2012. Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures. (ISO-2, 2011)

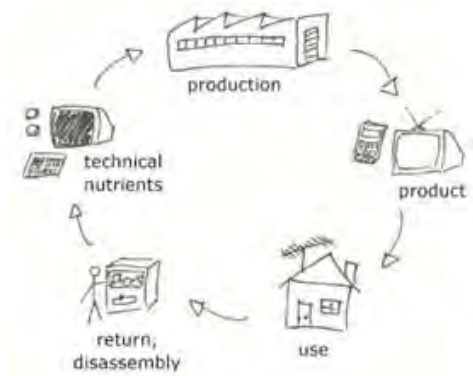


Figura 14\_

**Título:** Ciclos técnicos de la producción de materiales y productos  
**Descripción:** Esta imagen representa de manera gráfica el ciclo de producción de materiales y productos de una manera técnica o industrializada

**Fuente:** Mc Donough, 2005

- UNE-ISO/TS 21931-1:2008 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios. (ISO, 2008)
- UNE-EN 15643-1:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general. (ISO, 2012)
- UNE-EN 15643-2:2011. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental. (ISO-2, 2012)
- UNE-EN 15643-3:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social. (ISO-3, 2012)
- UNE-EN 15643-4:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico. (ISO-4, 2012)
- UNE-EN 15978:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo. (ISO-5, 2012)
- UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios - Indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios (ISO, 2015)

One of the objectives of this thesis is to create an analysis methodology that allows to establish a global vision about the impact of a building taking into consideration the Sustainable Development triad (Brundtland, 1987) (attachment 1). Based on the United Nations study "Towards a Life Cycle Sustainability Assessment" (UNEP, 2011), which combines environmental LCA, with LCC and Social LCA. Following the strategies established in Agenda 21 of Rio de Janeiro (UN\_COP21, 2015) and the World Summit at Johannesburg (UN\_CMDDS, 2002), the final documents state that, "the sustainable development in its economic, social and environmental aspects is a key element in the United Nations activities". This threefold approach encourages a recent normative development in the work of the European Committee for Standardization (CEN, 2016), which has led to the publication or updating of standards, such as the UNE-EN 15646 series (AENOR, 2006), which inspires the reform of the Technical Code of Spanish Building (CTE DBHE, 2016). This work takes as reference the CTE building parameters, comfort and habitability (Image 13).

This research starts assembling a new analysis model focused on a building life cycle. This methodology of analysis is based on the UNE-ISO / TS 21931-1: 2010 (AENOR, 2006), building environmental evaluations, and the standards UNE-EN ISO 14040: 2006 (ISO, 2006) and UNE-EN ISO 14044: 2006 (ISO, 2006), taking as reference all the regulations mentioned above; for more general aspects of the life cycle analysis, limiting us to the



Figura 15\_

Título: Las etapas del ciclo de vida de un edificio, correspondiendo con la normativa EN 15978

Descripción: Las etapas del ciclo de vida de un edificio según la ISO 14040 y 14044, y la EN 15978

Fuente: Clark, 2013

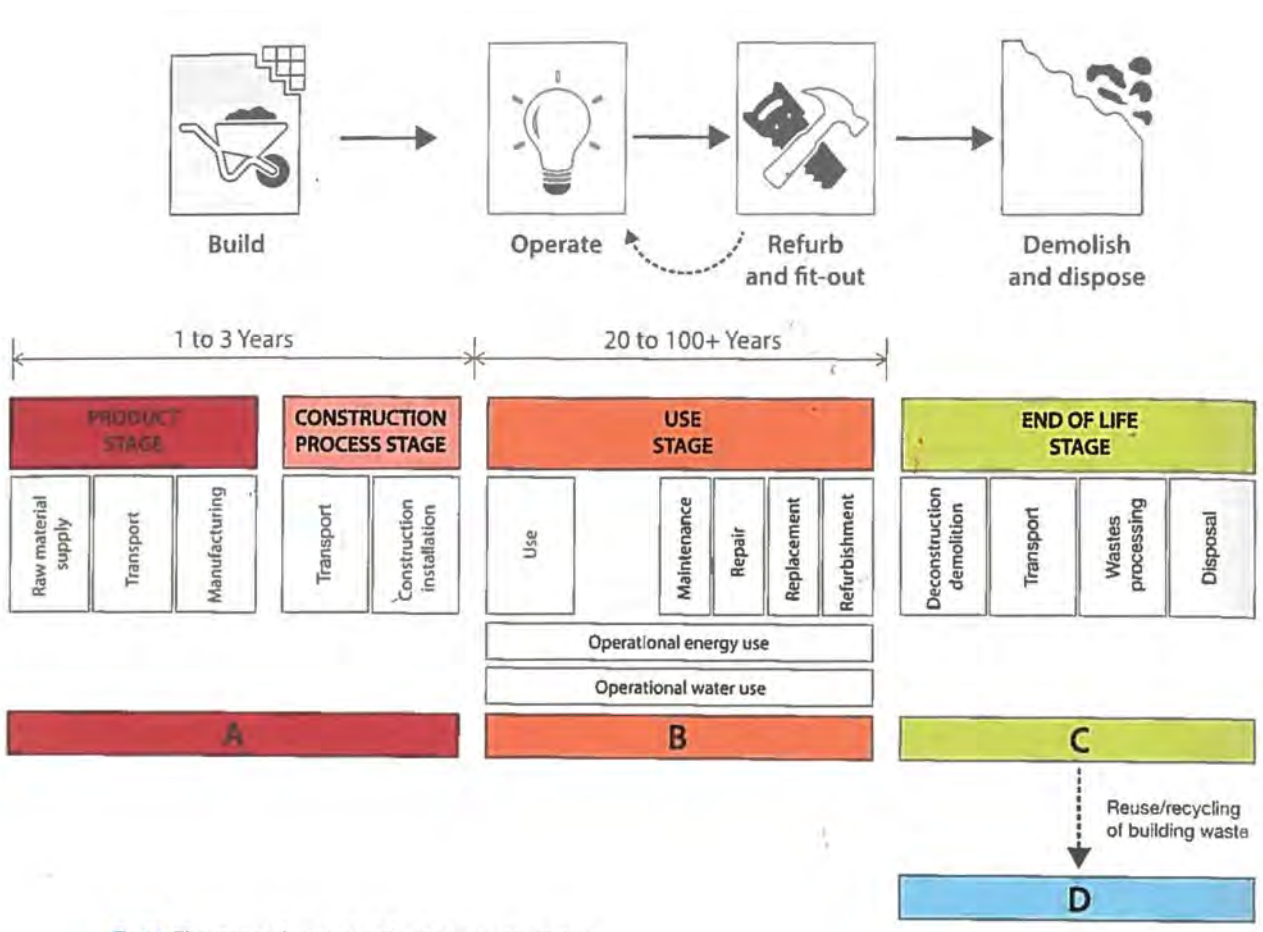


Fig 3.6 The stages during the life of a typical building (and corresponding modules in EN 15978)

- EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (CNE, 2006)
- ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 1: General principles and framework. (ISO, 2011)
- ISO 15686-2:2012. Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 2: Service life prediction procedures. (ISO-2, 2011)

Uno de los objetivos de esta tesis es crear una metodología de análisis que permita establecer una visión global sobre el impacto de un edificio tomando en consideración la triada del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987) (Anexo 1). Teniendo como referencia el estudio realizado por las Naciones Unidas "Towards a Life Cycle Sustainability Assessment" (UNEP, 2011), el cual combina el ACV ambiental, con CCV y ACV Social. Siguiendo las estrategias establecidas en Agenda 21 de Río de Janeiro (UN\_COP21, 2015) y la Cumbre Mundial en Johannesburgo (UN\_CMDS, 2002), cuyos documentos finales manifiestan que "el desarrollo sostenible en sus aspectos económico, social y medioambiental constituye un elemento clave en las actividades de las Naciones Unidas". Este triple enfoque es el que inspira un desarrollo normativo reciente en los trabajos del Comité Europeo de Normalización (CEN, 2016), que ha dado lugar a la publicación o actualización de normas, como la serie UNE-EN 15646 (AENOR, 2006), que a su vez inspira la

indicadores of environmental impact of primary energy and gas emissions of greenhouse effect.

For the economic impact, the cost in Euros per square meter of construction; and for the social impact, the social responsibility of the construction materials manufacturers and the distress hours of the end user. Restricting the scope, calculation units and study methodology to the stages of the life cycle explained in the ISO standard, focus on making a Simplified LCA, oriented in the material production and use stages.

The definition proposed by the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, (SETAC, 2012) on the LCA methodology, formalized today by the ISO 14040 y ISO 14044 (ISO, 2006); "it is an objective procedure of assessment of the energy and environmental loads related to a process, or an activity made by the identification of the energy of used materials, and waste discharged to the environment. The assessment includes the complete life cycle of the activity process, including the extraction and raw material treatment, manufacturing, transportation, distribution, use, reuse, recycling and final disposal" (Image 14).

LCA is a process for the "evaluation and quantification of the environmental impact of processes, products or services considering all stages: from raw material to final disposal" (EnerBuilCA, 2012). One of the main virtues of this type of analysis is that "it allows integrating in

reforma del Código Técnico de la Edificación Española (CTE DBHE, 2016). Este trabajo toma como referencia los parámetros de edificación, confort y habitabilidad del CTE.

Este trabajo comienza armando un nuevo modelo de análisis enfocado en el ciclo de vida de un edificio. Esta metodología de análisis se base en la norma UNE-ISO/TS 21931-1:2010 (ISO, 2006), de evaluación ambiental de edificios, y las normas UNE-EN ISO 14040:2006 (ISO, 2006) y UNE-EN ISO 14044:2006 (ISO, 2006), tomando como referencia todas las normativas que se enunciaron anteriormente; para los aspectos más generales del análisis de ciclo de vida, limitándonos a los indicadores de impacto medio ambiental de energía primaria y emisiones de gases de efecto invernadero. Para el impacto económico el coste en Euros por metro cuadrado de construcción, y para el impacto social la responsabilidad social de los fabricantes de los materiales de construcción y las horas en disconfort del usuario final. Restringiendo el alcance, las unidades de cálculo y la metodología del estudio a las etapas del ciclo de vida explicadas en la normativa ISO, enfocándonos en hacer un ACV Simplificado, orientado en las etapas de producción de materia y uso.

La definición propuesta por la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC, 2012) sobre la metodología del ACV, hoy formalizada por la ISO 14040 y ISO 14044 (ISO, 2006), "es un procedimiento objetivo de

a single value the complexity of the systems of production and consumption of products, making visible impacts that other indicators do not reflect (Gonçalves, 2004). In this type of study, it is possible to reflect all the values that affect the performance of the building throughout its life cycle, analyzing parameters in each stage of the same.

The methodology of this investigation bases in the document "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" of the United Nations – UN – (UNPE, 2011), but applied for the construction sector. Where, as explained in the above section, to measure the sustainability level of a product, is used three types of analysis, taking into consideration its life cycle and the Sustainable Development TBL. The three analyses are combined to produce what is called in this document as Life Cycle Sustainable Assessment – ASCV – are, the Life Cycle Costing – LCC –, the Life Cycle Assessment of the Environmental Media (Image 15) and the Social Impact – LCA-A and LCA-S –. Getting at the end of analysis a clear view of product impact in the Sustainable Development triad (Brundtland, 1987) (Attachment 1), avoiding that a product call itself sustainable, just because respects the environment, without concerning if it has a social, or economic higher impact. For example; if we work with exported material from China, we have to take in consideration that not only that environmental impact is reduced but also, as coming from China, there is an economic and environmental charge for transportation and it

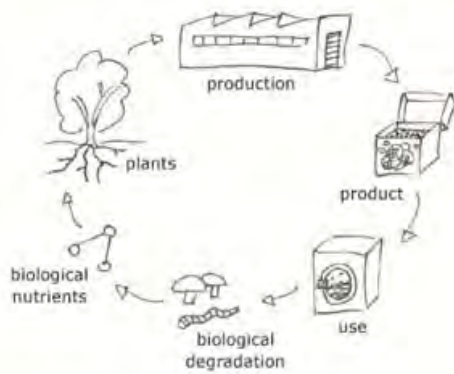


Figura 16\_

**Título:** Ciclos biológico de la producción se materiales y productos  
**Descipción:** Esta imagen representa de manera gráfica el ciclo de producción de materiales y productos de una manera biológica  
**Fuente:** Mc Donough, 2005

valoración de las cargas energéticas y ambientales relativas a un proceso o una actividad, efectuado a través de la identificación de la energía de los materiales usados y de los desechos vertidos al ambiente, la valoración incluye el ciclo de vida completo del proceso de la actividad, comprendiendo la extracción y el tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final.”

El ACV es un proceso para la “evaluación y cuantificación del impacto ambiental de procesos, productos o servicios considerando todas las etapas: desde la materia prima hasta la disposición final” (EnerBuilCA, 2012). Una de las principales virtudes que tiene este tipo de análisis es que “permite integrar en un sólo valor la complejidad de los sistemas de producción y consumo de productos, haciendo visibles impactos que otros indicadores no reflejan [...]” (Gonçalves, 2004). En este tipo de estudio se logra reflejar todos los valores que afectan el desempeño del edificio durante todo su ciclo de vida, analizando parámetros en cada etapa del mismo.

La metodología de análisis de esta investigación se basa en el documento “Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products” de las Naciones Unidas — UN— (UNPE, 2011), pero aplicada para el sector de la construcción. Donde, como se explicó en el apartado anterior, se utilizan tres tipos de análisis para poder medir el nivel de sostenibilidad de un producto, tomando en consideración su ciclo de vida y l

might be a social impact if the factory where produces in China does not respect workers human rights.

The document produced by the UN explains that, while the methods for LCA-A, LCC environmental, and LCA-S social (Figura 16) have been developed autonomously, their combination in a study allows integrated decision-making in the triple bottom line of the sustainable development: people, planet and benefits. In addition, the conclusions of this document support the idea of continuing to produce studies following this methodology in different sectors and professional fields. Currently, there are very few studies for the construction sector produced, following this methodology, and lot less graphically locating the analysis at Spain.

Another important document that was the base for this methodology is the EeB Guide (Various, 2011), where it explains how to produce a simplified LCA, having into consideration, from its definition, explained in the above section, to the objective and scope that should have this kind of analysis. The reason to decide making a simplified LCA for this research is to deal with more data on different exterior wall typologies, focusing only on the life cycle stages that most affect the building sustainability level, as would be the production stage of a construction material, the use stage and maintenance.

a triada del Desarrollo Sostenible. Los tres análisis que se combinan para generar lo que en este documento se llama un Análisis Sostenible del Ciclo de vida —ASCV—, son el Análisis del Ciclo de vida del Impacto Medio Ambiental —ACV-A—, el Análisis del Coste del Ciclo de vida —CCV— y el Análisis del Ciclo de vida del Impacto Social —ACV-S—. Teniendo al final del análisis una visión clara del impacto que tiene un producto en la triada del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987) (Anexo 1), evitando que un producto se llame a sí mismo sostenible solamente porque es respetuoso del medio ambiente, sin tomar en consideración si tiene un impacto social o económico muy elevado. Por ejemplo: si trabajamos con materiales exportados de China, tenemos que tomar en consideración, no sólo que su impacto ambiental sea reducido, sino también que, al venir desde China, hay un cargo económico y ambiental por el transporte, y podría existir un impacto social, si la fábrica donde se produce en China no respeta los derechos humanos de sus trabajadores.

El documento desarrollado por la UN, muestra que mientras que los métodos para ambiental ACV-A, CCV y social LCA-S se han desarrollado de forma autónoma, su combinación en un estudio permite la toma de decisiones integrado en la triple línea de base del desarrollo sostenible: personas, planeta y beneficios. A su vez, en las conclusiones de este documento se apoya la idea de seguir generando estudios siguiendo esta metodología, en diferentes sectores y ámbitos profesionales.

The problem in this type of analysis —Simplified LCA-A, Simplified LCC, or Simplified LCA-S—, applied at Spain with respect to Europe, is that is no unified data on the real energetic and social cost of some of the life cycle stages. Therefore, for this study, we will focus in database BEDEC PR/PCT from the Technology Institute of the Construction of Catalunya (ITEC, 2011), verifying the information with the ICE database from the Bath University (ICE, 2008) and the EMPA database from the Consortium of Public Universities of Switzerland (EMPA, 2011), for the environmental impact. The data base of CYPE (CYPE, 2016) to support calculation of the economic impact.

Part of the “state of the art” research we carried our a study on the most widely used sustainable certification processes at the global level, such as LEED (LEED, 2016); BREEAM (BRE, 2014), SBTool (IISBE, 2016), Well Standard (WELL, 2017); and finally Verde (ESGBC, 2017). When analyzing these systems of analysis, it was verified that these systems do not take into account all stages of the life cycle, and / or all categories of impact. As, for example, none of them analyzes the social impact in the material production stage, and few of them analyze the economic impact at the same stage.

Also, it was verified that all certification systems have weighting tools that give each impact category different amounts. In this thesis we want to question this strategy, creating an evaluation system that goes back to the basic



Figura 17\_

**Título:** Pérdidas de energía en la envolvente

**Descripción:** En esta imagen se explican el promedio de desglose de la pérdida energía utilizada para climatización de una vivienda promedio. Demostrando la importancia de la envolvente, en especial del muro exterior donde se encuentra la mayor pérdida de energía.

Según los estudios del Retrofit Academy de Inglaterra

Fuente: RA, 2016

Actualmente hay muy pocos estudios para el sector de la construcción generados siguiendo esta metodología, y muchos menos localizando geográficamente el análisis en España.

Otro documento importante en el que se basa la metodología de esta investigación es la EeB Guide (Varios, 2011), donde se explica cómo generar un ACV simplificado, teniendo en consideración desde su definición, explicada en el apartado anterior, hasta el objetivo y el alcance que debe tener este tipo de análisis. La razón por la cual se decidió hacer un ACV simplificado para esta investigación, es para abordar más data sobre diferentes tipologías de muro exterior, enfocándonos sólo en las etapas del ciclo de vida que más afectan el nivel de sostenibilidad de un edificio, como serían la etapa de producción de material constructivo, la etapa de uso y el mantenimiento.

La problemática que tiene este tipo de análisis —ACV-A Simplificado, CCV Simplificado y ACV-S Simplificado— aplicados en España con respecto a Europa es que no existen datos unificados sobre el verdadero costo energético y social de algunas etapas del ciclo de vida, por lo tanto para este estudio nos concentraremos en la base de datos BEDEC PR/PCT del Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (ITEC, 2011), contrastando la información con las base de datos ICE de Universidad de Bath (ICE, 2008) y la base de datos EMPA del Consorcio de Universidades Públicas de Suiza (EMPA, 2011), para el impacto ambiental. La base del dato del

concept of Sustainable Development, seeking the balance between the three categories of impact, giving equal importance to all three. This will be explained in more depth in the chapter of methodology (Chapter 01) and in the results of the analysis of basic typologies (Chapter 04).

In addition, the lack of programs and recycling plants makes it difficult to identify the real possibilities for a building to be recycled in its stage demolition. Therefore, the elevated cost of the reused systems or the recycle of some building materials makes the proposal to be hypothetical, since today the construction sector does not carry out.

At the same time, it seeks to assess the importance of the external envelope within the sustainable behavior of a building. Studying not only its ability to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions in the use phase, but also the impact that it can generate at the economic and social level. Striving for a balance between the three categories of impact.

The research proposes to work on the building envelope. There are many researchs about the relevance of the envelope, in terms of development at a sustainable level. As we can see in the LCA research made by Societat Organica (SO, 2006), on a building of Tossa Mar of the architectre SAAs (SAAs, 2008). Where it is concluded that a 15% reduction in CO<sup>2</sup> emissions can be achieved by

Figura 18\_

**Título:** Las metas del Desarrollo Sostenible pautas por la UN

**Descipción:** En esta imagen se explica de manera gráfica las metas expresadas por la UN para que el mundo llegue a ser realmente sostenible

**Fuente:** Brown, 2016



definition of 'doing nothing today to compromise future generations'.

CYPE (CYPE, 2016) para apoyar el cálculo del impacto económico.

Parte de la investigación del "estado de la cuestión" se analizaron los procesos de certificación energética más utilizados a nivel mundial, como serían LEED (LEED, 2016); BREEAM (BRE, 2014), SBTool (IISBE, 2016), Well Standard (WELL, 2017); y por último Verde (ESGBC, 2017). Al analizar estos sistemas de análisis, se pudo verificar que dichos sistemas no toman en consideración todas las etapas del ciclo de vida, y/o todos las categorías de impacto. Como, por ejemplo, ninguno de ellos analiza el impacto social en la etapa de producción de materiales, y pocos de ellos analiza el impacto económico en la misma etapa.

A su vez, se pudo verificar que todos los sistemas de certificación cuentan con herramientas de ponderación que le dan a cada categoría de impacto importancias diferentes. En esta tesis se quiere poner en cuestionamiento esta estrategia, creando un sistema de evaluación que vuelva al concepto básico de Desarrollo Sostenible, buscando el equilibrio entre las tres categorías de impacto, dándole igual importancia a las tres. Esto se explicará con mayor profundidad en el capítulo de la metodología (Capítulo 01) y en los resultados del análisis de las tipologías bases (Capítulo 04).

improving the envelope design - exterior wall and glazing (Varios, 2009). Also noteworthy was the work done by the Retrofit Academy in the United Kingdom, where it is identified that 35% of the losses of energy for air conditioning are produced average of the exterior wall (Image 17).

The reason we are focusing on the opaque part of the envelope, is that currently, there are many studies on how glazed façade influences in the sustainable functioning of the building, improving the performance of the curtain wall facades. However, there are not many studies focusing only in the opaque façade, located at Barcelona/Spain, leaving as a fixed variable, the ridge façade (Various 2, 2011).

In the classification study of constructive systems of the opaque vertical envelope, there are recurrent subject in researches already made, such as the function of the double skin (Herdricksen, 2011), the behavior of the vegetative envelopes (Linares, 2009), performance of the ventilated envelope (Pardal, 2010), and classification systems, taking into consideration their constructive systems (Sánchez, 2011). However, there aren't many research that classifies all typologies, analyze and compare the different impacts that every typology has on the building life cycle, as can be identified in Table located at page 56. These studies focus in one typology and everyone takes different research parameters, we take advantage of the work done, but getting deeper on the behavior with a global view of the life cycle and the three types the Sustainable Development (Brundtland, 1987) (Attachment 1).



Además, la falta de programas y plantas de reciclaje hace que sea difícil identificar las verdaderas posibilidades que tiene un edificio de ser reciclado en la etapa de demolición del mismo. Así mismo, el costo elevado que actualmente tienen los sistemas de reutilización o el reciclaje de algunos materiales del edificio hace que el planteamiento sea hipotético ya que hoy en día el sector de la construcción no los lleva a cabo.

A su vez, se busca evaluar la importancia de la envolvente exterior dentro del comportamiento sostenible de un edificio. Estudiando no sólo su capacidad para reducir el consumo de energía y de emisiones de gas invernadero en la etapa de uso, sino también el impacto que la misma puede generar a nivel económico y social. Buscando un equilibrio entre las tres categorías de impacto.

Se plantea trabajar sobre la envolvente del edificio. Hay muchas investigaciones que hablan sobre la importancia de la envolvente en términos de su desempeño a nivel sostenible, como podemos ver en la investigación de ACV realizado por Societat Organica (SO, 2006) sobre edificio de Tossa de Mar de la oficina de arquitectura SAAs (SAAs, 2008), donde se concluye se puede conseguir un 15% de reducción en las emisiones de CO<sup>2</sup>, por medio de la mejora en el diseño de la envolvente —muro exterior y acristalamiento— (Varios, 2009). También se podrían destacar los trabajos realizados por el Retrofit Academy en Reino Unido, donde se identifica que el 35% de las pérdidas de energía para climatización son producidas promedio del muro exterior (Figura 17).

Currently, the classifications of building envelope systems are based in the analysis of the constructive systems — whether traditional or innovative—taking into consideration the material applied as facing. However, few studies focus the classification and analysis of these systems from their performance in terms of reducing energy consumption and CO<sup>2</sup> emissions. Considering their contributions to appease the negative effects that the building may have on the environmental impact.

Thus, this study proposes a new classification and analysis focus in the way that envelope systems contribute to building development, in terms of closing life cycle of materials, reducing energy consumption and CO<sup>2</sup> emissions, producing an unified criteria that include all typologies from this new environmental impact point of view.

Taking this into consideration, this study proposes to recognize and classify all vertical opaque envelope systems. In addition, comparing and differentiating the different levels of sustainable development and the impact they have on the building life cycle. Considering there are no other studies that focus on comparison of various envelope systems directed to sustainability parameters.

The location is another of the parameters in the study. It locates in the Barcelona/ Spain climate, as base for all analysis that contains the life cycle having as a base el Mediterranean climate of this city. The methodology proposed for the research may be applied or moved to any

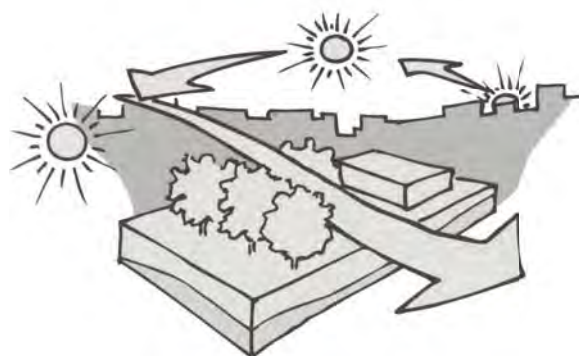
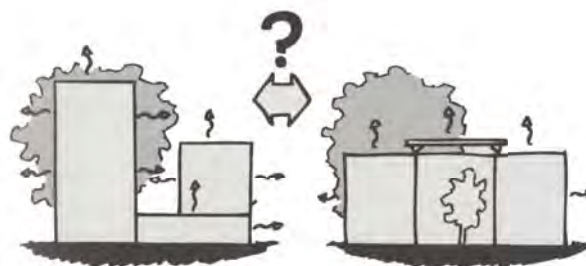
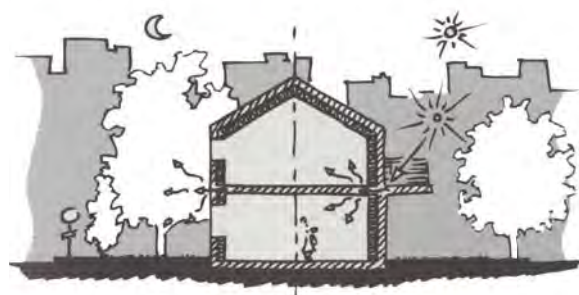
Descripción: En estas imágenes se puede ver algunas estrategias pasivas para mejorar el rendimiento sostenible del edificio.

- 1.- Puentes Térmicos
- 2.- Diseño de volumen compacto
- 3.- Iluminación Natural y Ganacias Térmicas
- 4.- Buena Orientación

Fuente: Jourda, 2012

La razón por la que estamos enfocándonos en la parte opaca de la envolvente, es porque actualmente existen muchos estudios sobre como la fachada acristalada influye en el funcionamiento sostenible del edificio, mejorando el rendimiento de las fachadas de muros cortinas. Pero no existen muchos estudios que se enfoquen sólo en la fachada opaca ubicado en Barcelona/ España, dejando como variable fija la fachada aristada (Varios 2, 2011).

Sobre el estudio de clasificación de los sistemas constructivos de la envolvente vertical opaca hay temas recurrentes en investigaciones ya realizadas como los funcionamientos de la doble piel (Herdricksen, 2011), el comportamiento de las envolventes vegetales (Linares, 2009), actuación de la envolvente ventilada (Pardal, 2010), y sistemas de clasificación tomando en cuenta sus sistemas constructivos (Sánchez, 2011). Pero no se ha detectado ninguna investigación que categorice todas las tipologías y que analice de forma comparativa los diferentes impactos que tiene cada tipología sobre el ciclo de vida del edificio, como se puede identificar en la Tabla ubicada en la página 56. Estos estudios se concentran en una sola tipología y cada uno toma diferentes parámetros de investigación, por lo cual para esta investigación aprovecharemos estos trabajos realizados, pero profundizando sobre el comportamiento teniendo la visión global del ciclo de vida y de los tres tipos de impactos del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987) (Anexo 1).



Actualmente las clasificaciones de los sistemas de envolvente de los edificios se basan en análisis de los sistemas constructivos —sean tradicionales o innovadores— tomando en consideración el material aplicado como revestimiento. Pero muy pocos estudios se enfocan en la clasificación y el análisis de estos sistemas desde su desempeño en términos de reducción de consumo de energía y producción de emisiones de CO<sup>2</sup>. Tomando en consideración sus aportes para aplacar los efectos negativos que pueda tener el edificio sobre el impacto medioambiental.

Por lo tanto, este estudio propone una nueva clasificación y análisis enfocado en la forma en que los sistemas de envolventes contribuyen al desempeño del edificio en términos de cierre del ciclo de vida de los materiales, reducción de consumos energéticos y producción de emisiones de CO<sup>2</sup>, creando una unificación de criterios que englobe todas las tipologías desde este nuevo punto de vista del impacto ambiental.

Tomando esto en consideración, este estudio propone reconocer y clasificar todos los sistemas de envolvente vertical opaca. Y de esta manera poder comparar y contrastar los diferentes niveles de desempeño sostenible y el impacto que los mismos tienen sobre el ciclo de vida del edificio. Tomando en cuenta que tampoco hay investigaciones anteriores a esta que se enfoquen en la comparativa de varios sistemas de envolventes enfocados en parámetros de sostenibilidad.

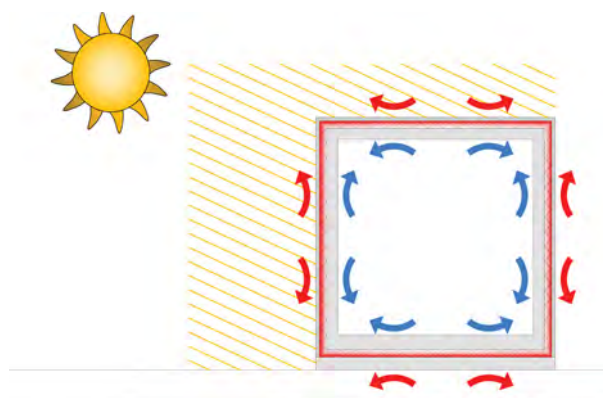
world location, and focus in any architectonic element, having the desirable flexibility to be transferred to other future research.

As a result, this doctoral thesis proposes an analysis methodology that allows comparing the different typologies, considering different parameters, such as place orientation, climate where is located, applied envelope typology, material impact, the incorporated grey energy to the materials, recyclability, life cycle and the sustainability TBL (Brundtland, 1987). Allowing us to have measurements to face the functions in terms of sustainability of the different typologies.

**Título:** Intercambio de calor en la fachada de un edificio  
**Descripción:** En esta imagen se describe el intercambio de energía y calor que ocurre en la fachada de un edificio  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Otros de los parámetros del estudio es la ubicación. El estudio se ubica en el clima de Barcelona/ España, como base para todos los análisis que comprenden el ciclo de vida, teniendo como base el clima mediterráneo de esta ciudad. La metodología que se plantea para la investigación se puede aplicar o trasladar a cualquier localidad del mundo y se puede enfocar en cualquier elemento arquitectónico, permitiéndole la flexibilidad necesaria para que sea transferible a otras investigaciones futuras.

Por consiguiente, esta tesis doctoral propone plantear una metodología de análisis que permita comparar las diferentes tipologías, tomando en cuenta diferentes parámetros como la orientación en el lugar, el clima en el que está localizado, la tipología de envolvente aplicada, los impactos de los materiales, le energía gris incorporada a los materiales, la reciclabilidad, el ciclo de vida y el TBL de la sostenibilidad (Brundtland, 1987). Permittiéndonos tener medidas que nos posibilitan confrontar las funciones en términos de sostenibilidad de las diferentes tipologías.



### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- El objetivo crear una metodología de evaluación que permita estudiar un elemento arquitectónico tomando en consideración las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible —ambiental, económico y social— y el ciclo de vida del edificio (Figura 21).
- Unificar criterios de análisis para identificar el impacto ambiental, económico y social de un elemento arquitectónico.
- Generar una sistema de evaluación flexible que puede medir de manera tangible el nivel de sostenibilidad de un elemento arquitectónico, integrando la huella ambiental, económica y social generada por el elemento.
- Contrastar la relación que existe entre el impacto ambiental, económico y social que la envolvente genera sobre el ciclo de vida del edificio en la fase de producción de material (energía incorporada al material) y la fase de uso (funciones térmicas y lumínicas).
- Analizar el porcentaje de reducción sobre el impacto medioambiental, económico y social, que tiene el sistema de envolvente sobre el análisis del ciclo de vida del edificio. Analizar el impacto de la energía gris de los materiales de la envolvente vertical tanto en la fase de producción como en la fase de uso.

### 3. OBJECTIVES OF THE RESEARCH

- The objective is to make an evaluation methodology that allows studying an architectonic element considering the three impact categories of the Sustainable Development—environmental, economic, social—, and building life cycle (Image 21).
- To unite analysis criteria to identify the environmental, economic and social impact of an architectural element.
- To produce a flexible evaluation system that may measure in a tangible way the sustainability level of an architectonic element, including the environmental, economic and social trace produced by the element.
- To compare the relation between the environmental, economic and social impact that the envelope produce on the building life cycle in the phase of material production — energy incorporated to material — and the phase of use — thermal and light functions —.
- To investigate the reduction percentage on the environmental, economic and social impact of the envelope system on the building life cycle analysis. To analyze the grey energy of materials of the vertical envelope as much in the production phase as in the phase of use.

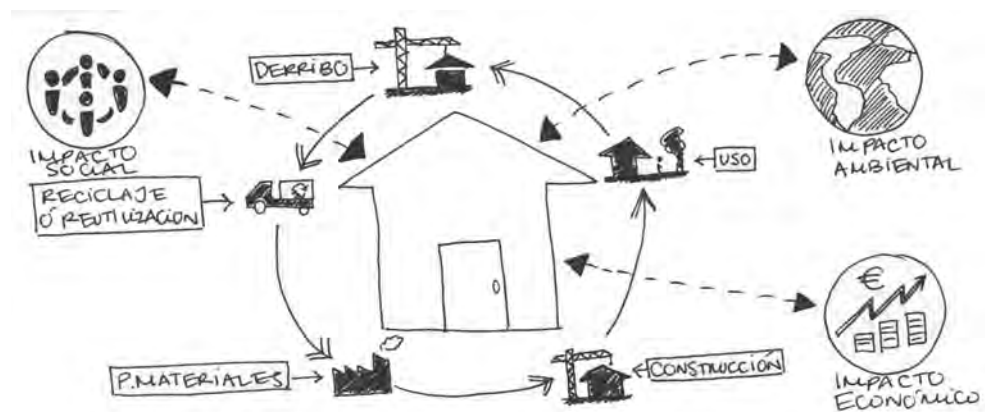
- Generar nuevas pautas para analizar el impacto social de un elemento arquitectónico.
  - Profundizar sobre el aporte y la importancia que tiene los sistemas de envolventes verticales sobre el desempeño sostenible del edificio.
  - Complementar las clasificaciones de los sistemas de envolventes existentes, unificando los criterios y contrarrestándolos con los criterios del impacto ambiental que estos sistemas generan.
  - Aportar sobre la importancia de la utilización del análisis del ciclo de vida de los edificios como herramienta para verificar la sostenibilidad del mismo. Comprobar el funcionamiento de estos sistemas haciendo análisis del ciclo de vida de los mismos, aplicados a diferentes tipos del clima del ámbito español, y de esta manera justificar los tipos de envolvente más adecuados para los climas y la tipología de edificio analizados.
  - Generar herramientas que puedan ser utilizadas por arquitectos para facilitar el diseño correcto de la fachada de los edificios (Figura 20). Estas herramientas serán: Una tabla de clasificación de sistemas de envolventes según su sostenibilidad, tablas comparativas de materiales constructivos, y la metodología de análisis del TBL del desarrollo sostenido, aplicado a un elemento constructivo.
- To generate new guidelines to analyze the social impact of an architectonic element.
  - To delve about the contribution, and the importance of the vertical envelope systems over the building sustainable development.
  - To complement the classifications of existing envelope systems, joining the criteria and counteracting them with the environmental impact criteria that these systems produce.
  - To contribute on the importance of the use of the building life cycle analysis as a tool, to verify the sustainability of the same. To verify the performance of these systems by analyzing their life cycle, applied to different types of Spain climate, and thus to justify the envelope types most suitable for climates and building typologies analyzed.
  - To generate tools that may be used by architects to ease the right design for building façade (Image 20). These tools will be; a classification table of envelope systems according to sustainability, comparatives tables of constructive materials, and the analysis methodology of TBL sustainable development, applied to a constructive element.

Figura 21\_

**Título:** Concepto de Análisis del Ciclo de Vida

**Descripción:** En esta imagen se plantea de manera gráfica la integración entre el ciclo de vida del edificio y los tres impactos de la triada de la sostenibilidad

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



## 4. HIPÓTESIS

- La aplicación de una metodología de ASCV a el ámbito de la construcción permite evaluar los impactos de un edificio a nivel sostenible, tomando en consideración la Triada de la Sostenibilidad –ambiental, económico y social–.
- La consideración de los tres impactos ACV en una solución constructiva permite tener una visión holística de la sostenibilidad. Permite valorar / reflexionar sobre la ponderación (o no) entre los tres.
- La nueva metodología simplificada del cálculo ACV de un sistema de envolvente, mediante box, aporta valores iniciales comparativos relevantes / referencia entre las distintas tipologías.
- La elección del correcto sistema constructivo de muro exterior tiene una gran implicación en el nivel de sostenibilidad del edificio, considerando las tres categorías de impacto.
- Es importante tomar en consideración el impacto social que la envolvente genera a la hora de elegir el correcto sistema de muro exterior.
- Una clasificación tipológica de envolventes atendiendo a parámetros térmicos y constructivos facilita la adecuada elección en relación al lugar, clima y eficiencia energética. Facilita/ permite extrapolar los valores de impactos medioambientales.

## 4. HYPOTESIS

- The application of an ASCV methodology to the construction field allows the evaluation of the impacts of a building at a sustainable level, taking into consideration the Triad of Sustainability - environmental, economic and social.
- Considering the three LCA impacts in a constructive solution allows for a holistic view of sustainability. It allows to evaluate / reflect on the weighting (or not) between the three.
- The new simplified methodology of the ACV calculation of an envelope system, by means of box, provides relevant comparative initial values / reference between the different typologies.
- The choice of the correct exterior wall construction system has a great implication in the sustainability level of the building, considering the three categories of impact
- It is important to take into consideration the social impact that the environment generates when choosing the correct exterior wall system.
- A typological classification of envelopes according to thermal and constructive parameters facilitates the appropriate choice in relation to the place, climate and energy efficiency. Facilitates / allows to extrapolate values of environmental impacts.



Referencia Bibliográfica	Autor	Título	Editorial	Lugar y Fecha de publicación	Resumen	Comentarios
<b>1.- Guía base o referencia - Estos documentos se utilizaron como base para plantear los conceptos y parámetros base de la esta investigación, siendo la plataforma para el planteamiento de la metodología de evaluación que se presenta en esta tesis doctoral</b>						
BEC, 2016	BEC	Boletín Económico de la Construcción	BEC	Barcelona, España, 2015	Boletín Económico de la Construcción, revista profesional del ámbito de la construcción que se dedica a evaluar presupuestos de obras y precios promedios de materiales y procesos constructivos	Esta referencia se utilizó para actualizar los datos económicos que se utilizan para esta investigación
BRE, 2008	BRE Global Ltd	BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SOB050	BRE Global Ltd	London, UK, 2008	En este documento BRE explica el proceso que llevan para ejecutar un ACV	Este documento se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis. Aunque habla solo del impacto ambiental
Brown, 2016	Brown, Martin	FutureRestorative: Working Towards a New Sustainability	RIBA	London, UK, 2016	Este libro tiene como objetivo cuestionar el concepto de sostenibilidad, que hasta ahora se enfoca únicamente en eficiencia energética y/o emisiones de carbono durante la etapa de uso, ampliando la mirada e incluyendo nuevos conceptos	Este documento habla de conceptos que incluyen la mirada del los impactos ambientales y económicos durante el ciclo de vida de un edificio. Pero no incluye conceptos o impactos a nivel social
Bundland, 1987	Naciones Unidas	Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development	Oxford University Press	Oxford, UK, 1987	Este documento explica en su totalidad el concepto de Desarrollo Sostenible	De aquí se extrae el concepto del Desarrollo Sostenible, y la Triada de la Sostenibilidad, junto con las tres categorías de impacto, a nivel conceptual.
Construc, 2016	Construc	Revisión Técnica de la Construcción	Construc	Barcelona, España, 2015	Revista profesional del ámbito de la construcción que se enfoca en evaluar presupuestos de obras y precios promedios de materiales y procesos constructivos	Esta referencia se utilizó para actualizar los datos económicos que se utilizan para esta investigación
ISO-3, 2006	ISO	Sostenibilidad en la construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios	AENOR	España, 2006	Proporciona un marco general para mejorar la calidad y la comparabilidad de los métodos de evaluación de desempeño ambiental de los edificios y sus obras externas relacionadas.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO, 2008	ISO	UNE-ISO/TS 21931-1:2008 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios.	ISO/AENOR	España, 2008	Proporciona un marco general para mejorar la calidad y la comparabilidad de los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios y sus obras exteriores conexas.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO, 2011	ISO	ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework	ISO	USA, 2011	Identifica y establece principios generales para la planificación de la vida útil y un marco sistemático para llevar a cabo la planificación de vida útil de un edificio o obra de construcción planificada a lo largo de su ciclo de vida, o ciclo de vida restante para los edificios existentes o obras de construcción.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO -2, 2011	ISO	ISO 15686-2:2012. Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures	ISO	USA, 2011	El ciclo de vida incluye la iniciación, la definición del proyecto, el diseño, la construcción, la puesta en marcha, la operación, el mantenimiento, la renovación, el reemplazo, la deconstrucción y la eliminación final; el reciclaje o la reutilización del activo (o partes de éste), incluidos sus componentes.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO, 2012	ISO	UNE-EN 15643-1:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general.	ISO/AENOR	España, 2012	Describe procedimientos que facilitan predicciones de la vida útil de los componentes del edificio, basadas en el rendimiento técnico y funcional. Proporciona un marco general, principios y requisitos para llevar a cabo y reportar dichos estudios.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO-2, 2012	ISO	UNE-EN 15643-2:2011. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental.	ISO/AENOR	España, 2012	No cubre la limitación de la vida útil debido a la obsolescencia u otros estados de rendimiento no medibles o impredecibles.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO-3, 2012	ISO	UNE-EN 15643-3:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social.	ISO/AENOR	España, 2012	Establece los principios y requisitos generales, expresados mediante una serie de normas, para la evaluación de los edificios en términos de desempeño ambiental, social y económico, teniendo en cuenta las características técnicas y la funcionalidad de un edificio.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO-4, 2012	ISO	UNE-EN 15643-4:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.	ISO/AENOR	España, 2012	Contiene una parte de una serie de normas europeas y establece los principios y requisitos específicos para la evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios teniendo en cuenta las características técnicas y la funcionalidad de un edificio.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO-5, 2012	ISO	UNE-EN 15643-5:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo.	ISO/AENOR	España, 2012	Esta norma europea forma parte de una serie de normas europeas para la evaluación de edificios. Proporciona principios y requisitos específicos para la evaluación del rendimiento económico de los edificios teniendo en cuenta las características técnicas y la funcionalidad de un edificio.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis

ISO, 2015	Lewis, 2014	ISO	UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios - indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios	ISO/AENOR	España, 2015	Establece una lista de aspectos e impactos que deben tomarse como base para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad para evaluar el desempeño de sostenibilidad de obras de ingeniería civil nuevas o existentes, relacionadas con su diseño, construcción, operación, mantenimiento, renovación y terminación -vida.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis	
	Mc Donough, 2005	Lewis, Sarah	PHPP Illustrated	RIBA	Newcastle upon Tyne, UK, 2014	Este documento presenta un guía ilustrada sobre la aplicación del PHPP para proyectos de PassivHaus, explicando los principios de esta certificación	Este documento se utilizó como guía para los procesos físicos básicos, y como referencia para analizar la certificación de PHPP	
	Solanas, 2008	Mc Donough, Brangwart	Cradle to Cradle	Matgraw-Hill Interamericana	Madrid, España, 2005	Este documento habla de cómo los procesos químicos y de producción de los materiales se deben de cerrar, generando un ciclo cerrado de materiales. También se explica cómo se deberían declarar los productos de cierta manera como para garantizar que esos procesos sean cerrados, y el ciclo logre ser circular	Este documento se utilizó como referencia de estudio de ACV y como base explicativa del Desarrollo Sostenible	
	Tronchin, 2007	Artón Solanas, Cánovas	Viviendas y Sostenibilidad en España Vol2 colectiva	Gustavo Gili	Barcelona, España, 2008	Este documento tiene diferentes ejemplos de proyectos de vivienda multifamiliar que se clasifican en términos de su impacto ambiental	Este libro se usa como referencia para analizar uno de los edificios que se usan como bases de datos para la investigación	
	Vanos, 2008	Tronchin, Lamberto, Fabón, Kristian	Energy performance building evaluation in Mediterranean countries. Comparison between software simulations and operating rating simulation	Energy & Buildings	2007	Este documento explica una investigación sobre la comparativa entre el desempeño real de un edificio y la simulación energética	Este documento se usó como referencia para seleccionar la herramienta de simulación energética que se utilizó para esta investigación	
	Vanos, 2010	Flundstein, Margit, Geller, Roland, Spitzner, Martin, Rudolph, Alexander	Insulating Materials	Editorial Detail	Munich, Alemania, 2011	Este documento investiga en profundidad los materiales de aislamiento térmico	Este documento se utilizó para analizar las tipologías de aislamiento térmico	
	Vanos, 2011	Alavedra, P., Dominguez E., Sierra, J	La construcción sostenible: el estudio de la cuestión	Informes de la construcción	España, 2010	Este documento es un resumen de el estado del arte sobre la sostenibilidad en el ámbito de la arquitectura	Este documento se enfocó en el impacto Ambiental	
		Wittstock, HGanther, Lenz, Saunders						
		Anderson, Carter, Gyetvai, Krebig, Braune, Lasvaux, Bosedrige, Bazunia						
		Schlegel, Jayr, Nivel, Chevalier, Hans, Fullana, Gazalla, Mundy, Barrow, Sjöström, IBP, CSTB, ESCI, BRE	E+B Guide: European Commission under FP7	EU	Bruselas, Bélgica, 2011	Proporciona un marco general y herramientas para realizar un ACV	Este documento se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis	
	Vanos, 2014	Zirkelbach, Daniel, Kunzel, Hartwig	Internal insulation of external walls: design guidelines and system selection	Revista Detail Green	Munich, Alemania, 2014	Este documento investiga en profundidad los materiales de aislamiento térmico	Este documento se utilizó para analizar las tipologías de aislamiento térmico.	
<b>2.- Clasificación de envolventes</b> - Estos documentos identifican varias maneras tradicionales de clasificación de sistemas de Muro Exterior. Luego del estudio del estado del arte de esta sección de la investigación se pudo identificar un vacío de conocimientos al ver que no existe un sistema de clasificación que se enfoque en el comportamiento de eficiencia energética del edificio. Esta tesis doctoral tiene como objetivo llenar ese vacío de conocimientos, brindando un nuevo sistema de clasificación que unifique los conceptos de eficiencia energética en la fachada, junto con los sistemas de clasificación existentes								
	Deplazes, 2009	Deplazes, Andriac	Constructing Architecture Materials processes structures a handbook, second edition	Darch ETH	Berlin, Alemania, 2009	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos	Este libro contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
	Heinrich, Andreas, 2009	Heinrich Schmitt, Andreas Heene	Tratado de construcción, octava edición revisada y ampliada	Gustavo Gili	Barcelona, España, 2009	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos	Este libro contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
	Knaack, 2007	Knaack, Ulrich	Facades: principles of construction	Birkhäuser	Berlin, Alemania, 2007	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos enfocado en el muro exterior	Este libro contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
	Más Tomas, 2005	Más Tomas, Angeles	Ceramientos de obra de Fábrica diseño y tipologías	Universidad Politécnica de Valencia	Valencia, España, 2005	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos enfocado en la fachada	Este libro contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
	Monjo, 2003	Monjo Carro, Juan	Tratado de construcción Fachadas y Cubiertas Vol 1 y Vol 2	Editorial Murilla-Lena	Madrid, España, 2003	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos enfocado en la fachada	Este libro contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
	Panico, 1997	Panico, Ignacio	La Protección Solar	Bisagra	Zaragoza, España, 1997	En este libro se aplica diferentes tipologías de aplicaciones de la fachada para la protección contra la radiación solar	Este documento se utilizó para generar la clasificación de tipologías de aplicaciones pasivas y activas	

Panico, 1985	Panico, Ignacio	La construcción de L'Arquitectura, segunda edición.	ITEC	Barcelona, España, 1985	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos enfocado en la fachada	Esta guía contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
Panico, 2006	Panico, Ignacio	La fachada ventilada y ligera	Bisagra	Zaragoza, España, 2006	Este libro explica los procesos físicos y constructivos de la fachada ventilada y ligera	Esta guía contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
Sánchez, 2011	Sánchez Ana, Gutiérrez Oñz	Fachadas, cerramientos de edificios	Editorial el Duende.	Madrid, España, 2011	Este libro es una guía de procesos y materiales constructivos enfocado en el muro exterior	Esta guía contiene una clasificación de tipologías de envolvente vertical opaca que se utilizó como referencia para hacer la clasificación de los sistemas constructivos de muro exterior tomando en consideración su desempeño a nivel de reducción de impactos ambientales	
Shewka, 2012	Shewka, Samar	Green Facades as a New Sustainable Approach towards Climate Change	SciVerse ScienceDirect.	Egipto, 2012	Este documento explica una investigación sobre fachadas vegetales	Este documento se utilizó para la clasificación de las tipologías de aplicaciones pasivas	
<b>3.- Impacto Ambiental - Solo una Etapa - Esta categoría de información se enfoca en el análisis de los impactos ambientales generados durante una etapa aislada del ciclo de vida. En el análisis de esta información pudimos notar que existe una gran cantidad de investigaciones enfocadas en la etapa de uso del ciclo de vida, esto se debe a que la normativa local y mundial se enfoca en la mitigación de los impactos ambientales durante esta etapa. Por lo tanto, existe mucha información al respecto. Por esta razón esta tesis doctoral se planeará en la evaluación de todo el ciclo de vida del edificio.</b>							
Azkora, 2015	Azkora Larrañaga Zaira	Estudio comparativo de Eficiencia Energética. Fachada ventilada frente a Fachada vegetal	Universidad del País Vasco	Bilbao, 2015	Esta tesis doctoral se enfoca en la comparativa de dos tipologías de fachada enfocada en la mejora de la eficiencia energética	Esta tesis se enfoca en el Impacto Ambiental y en la etapa de Uso	
Burgos, 2016	Burgos Leiva, Camila. Avallaneda Jaume	Análisis del comportamiento de las fachadas de madera en zonas con clima mediterráneo: evaluación de la degradación de probetas de madera de diferentes especies, tratamientos y acabados en cinco zonas con climas mediterráneos	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2016	La presente investigación tiene por objeto estudiar el comportamiento de las fachadas de madera en clima mediterráneo, en obra nueva y en rehabilitación, para comprobar su comportamiento y durabilidad a través de dos años de exposición a la intemperie	Esta tesis doctoral se enfoca en la etapa de uso, es específico en mantenimiento	
Clark, 2013	Clark, David	What colour is your Building? Measuring and reducing the energy and carbon footprint of buildings.	RIBA	London, UK, 2013	Este documento expresa la necesidad de evaluar el parque urbano de Reino Unido a profundidad. A su vez, busca expresar de una manera clara y concisa el nivel de sostenibilidad de un edificio, comparando diferentes enfoques y certificados.	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente	
Edwards, 2009	Edwards, Brian	Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición ampliada	Gustavo Gili	Barcelona, España, 2009	Este libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente	
EU, 2016	EU	Directive of the European Parliament and of the council. Amending directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings.	EU	Bruselas, Bélgica, 2016	Este documento resume las directrices que los países que pertenecen a la Unión Europea debe de seguir para mitigar el Impacto Ambiental	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso del edificio únicamente	
Garrido, 2015	Garrido, Pablo	Vida y obsolescencia de fachadas del siglo XX en la ciudad de Barcelona	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2015	En esta tesis doctoral se analiza la etapa de vida y de mantenimiento de diferentes tipologías de fachada	Esta tesis doctoral se enfoca en la etapa de uso y mantenimiento. Esta tesis se tomó como referencia para analizar la etapa de mantenimiento para esta investigación	
González, 1996	González Josep	Les Claus per a construir l'arquitectura. Tomo 1	Gustavo Gili	Barcelona, España, 1996	Este libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente	
Hordiksen, 2011	Hordiksen, Ole J	Double Skin Facades- Fashion or a step towards sustainable buildings	Portal Technological Projecta	Dinamarca, 2011	Este documento proporciona una evaluación sobre el comportamiento de las fachadas de doble piel para mitigar el impacto ambiental	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente	
Jourda, 2012	Jourda, Françoise- Helene	Pequeño Manual del Proyecto Sostenible	Gustavo Gili	Barcelona, España, 2012	Este libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente	
Linares, 2009	Linares, Ruben	Estudio del empleo de cubiertas vegetales temporales para la regulación de régimen hídrico, crecimiento y manejo sostenible del viento	Universidad Politécnica de Madrid	Madrid, España, 2009	Este documento explica una investigación envolventes vegetales	Esta investigación se enfoca en el impacto ambiental que las cubiertas vegetales tienen durante la etapa de uso	
Lopez, 2001	Lopez, Victor Manuel	Desarrollo sostenible, aproximación conceptual y operativa de los principios de la sostenibilidad al sector de la construcción	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2001	Esta tesis doctoral aborda el origen, evolución y el concepto del Desarrollo Sostenible y sus aplicaciones al ámbito de la construcción	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental y en la etapa de Uso	
Martínez, 2010	Martínez García, Antonio	ACV de edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía	Universidad de Sevilla	Sevilla, España, 2010	Esta investigación doctoral se enfoca en armar una metodología de ACV para aplicar a Declaraciones ambientales	Esta investigación se enfoca en el Impacto Ambiental que las cubiertas vegetales tienen durante la etapa de uso	
Martínez, 2013	Martínez, Eva; Nuñez, Yolanda; Sobobara, Elena	End of life of buildings: three alternatives, two scenarios. A case study	The International Journal of Life Cycle Assessment	USA, 2013	El objetivo de este estudio de caso es identificar los procesos relevantes necesarios en la evaluación ambiental del fin de vida de un edificio e identificar las variables del proceso de demolición que afectan significativamente al consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Se analizan diferentes escenarios de demolición, basados en tres alternativas de gestión de residuos de construcción y demolición (C & DW) generados durante las obras de demolición. Este estudio se basa en las prácticas típicas de construcción y demolición y gestión de residuos en España.	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental y en la etapa de Final de Vida	
Palme, 2010	Palme, Massimo	La Sensibilidad energética en los edificios	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2010	Este documento se basa en la interrogante sobre la importancia sospechada de las acciones de los usuarios sobre los consumos y sobre el mismo confort.	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental y en la etapa de Uso	

Pardal, 2010	Pardal, Cristina	La Hoja Interior de la Fachada Ventilada. Analisis, Taxonomia y Prospectiva	Universidad Politcnica de Catalunya	Barcelona, España, 2009	Investigación sobre el comportamiento físico de la hoja interior de la fachada ventilada, y su implicación en la mitigación del impacto ambiental en la etapa de uso	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente
Polsmakers, 2014	Polsmakers, Sofie	The Environmental Design Pocketbook, segunda edición	RIBA	Londres, UK, 2014	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente
Sauer, 2008	Sauer, Bruno	Hacia una arquitectura sostenible, más allá del formal.	Icaro. CTAV	Valencia, España, 2008	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente
Sabbella, 2005	Sabbella, Angelo	El análisis del ciclo de vida como herramienta de valoración proyectual.	Università degli studi di Firenze	Italia, 2005	Este documento es una Guía base sobre l'ACV aplicado a el ámbito de la construcción	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
San Miguel, 2007	San Miguel, Sandra	Un Vivirio ecológico, principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible	Gustavo Gili	Barcelona, España, 2007	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental, y en la etapa de Uso únicamente
Vanos, 2012	Christoph Mitterer, Harwig Kunze, Sebastian Herkel, Andreas Holm	Optimizing energy efficiency and occupant comfort with climate specific design of lito building	SciVerse ScienceDirect.	Alemania, 2012	Este artículo se desarrolla sobre las investigaciones internacionales en el área de diseño de edificaciones basada en su comportamiento climático. Variando confort y monitorizando los consumos de energía de edificios de oficinas	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental y en la etapa de Uso
<b>4.- Impacto Ambiental - Todo el Ciclo de Vida - Se pudieron conseguir varias investigaciones enfocadas en el estudio del Impacto ambiental durante todo el ciclo de vida, ya sean enfocadas en elementos arquitectónicos particulares, o en edificios completos. Se pudo notar que esa categoría de impacto es la más estudiada en el ámbito de la construcción. Esto se deba a que existe mayor cantidad de normativas y regulaciones que regulan el nivel de impacto ambiental que deben de tener los edificios. Por lo tanto, esta Tesis doctoral busca ampliar el espectro evaluando las otras categorías de impacto.</b>						
Abd Rasid, 2015	Abd. Rashid, A. Imad, Yusoff, Sumari	A review of life cycle assessment method for building industry	Renewable and Sustainable Energy Reviews	USA, 2015	Este artículo describe el estado del arte para ACV aplicado al ámbito de la construcción	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Amoedo, 2007	Amoedo, Rogério; Jaali, Said; Mendoca, Paulo	Modelo de evaluación de potencial de desconstrucción efectiva de un edificio na fase de concepto	9na Conferencia Nacional de Ambiente	Portugal, 2007	Este documento aplica la metodología del ACV el estudio de dos materiales constructivos	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Basbagill, 2012	Basbagill, J; Flager, F; Lepech, M	Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts	Building and Environment	USA, 2012	Este artículo demuestra como las decisiones tomadas en el proceso de diseño de un edificio durante las etapas conceptuales representan mucha importancia en la reducción del Impacto Ambiental	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Chandraliake, 2013	Chandraliake, S R.	Sustainability rating systems for buildings: Comparsion and correlations. Author links open the author workpage.	Energy	USA, 2013	Este artículo compara diferentes herramientas de evaluación sostenible en el ámbito de la construcción, consiguiendo similitudes en indicadores de carácter ambiental.	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Clemente, 2015	Clemente, Ruth Vega	Evaluación de la Sostenibilidad de Sistemas de Construcción industrializados de Fachada en Edificios de Vivienda Colectiva	Universidad Politcnica de Madrid	Madrid, España, 2015	Esta tesis doctoral se enfoca en la evaluación sostenible de sistemas constructivos de fachadas	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Crawford, 2011	Crawford, Robert	Life Cycle Assessment in the Built Environment	Spon Press	Londres, UK, 2011	En este libro se explica la metodología para aplicar un ACV en el ámbito de la construcción, y se demuestra como dicha metodología en diferentes casos de estudio	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
CPA, 2015	CPA	A guide to understanding the embodied impacts of construction products	CPA	Londres, UK, 2015	Esta guía resume el nivel de impacto ambiental que produce el proceso de producción de una muestra grande de materiales de construcción	Esta guía se usa como referencia en el análisis de las herramientas que existen en el mercado para hacer un ACV
Curran, 2012	Curran, Mary Ann	Life Cycle Assessment Handbook. A guide for Environmentally Sustainable Products	Scrivener	UK, 2012	El primer libro de este tipo. El Manual de LCA se convertirá en un recurso invaluable para fabricantes y proveedores ambientalmente progresistas, diseñadores de productos y procesos, ejecutivos y gerentes y funcionarios gubernamentales que quieran aprender acerca de este componente esencial de la sostenibilidad ambiental.	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
EPA, 1993	EPA	Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles	EPA	USA, 1993	Este documento es una guía de aplicación de la metodología explicada en la ISO 14040 y 14044 en el ámbito de la construcción y la normativa de Estados Unidos	Esta guía se tomo en consideración a la hora de planear el proceso metodológico de la tesis
Finkbeiner, 2016	Finkbeiner, Mathias	Special Types of Life Cycle Assessment	Springer	Holanda, 2016	En este libro se explica la metodología para aplicar un ACV en el ámbito de la construcción, y se demuestra como dicha metodología en diferentes casos de estudio	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Gonçalves, 2004	Gonçalves Anur Jorge de Jesus	El análisis de ciclo de vida y su aplicación a la arquitectura y al urbanismo, trabajo desarrollado en la asignatura Por una ciudad más sostenible. El planeamiento urbano frente al paradigma de la sostenibilidad del Doctorado en Ciudades, Penínsulas y Vitalidad Urbana	ETSAM	Madrid, España, 2004	Este documento aplica la metodología de ACV a la arquitectura y el urbanismo	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Guaita, 2011	Guaita, Cristina San Juan	Análisis del comportamiento térmico y fluido-dinámico de las fachadas ventiladas de junta abierta	Universidad de Oviedo	Madrid, España, 2011	Este documento se enfoca en la tipología de fachada ventilada de junta abierta	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
HAPM, 1992	HAPM	HAPM Component Life Manual. Hapm Publications.	HAPM Publicaciones	USA, 1992	Este documento compila información sobre el ciclo de vida de los materiales constructivos	Este documento solo se enfoca en el Impacto Ambiental

ISO, 2003	ISO	UNE-EN ISO 14047:2003. Título: Environmental management. Life cycle impact assessment. Examples of application of ISO 14042.	ISO	Ginebra, Suiza, 2003	Proporciona un ejemplo de aplicación de la ISO 14042.	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO, 2006	ISO	UNE-EN ISO 14040:2006. Título: Gestión ambiental. Analysis of ciclo de vida. Principios y marco de referencia	AENOR	España, 2006	Proporciona un marco general y lineamientos para realizar un ACV	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
ISO-2, 2006	ISO	UNE-EN ISO 14044:2006. Título: Gestión ambiental. Analysis of ciclo de vida. Requisitos y marco de referencia.	AENOR	España, 2006	Proporciona un marco general y lineamientos para realizar un ACV	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
Julliet, 2015	Julliet, Alexandre	Environmental Life Cycle Assessment: Background and Future Prospects in Life Cycle Assessment	CRC Press	LUX, 2015	Este libro explica aplicaciones de la metodología del ACV en el análisis del Impacto Ambiental	Este documento se enfoca en el impacto Ambiental
Klopfier, 2014	Klopfier, Walter	Review of tools to assist in the selection of sustainable building assemblies	Springer	Frankfurt, Alemania, 2014	Este libro explica los orígenes del ACV, los roles de cada una de las normativas que explican la metodología de un ACV, junto con las limitaciones del mismo.	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
López-Mesa, 2013	López-Mesa, Belind Hueda, P		Informes de la construcción	España, 2013	Este artículo describe el estado del arte para ACV aplicado al ámbito de la construcción, enfocando en identificar herramientas que apoyen el proceso de diseño de las etapas conceptuales.	Este artículo se enfoca en el Impacto Ambiental
Mendonça, 2013	Mateus, Ricardo; Neiva, Sara; Braganca, Luis; Mendoca, Paulo; Maciera, Mónica	Sustainability assessment of an innovative lightweight building technology for partition walls - Comparison with conventional technologies.	Building and Environment	USA, 2013	Este artículo compara el Impacto ambiental de diferentes sistemas ligeros de tabiquería, comparación con tecnologías convencionales	Este artículo se enfoca en el Impacto Ambiental
Olgvev, 2010	Olgvev, Victor	Arquitectura y Clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas	Gustavo Gil	Barcelona, España, 2010	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental
Rieznik, 2005	Rieznik, Natalia	Analysis del ciclo de vida	Universidad Politécnica de Madrid	Madrid, España, 2005	Este documento explica la aplicación de la metodología del ACV para el ámbito de la construcción	Este documento toma en consideración el impacto ambiental
Timberlake, 2009	James, Mannon Richard	Sustainable Architecture in the US- An Interview with James Timberlake and Richard Memon. (Kierari Timberlake)	Revista Detail Green	München, Alemania Editorial: Detail, 2009	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental
Vanos, 2009	Cuchi, Albert; Sagnera, Albert; López, Fabian; Wadei, Gerardo	29 La qualitat ambiental als edificis. Manuals d'ecogestió	Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge	Barcelona, España, 2009	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental
Vanos 2, 2009	Zabelza-Bibau, L.; Aranda-Uson, A.; Scarpellini, S.	Life cycle assessment in buildings. State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment	Building and Environment	2009	Este artículo describe el estado del arte para ACV aplicado al ámbito de la construcción	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Vanos 2010	König, Heiger; Köhler, Niklaus; Keilig, Johannes; Lutzkenhoff, Thomas	A life cycle approach to buildings.	Detail Green Books	München, Alemania, 2010	Este libro explica en detalle la metodología que se debe de aplicar cuando se quiere hacer un ACV en el ámbito de la construcción	Este documento se utilizó como referencia para amarrar la metodología de esta investigación aplicada al Impacto Ambiental
Vanos 2, 2011	Wadei, Gerardo; Alfaro, Pol; Zamora, Joan-Lluís	Proyecto FB20. Informe sobre el análisis del ciclo de vida de los materiales	Universidad Politécnica de Catalunya	Barcelona, España, 2011.	Este documento explica una investigación que se hizo para mejorar el desempeño en términos de impacto ambiental para una fachada de muro cortina	Este documento se utilizó como referencia para amarrar la metodología de esta investigación aplicada al Impacto Ambiental
Vanos 3, 2011	G. Benveniste, C; Gazulla, P; Fullana, I; Celades, T. Ros; V. Zaera, B; Godes	Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas	Informes de la Construcción, Vol. 63	España, 2011	Este documento explica un ACV realizado sobre baldosas de cerámica	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Vanos, 2013	Randa Ghattas, Jeremy; Gregory, Elsa; Olivetti, Suzanne Greene	Life Cycle Assessment for Residential Buildings: A Literature Review and Gap Analysis.	CSH	Massachusetts, USA, 2012	En este documento se explica una investigación que se realizó sobre el estado del arte de los ACV y la búsqueda de vacíos de conocimientos	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental

Varios 2, 2014	R. Villar-Burke, D. Jiménez-González, E. Larumbide, J. A. Tenorio	Impacto energético y emisiones de CO2 del edificio con soluciones alternativas de fachada	Informes de la Construcción, Vol. 66	España, 2014	Este documento describe la aplicación de una metodología de ACV simplificada para la evaluación de alternativas de fachada	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Varios 2015	El Khoul, Sebastian, John, Viola, Zeumer, Martin	Sustainable Construction Techniques	Detail Green Books	Munich, Alemania, 2015	Este Libro es una Guía base sobre la sostenibilidad en la arquitectura	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental
Wadel, 2009	Wadel, Gerardo	La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2009	Esta investigación se enfoca en un ACV comparativo de sistemas de construcción modular ligera enfocado en el Impacto Ambiental	Este documento se utilizó como referencia para armar la metodología de esta investigación aplicada al Impacto Ambiental
Zamagni, 2012	Zamagni, Alessandria	Life cycle sustainability assessment.	The International Journal of Life Cycle Assessment	2012	En este artículo se explica la estrategia para aplicar la metodología de ACV en el ámbito de la construcción	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
Zero Carbon Hub, 2015	Zero Carbon Hub	Zero Carbon Compendium: The future of low energy cities and communities	Zero Carbon Hub	Londres, UK, 2015	Este documento explica una investigación sobre el Impacto Ambiental en diferentes ciudades del mundo	Este libro se enfoca en el Impacto Ambiental
Zmoch, 2012	Ewa Zmoch	Life-cycle assessment (LCA) of existing bridges and other structures	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2012	En esta investigación doctoral se realizan análisis comparativos de ACV aplicados a estructuras	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
<p><b>5.- Impacto Económico - Solo una Etapa.</b> - Se pudieron conseguir pocas investigaciones enfocadas en el estudio del impacto económico durante una sola etapa del ciclo de vida, que enfoque la mirada a la mitigación del impacto económico en términos de sostenibilidad. Se pudo notar que esta categoría de impacto esta menos estudiada que el Impacto ambiental, y que para la misma hay menor cantidad de regulaciones y normativas. A su vez, se pudo verificar que la mayoría de estudios que se enfocan en una fase del ciclo de vida -generalmente la etapa de uso- no se enfocan en su impacto sostenible, si no en el potencial de maximizar ganancias y reducir riesgos económicos. Luego de llegar a esta conclusión, nos damos cuenta de la importancia en equiparar la cantidad de investigaciones y conocimientos existente para mitigar el impacto ambiental, con las otras categorías de impacto. Por lo tanto, esta Tesis doctoral busca ampliar el espectro evaluando las otras categorías de impacto, contribuyendo con el conocimiento del Impacto Económico en el ámbito de la construcción</p>						
Flores-Colein, 2010	Flores-Colein, Ines, De Brito, Jorge	A systematic approach for maintenance budgeting of buildings' façades based on predictive and preventive strategies	Construction and Building Materials	USA, 2010	Este artículo habla sobre la importancia del mantener el presupuesto durante la etapa de Uso del edificio, y como predecir algún cambio o podrias tener y algunas estrategias preventivas	Este documento se enfoca en el Impacto Económico, etapa de Uso y mantenimiento
<p><b>6.- Impacto Económico - Todo el Ciclo de Vida.</b> - Se pudieron conseguir algunas investigaciones enfocadas en el estudio del impacto económico durante todo el ciclo de vida, ya sean enfocadas en elementos arquitectónicos particulares, o en edificios completos. Se pudo notar que esta categoría de impacto esta menos estudiada que el Impacto ambiental, y que para la misma hay menor cantidad de regulaciones y normativas. Luego de llegar a esta conclusión, nos damos cuenta de la importancia en equiparar la cantidad de investigaciones y conocimientos existente para mitigar el impacto ambiental, con las otras categorías de impacto. Por lo tanto, esta Tesis doctoral busca ampliar el espectro evaluando las otras categorías de impacto, contribuyendo con el conocimiento del Impacto Económico en el ámbito de la construcción</p>						
ECD, 2015	ECD Architects	Life Cycle Costing comparing a Enerphit project and a Part Lb Retrofit	UK PassivHaus conference	London, UK, 2015	En esta conferencia se explico la comparativa entre el impacto económico producido por un edificio siguiendo la normativa de Reino Unido y el mismo proyecto siguiendo los parámetros de diseño de Passivhaus Enerphit	Este documento se enfoca en el Impacto Económico
Bogenstatter, 2010	Bogenstatter, Ulrich	Prediction and optimization of life-cycle costs in early design	Building Research and Information	Londres, UK, 2010	Este artículo explica la importancia de realizar un CCV durante la primera etapa de diseño de un edificio (Design Brief), esto permite tener no solo mayor control, si no tambien mayor alcance para mitigar el impacto económico del edificio	Este documento se enfoca en el Impacto Económico
Varios 3, 2014	Cabeza, Luisa; Rincon, Lidia; Vilaino, Virginia; Perez, Gabriel; Castell, Albert	Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review	Renewable and Sustainable Energy Reviews	USA, 2014	Este documento resume y organiza literatura sobre ACV en el ámbito de la construcción, enfocándose en estudios que se hayan hecho en edificios con alto nivel de eficiencia energética	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental
<p><b>7.- Impacto Ambiental y Económico.</b> - Se pudo conseguir una sola investigación en donde se realiza un estudio del impacto económico y ambiental, tomando en consideración el ciclo de vida del edificio. Este tipo de investigaciones no son muy comunes, y a su vez, la investigación que se consiguió, aunque es muy interesante, no propone una manera de agrupar estos dos análisis y llegar a un nivel de sostenibilidad común que integre ambos impactos. Por lo tanto, en esta tesis se tiene como objetivo generar una metodología que integre los niveles de impactos de las tres categorías del Desarrollo Sostenible, teniendo al final un nivel de sostenibilidad comparable entre soluciones constructivas.</p>						
Mendonca, 2015	Mendonca, Paulo	Environmental and economic cost analysis of housing in temperate climate using an innovative lightweight partitioning system	International Journal of Sustainable Energy	London, UK, 2015	Este artículo presenta un análisis del Impacto Económico y Ambiental que produce un edificio unifamiliar ubicado en Portugal	Este documento se enfoca en el Impacto Ambiental y el Económico

<p><b>7.- Impacto Social - Solo una Etapa - El Impacto Social es la categoría de impacto con menor información. Esta categoría de impacto solo tiene investigaciones del ámbito de la construcción estudiando la etapa de uso del ciclo de vida. Esto se debe a que hay normativa que regule el comportamiento del edificio durante esta etapa. Viendo el vacío de información que existe y queriendo también enfocarnos en las categorías de impacto menos estudiadas, esta tesis busca generar una metodología que integre todas las categorías de impacto, añadiendo más información relevante a estos aspectos</b></p>						
Surgis Carbon Profiling, 2016	Cheung, Leo; Farneti, Mirko de Sturges Carbon Profiling	Whole-Life carbon: Wellbeing	Building.co.uk	UK, 2016	Este documento explica una metodología de análisis del impacto social durante la etapa de uso. Este documento se enfoca únicamente en la etapa de Uso y en el Impacto Social	Este documento se utilizó como referencia para analizar el impacto social durante la etapa de Uso. Este documento se enfoca únicamente en la etapa de Uso y en el Impacto Social
UNE-EN, 2015	EU	UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo.	AENOR	2015	Este estándar europeo contiene las especificaciones metodológicas y requerimientos para generar una evaluación social en un edificio	Esta normativa se tomó en consideración a la hora de plantear el proceso metodológico de la tesis
CEN, 2006	European Committee for Standardization	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics	CEN	2005	Este estándar europeo contiene parámetros para el estudio del confort del ambiente interior de edificios	Este documento se tomó como referencia para el planteamiento de los parámetros para el estudio del Impacto Social en la etapa de Uso
<p><b>8 - Impacto Social - Todo el Ciclo de Vida - Para esta categoría de información no se consigue información relevante en el ámbito de la construcción, por lo tanto se tomaron en consideración estudios realizados en otras industrias para poder transferir conocimientos y aplicarlos a el ámbito de la edificación</b></p>						
Mango, 2012	Daniela Russi Silvia Ayuso Pere Fullana i Palmer	El Análisis Social del Ciclo de Vida como instrumento de RSC	Mango	España, 2012	En este documento se explica el análisis que se realizó sobre el RSC realizado sobre la empresa de retail Mango.	Este documento se tomó en consideración para transferir esta metodología del RSC al ámbito de la construcción
<p><b>9.- Proceso de certificación sostenible - Tomando en consideración únicamente la etapa de Uso - Se estudiarán algunos de los procesos de certificación más reconocidos en la industria de la construcción. Estos sistemas de certificación sostenible buscan evaluar de una manera holística los edificios, identificando los impactos ambientales, económicos y sociales que dichos edificios tienen. El problema que presentan estos procesos de certificación es que se enfocan en su mayoría en los impactos generados en la etapa de uso, y la mayoría del porcentaje de los créditos a los que se pueden aplicar se enfocan en el impacto ambiental, en su mayoría a la eficiencia energética. En esta tesis se busca poner en cuestionamiento este tipo de evaluaciones. Primero por ser procesos de cálculos y evaluaciones que no son abiertos, por lo tanto ameritan una gran cantidad de dinero para poder conseguir la evaluación. Segundo por que plantean un concepto de sostenibilidad que difiere del concepto del Desarrollo Sostenible Base, donde se reconocen tres categorías de impacto, siendo la "sostenibilidad" el equilibrio entre estos tres tipos de impactos, teniendo cada uno de estos tres impactos la misma ponderación, sin identificar que uno sea más importante que otro. Por lo tanto, en esta investigación que se tiene como objetivo plantear un sistema metodológico abierto, que cualquier investigador pueda seguir, y que a su vez plantee la agrupación de estas categorías de impacto produciendo un resultado donde se identifique con claridad el nivel de sostenibilidad, y además se puede evidenciar el equilibrio entre las tres categorías de impacto</b></p>						
Andrés, 2017	Andrés Ortega, Silvia	Herramientas de evaluación aplicadas a los materiales de construcción en procesos de edificación sostenible	Universidad Europea	Madrid, España, 2017	Esta tesis doctoral analiza las diferentes herramientas que existen para la evaluación sostenible de un edificio, creando un evaluación comparativa de las mismas. Se estudian sistemas de certificación como LEED, BREEAM y Verde, junto con herramientas voluntarias como el LCA	Este documento se tomó en consideración para el análisis de las herramientas de certificación y análisis sostenible
BRE, 2014	BRE Global Ltd.	BREEAM, New Construction, Refurbishment	BRE Global Ltd.	Londres, UK, 2014	Esta guía de certificación sostenible ponderando diferentes tipologías de impactos, enfocado en la etapa de uso	Este proceso de certificación se enfoca en la etapa de uso, tomando consideración algunos parámetros económicos, sociales, y ambientales. Pero tiene una estrategia de ponderación de resultados que les da mayor importancia al impacto ambiental
Larsson, 2004	Larsson, Nils	An Overview of Green Building Rating and Labelling Systems	IISBE	Canada, 2004	Este artículo compara los sistemas de certificación sostenibles, valorando los diferentes parámetros de cada uno	Este artículo se utilizó para identificar los vacíos que existen en los sistemas de certificación sostenible
LEED, 2016	LEED	Proceso de certificación LEED	USGBC	USA, 2017	Esta guía de certificación sostenible ponderando diferentes tipologías de impactos, enfocado en la etapa de uso	Este proceso de certificación se enfoca en la etapa de uso, tomando consideración algunos parámetros económicos, sociales, y ambientales. Pero tiene una estrategia de ponderación de resultados que les da mayor importancia al impacto ambiental
SBTool, 2016	IISBE	SBTool	IISBE	Canada, 2016	SBTool es un marco genérico para calificar el desempeño sostenible de edificios y proyectos. También puede considerarse como un conjunto de herramientas que ayuda a las organizaciones locales a desarrollar sistemas locales de calificación SBTool	Este marco genérico se enfoca en la etapa de uso, tomando consideración algunos parámetros económicos, sociales, y ambientales. Pero tiene una estrategia de ponderación de resultados que les da mayor importancia al impacto ambiental
ES-GBC, 2017	GBCe	Proceso de certificación Verde	ES-GBC	España, 2017	Esta guía de certificación sostenible ponderando diferentes tipologías de impactos, enfocado en la etapa de uso	Este proceso de certificación se enfoca en la etapa de uso, tomando consideración algunos parámetros económicos, sociales, y ambientales. Pero tiene una estrategia de ponderación de resultados que les da mayor importancia al impacto ambiental
Well, 2017	Well	The Well Standard	The Well Institut	USA, 2017	Este sistema de certificación valora los niveles de impacto sostenible en la etapa de uso del edificio, especialmente para edificios de oficinas	Este proceso de certificación se enfoca en la etapa de uso, tomando consideración algunos parámetros económicos, sociales, y ambientales. Pero tiene una estrategia de ponderación de resultados que les da mayor importancia al impacto ambiental

<p><b>10.- Unificación de criterios, ASCY - evaluación del impacto Ambiental, Social y Económico; y el equilibrio entre las tres.</b> - Solo se pudo conseguir una investigación que habla de la evaluación de las tres categorías de impactos. Esta investigación plantea algunos de los conceptos explicados en esta investigación, pero no logra llegar a datos concretos, ni a una metodología clara a seguir para la evaluación del ASCV. Sobre todo en el Impacto Social, donde no se plantea una evaluación clara en impacto en la etapa de producción de materiales, a su vez, y no logra llegar a una metodología donde se integren las tres categorías en un mismo resultado final. Por lo tanto, esta investigación llenara ese vacío, identificando los impactos en todo el ciclo de vida, y logrando promediar un resultado final que evidencie el nivel de sostenibilidad del edificio, junto con el posible equilibrio de las tres categorías de impacto - social, ambiental y económico -</p>					
Hernández Sánchez, 2013	Hernández Sánchez, Juan Manuel	Metodología basada en ACV para la evaluación de sostenibilidad en edificios	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona, España, 2013	Esta tesis doctoral, evalúa la posibilidad de obtener un sistema metodológico que evalúe un edificio tomando en consideración el impacto ambiental, económico y social.
UNEP, 2011	Naciones Unidas	Towards a Life Cycle Sustainability Assessment UN Environmental Program	Naciones Unidas	2011	Este documento se explica la metodología de investigación para evaluar el impacto ambiental, social, y económico, tomando en consideración su ciclo de vida aplicando esta metodología a el ámbito de la construcción



# REFERENCIAS:

- (AENOR, 2006). UNE-EN ISO/TS 21931-1:2010. Título: Sostenibilidad en la construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios. Asociación Española de Normalización.
- (Adb Rasid, 2015). Adb Rashid, Ahmad; Yusoff, Sumiani. Título: A review of Life Cycle assessment method for building industry. Editorial. Renewable and Sustainable ENergy Reviews. USA, 2015.
- (Andrés, 2017). Andrés Ortega, Silvia. Título: Tesis Doctoral - Herramientas de evaluación aplicadas a los materiales de construcción en procesos de edificación sostenibles. Editorial: Universidad Europea. Madrid, 2017.
- (Brundtland, 1987). Título: Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427- Development and International Co-operation: Environment. Naciones Unidas. Oxford /Inglaterra. Editorial: Oxford University Press. 1987.
- (BRE, 2008). Building Research Establishment. BRE Global Ltd. Título: BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SD6050. Londres, UK. Editorial: BRE. 2008.
- (CEN, 2016). Título: Comité Europeo de Normalización. Bruselas, 2016. <https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (CYPE, 2016) Título: Generador de precios (2016). Título: Generador de precios. Autor: CYPE Ingenieros. <http://www.generador-deprecios.info/>.
- (Edwards, 2009) Edwards, Brian. Título: Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición ampliada. Barcelona /España. Editorial: Gustavo Gili, 2009.
- (EMPA, 2011) EMPA database, ETH Board, Federal Council, Switzerland (on-line access between March 2011 -November 2012). / [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*/54731/---/l=2h](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/54731/---/l=2h).
- (EnerBuilCa, 2012). EnerBuilCa. Título: Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings. Revisado: 20.04.2013. <http://www.enerbuilca-sudoe.eu/>.
- (EU, 2016) Título: Directive of the European Parliament and of the council. Amending directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings. Publicado por: European Union. Bruselas, 2016. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_en\\_act\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v10.pdf).
- (Gonçalves, 2004) Gonçalves, Artur Jorge de Jesús Título: El análisis de ciclo de vida y su aplicación a la arquitectura y al urbanismo, trabajo desarrollado en la asignatura Por una ciudad más sostenible. El planeamiento urbano frente al paradigma de la sostenibilidad del Doctorado en Ciudades, Periferias y Vitalidad Urbana. Madrid: ETSAM, 2004.
- (Herdriksen, 2011) Herdriksen, Ole J, Título: Doble Skin Facades- Fashion or a step towards sustainable buildings. Pag we: [http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01\\_Ole\\_Juhl\\_Hendriksen\\_Double\\_Skin\\_Facades\\_Fashion\\_or\\_a\\_step\\_.pdf](http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01_Ole_Juhl_Hendriksen_Double_Skin_Facades_Fashion_or_a_step_.pdf). Denmark, 2011.
- (ICE, 2008) Título: ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/serf/> (on-line access between March 2011 - November 2012).Hammond,G.P.and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and!carbon in construction materials, Proc. Instn Civil.Engrs: Energy, in press.
- (ISO, 2006) AENOR. Título: UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Asociación Española de Normalización. España, 2006.
- (ITEC, 2006) Título: Manteniment del'edifici. Fitxes. Publicado por el ITEC, 2006. <http://docs.itec.cat/c/DicPla.4.0.Cat.Manual.pdf>
- (Jourda, 2012). Jourda, Françoise-Helene. Título: Pequeño Manual del Proyecto Sostenible. Barceona., España. Gustavo Gili, 2012.

# REFERENCIAS:

- (LEED, 2016). USGBC. LEED Sustainable certification system. Editorial: USGBC. USA, 2016.
- (Linares, 2009) Linares, Rubén. Título: Estudio del empleo de cubiertas vegetales temporales para la regulación de régimen hídrico, crecimiento y manejo sostenible del viñedo. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España, 2009.
- (López-Mesa, 2013) López-Mesa, Belinda. Huecda, P. Título: Review of tools to assist in the selection of sustainable building assemblies. Editorial: Informes de la Construcción. España, 2013.
- (Olgay, 2010) Olgay, Victor. Título: Arquitectura y Clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona/España: Editorial Gustavo Gili, 2010.
- (Pardal, 2010) Pardal, Cristina. Título: La Hoja Interior de la Fachada Ventilada. Análisis, Taxonomía y Prospectiva. Tesis Doctoral, Escuela técnica superior de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelo, España, 2009.
- (SAAs, 2008) Título: Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilidad. Revisado el 2014 <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar/>.
- (Sánchez, 2011) Sánchez Ana, Gutiérrez Otiz. Título: Fachadas, cerramientos de edificios. Madrid / España: Editorial el Duende. 2011.
- (SBTool, 2016). IISBE. SBTool. Editorial: IISBE. Canada, 2016.
- (SETAC, 2012) Título: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) 2012. <http://www.setac.org/>.
- (SO, 2006) Título: Societat Organica. Revisado: 2014 <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>.
- (Sturgis Carbon Profiling, 2016) Cheung, Leo; Farnetani, Mirko de Sturgis Carbon Profiling. Título: Whole-Life carbón: Wellbeing. Revista: Building.co.uk. 2016.
- (UN\_CED, 1992). Título: UN Agenda 21 de Rio. <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/>.
- (UN\_CMDS, 2002). Título: UN Cumbre Mundial sobre desarrollo sostenible de Johannesburgo. [http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp\\_PD.htm](http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm).
- (UN\_COP21, 2015) Título: UN Climate Change Conference, Paris 2015. <http://www.cop21paris.org/>.
- (UN\_HABITAT, 1978) Título: UN\_HABITAT for a better urban future. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de recursos (1978). Título: UN\_HABITAT. Revisado: 03.20.2012. <http://www.unchs.org/>. 1978.
- (UNEP, 2011) Título: Naciones Unidas. Título: Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. UN Environmental Program, 2011. <http://www.lifecycleinitiative.org>.
- (U.S. Energy Information Administration, 2010). Título: Annual Energy Outlook 2010, with projections to 2035. 2010.
- (Varios, 2009) Cuchí, Albert; Sagrera, Albert; López, Fabian; Wadel, Gerardo. Título: 29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, 2009.
- (Varios, 2011) Wittstock, HGantner, Lenz, Saunders, Anderson, Carter, Gyetvai, Kreibig, Braune, Lasvaux, Bosdevigie, Bazzana, Schiopu, Jayr, Nivel, Chevalier, Hans, Fullana, Gazulla, Mundy, Barrow, Sjostrom, IBP, CSTB, ESCI, BRE. Título: EaB Guide. European Commission under FP7. 2011.
- (Varios 2, 2011) Wadel, Gerardo; Alfoso, Pol; Zamora, Joan-Lluís. Título: "Proyecto FB720. Informe sobre el análisis del ciclo de vida de los materiales". Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2011.
- (Verde, 2017). ESGBC. Proceso de certificación Verde. Editorial: ESGBC. España, 2017.
- (WELL, 2017). The Well Institut. The Well Standard. Editorial: The Well Institut. USA, 2017.
- (Zabalza, 2009) Zabalza-Bribian, I; Aranda-Uson, A; Scarpellini, S. Título: Life cycle assesment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment. Building and Environment. USA, 2009.



## **01. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:**

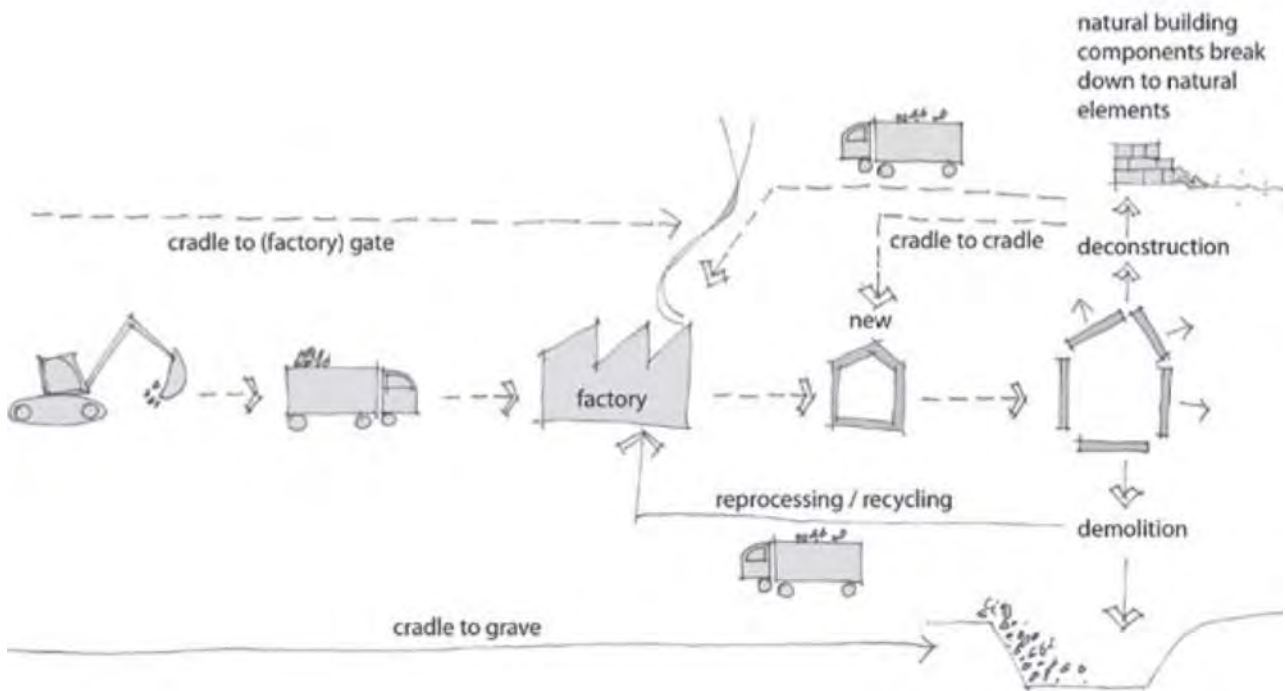
Abstract / Introducción	69
1. Clasificación de los Sistemas Constructivos de Muro Exterior	72
2. Análisis del Ciclo de vida –ACV–	78
3. Análisis Sostenible del Ciclo de vida –ASCV–	105
4. Conclusiones	129

Figura 22\_

**Título:** Procesos de producción de materiales de construcción

**Descripción:** En esta imagen se muestran de manera gráfica los sistemas de producción de materiales de construcción. A su vez e pueden notar lo que representa los ciclo de la cuna a la cuna, y de la cuna a la puerta

**Fuente:** Pelsmakers, 2014



# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

## ABSTRACT

### CASTELLANO:

Para esta investigación se plantea una metodología que busca evaluar las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible –ambiental, económico y social–, tomando en consideración el ciclo de vida del edificio. Como caso de estudio se seleccionaron diferentes tipologías de muro exterior. Para ello, primero se clasificarán los diferentes sistemas constructivos de fachada, tomando en consideración los procesos físicos que intervienen en el desempeño sostenible de la envolvente vertical opaca. Luego se realiza un estudio del Análisis Sostenible del Ciclo de vida – ASCV– de una selección de tipologías de fachada. Por último, se analizarán de manera comparativa los resultados que genera dicha investigación, comparando el impacto ambiental, económico y social de cada tipología.

Con esta metodología lo que se busca es generar un modelo de cálculo abierto, en el que cada fase del proceso sea de fácil verificación, creando veracidad en el sistema. Presentando a su vez un modelo de evaluación que sea posible reproducir en otra investigación; sobre otros elementos arquitectónicos, y/o edificios completos.

*Palabras Clave: metodología, investigación, análisis del ciclo de vida*

### ENGLISH:

For this research, it proposes a methodology that seeks to evaluate the three categories of the Sustainable Development impact - environmental, economic and social- considering the building life cycle. There were selected different types of external walls as study case. First, there will be classified the different building systems, taking into consideration the physical processes involved in the sustainable performance of the opaque vertical envelope. Then, we make a study of the Life Cycle Sustainable Assessment (LCSA) from a selection of facade typologies. Finally, the results produced by this research, shall be evaluated in a comparative way, the results produced by this research, comparing the environmental, economic and social impact of each typology.

With this methodology, it is required to generate an open calculation model, where each phase of the process is easy to verify, creating reality in the system. Presenting an evaluation model that can be reproduced in another research; on other architectonic elements, and / or complete buildings.

*Key words: methodology, research, life cycle analysis*

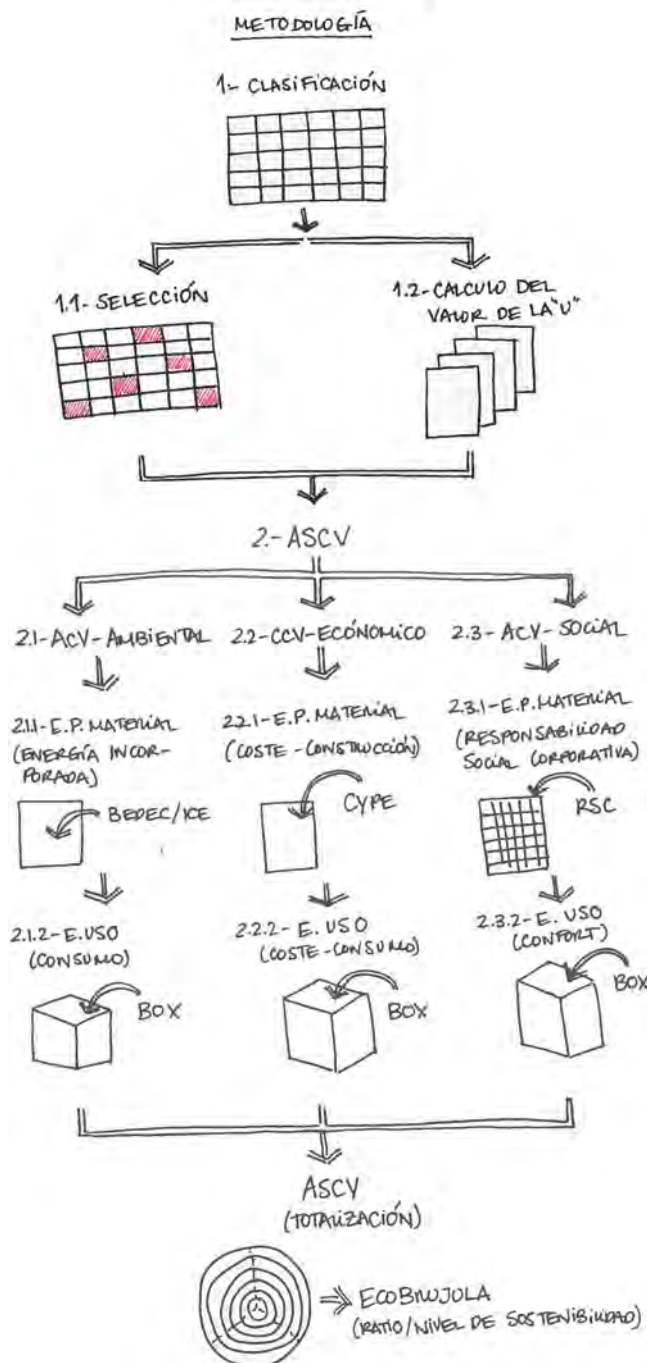
Figura 23\_

**Título:** Metodología de la investigación – análisis más valoración –

**Descripción:** Por medio de este gráfico se explica de manera resumida la metodología de investigación planteada como parte de este estudio.

Explicando gráficamente los componentes y los pasos a seguir para aplicar esta metodología a investigaciones futuras.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

La metodología que se va a aplicar a esta investigación es producto de una exhaustiva búsqueda de un sistema de análisis que evalúe por completo el concepto de Sustentabilidad, teniendo como base la Triada de la Sustentabilidad –ambiental, económico y social– (Figura 23), buscando un sistema que se pueda aplicar al ámbito de la construcción, evaluando desde elementos arquitectónicos hasta edificios completos, y obteniendo como resultado una visión global que explique el impacto que dicho producto genera en el ámbito ambiental, económico y social, y obteniendo un índice real del nivel de sustentabilidad de dicho elemento.

Este sistema de análisis junto con las pautas de diseño para proyectistas, es la contribución más importante que tiene esta investigación. Es una metodología flexible que puede ser aplicada a futuras investigaciones sobre cualquier elemento arquitectónico o edificio, ubicado en cualquier tipo de clima en el mundo. Este sistema de evaluación consiste en la integración entre clasificaciones, comparativas, simulaciones y análisis técnicos, en este caso sobre los diferentes sistemas constructivos de envolvente vertical opaca característicos del sector de la construcción en el momento en que se desarrolló esta investigación.

Los aportes tangibles son muy variados, y se listarán a continuación:

- Clasificación – nueva mirada –
  - Cuadro de clasificación de sistemas de construcción de envolvente vertical opaca
  - Tabla de clasificación de sistemas constructivos
  - Clasificación de sistemas activos y pasivos
  - Cuadro de clasificación de materiales de aislamiento e inercia térmica
  - Fichas técnicas de sistemas constructivos seleccionadas
  
- Metodología ASCV simplificado –ambiente, social y económico–
  
- Metodología de cálculo de ratio de sostenibilidad – Eco Brújula–
  
- Datos comparativos entre tipologías
  
- Sistema de evaluación de impacto social, responsabilidad corporativa
  
- Pautas de diseño para proyectistas



Figura 24\_

Título: Formato de cuadro de clasificación

Descripción: Ejemplo de formato de cuadro resumen de clasificación, es cual se explicará en el capítulo 03 de este documento

Fuente: Imagen creada por autor de documento

## 1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MURO EXTERIOR

La clasificación propuesta unifica criterios entre sistemas constructivos, aplicación de materiales y procesos físicos, que nos ayudarán a determinar el funcionamiento de los sistemas de envolventes verticales en términos de su desempeño sostenible (Figura 25 y 24).

Tomando como punto de partida las organizaciones y clasificaciones existentes para sistemas de muro exterior, se introducirán una serie de filtros para analizar la forma en que estos sistemas se comportan físicamente para reducir el impacto ambiental del edificio. A raíz de este análisis se creará una nueva clasificación que incorpore las conclusiones de esta parte de la investigación, y unifique los criterios existentes.

A su vez, se investigará sobre los sistemas pasivos o activos que acompañan a los muros exteriores. Estos sistemas generalmente tienen un gran aporte para mejorar el desempeño de la fachada como un elemento integral del edificio, por lo tanto, se tienen que tomar en cuenta para este análisis.

Esta parte de la investigación se resumirá en una clasificación de los diferentes sistemas constructivos enfocados en su aportación en términos de sostenibilidad, y de su contribución para reducir el impacto ambiental que el edificio genera.

Envolventes Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire
Clasificación de tipologías de envolvente opaca	A Sist. Const. Monohoja	A.1 Sin Inercia	B.1.1 Sin Aislamiento	B.1.1.1 Sin Cámara de aire
		A.2 Con Inercia	B.1.2 Con Aislamiento Interior	B.1.1.2 Con Cámara de aire ventilada
				B.1.1.3 Con Cámara de aire no ventilada
		B.1.2	B.1.2.1 Sin Cámara de aire	B.1.2.1.1 Sin Cámara de aire ventilada
				B.1.2.1.2 Con Cámara de aire ventilada
				B.1.2.1.3 Con Cámara de aire no ventilada
				B.1.2.1.4 Sin Cámara de aire
		B.1.3	B.1.3.2 Con Cámara de aire ventilada	B.1.3.2.1 Sin Cámara de aire
				B.1.3.2.2 Con Cámara de aire no ventilada
		B.1.3	B.1.3.3 Con Cámara de aire no ventilada	B.1.3.3.1 Sin Cámara de aire
				B.1.3.3.2 Con Cámara de aire ventilada
		B Sist. Const. Multihoja	B.1 Sin Inercia	B.1.4 Con Aislamiento Exterior
	B.1.4.2 Con Cámara de aire ventilada			
	B.1.4.3 Con Cámara de aire no ventilada			
	B.2.1 Sin Aislamiento			
	B.2.2 Con Aislamiento Interior			
	B.2.3 Con Cámara de aire no ventilada			
	B.2 Con Inercia		B.2.3 Con Aislamiento Central	B.2.3.1 Sin Cámara de aire
				B.2.3.2 Con Cámara de aire ventilada
				B.2.3.3 Con Cámara de aire no ventilada
				B.2.4 Con Aislamiento Exterior
				B.2.4.1 Sin Cámara de aire
				B.2.4.2 Con Cámara de aire ventilada
	B.2.4.3 Con Cámara de aire no ventilada			
B.2.4.4 Sin Cámara de aire				

Legend:	Monohoja	Sin inercia	Sin Aislamiento	Sin Cámara de aire
	Multihoja	Con inercia	Con Aislamiento Interior	Con Cámara de aire ventilada
			Con Aislamiento Central	Con Cámara de aire no ventilada
			Con Aislamiento Exterior	Con Cámara de aire no ventilada



Tabla 01\_

**Título:** Ejemplo de tabla Tipologías seleccionadas  
**Descripción:** La siguiente tabla explica la selección de las tipologías base y los materiales que las componen  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 26\_

**Título:** Ejemplos de fichas de tipologías de sistemas constructivos  
**Descripción:** Ejemplo de formato de ficha de estudio. Con este formato se busca seguir la misma estructura de estudio para analizar las tipologías seleccionadas y generar datos comparativos. Estas fichas de estudio se pueden encontrar en el Capítulo 03 de este documento  
**Fuente:** Tabla creada por autor de documento

TIPOLOGIAS					
Componentes y materiales de las tipologías analizadas					
	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	355 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
aislante térmico	-	EPS	-	EPS	EPS
Cámara de Aire	-	-	Aire Ventilada	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-
Aislamiento térmico	-	EPS	-	-	-
Hoja Interior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior	-	-	-	-	-

Tabla 01\_

### B.2.3.2 - Envoltente con inercia térmica; aislamiento térmico; y cámara de aire ventilada

**Composición del Sistema:**

**6- Acabado / Revestimiento**  
**1- Hoja exterior**  
**Requisito térmico:** Esta capa del sistema es la que está expuesta a mayores oscilaciones y la que tiene contacto directo con el ambiente exterior. Por lo tanto es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad. A su vez, esta capa del sistema es la que le da el carácter estético al edificio. Esta hoja se soporta por medio de una subestructura que se encuentra colgada de la estructura principal del edificio.  
**Requisito sostenible:** Al ser la primera capa del sistema parte de la radiación solar se refleja, esta reflexión depende del color que tenga el material del revestimiento exterior.

**2- Cámara ventilada**  
**Requisito térmico:** Esta cámara generalmente es un espacio ventilado dentro de la solución constructiva. Las dimensiones de este espacio ventilado dependen de la solución constructiva. Esta cámara se estructura dentro del espacio libre que deja la subestructura de la hoja exterior.  
**Requisito sostenible:** Esta cámara reduce el intercambio de energía con el ambiente exterior, con el estanco, y ventila la fachada, generando un refrescamiento de la misma. En verano actúa como dissipador de calor, evitando el sobrecalentamiento. En invierno el aire que ventila en la cámara está calentado y por lo tanto la temperatura es mayor a la del ambiente exterior, esto ayuda a controlar el intercambio de energía del edificio.

**3- Lámina antiimpermeable**  
**Requisito térmico:** Su colocación depende del tipo de material aislante que utilice el sistema, esta capa protege al aislamiento térmico contra la humedad para garantizar su durabilidad.  
**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el riesgo de humedades en el espacio interior generadas por condensaciones interzonales en el muro exterior. Esto contribuye para reducir riesgos de problemas de salud que ayudan a mejorar el Impacto Social que puede tener el edificio. A su vez, al tener una capa que reduce el riesgo de condensaciones, reducimos la necesidad de reemplazo o trabajos de mantenimiento, extendiendo la vida útil del muro exterior.

**3- Aislamiento térmico**  
**Requisito térmico:** Esta capa utiliza un material con una elevada resistencia térmica, con el propósito de reducir el flujo de energía a través de los componentes en los que se incorpora. Esta resistencia térmica se relaciona con la conductividad del material y el espesor del mismo. La misma se soporta por medio de un sistema de enclaje el cual asegura este material a la hoja interior del sistema. Los elementos utilizados para el enclaje suelen ser de materiales aislantes para evitar que haya conductividad térmica por medio de ellos.  
**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el intercambio de energía que tiene el cerramiento, evitando que el ambiente interior y el exterior equilibren su calor. Al estar ubicada antes de la hoja interior, este tipo de material puede aportar más sobre el impedimento del intercambio de energía, ya que tiene contacto primero con el calor que trata de equilibrar desde el ambiente exterior al interior que los otros capas del cerramiento, retardando su intercambio.

**3- Hoja Interior**  
**Requisito térmico:** Esta capa es la que le da el acabado final al espacio interior, es la última capa del sistema. Con esta capa también se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Puede ser de un material pesado o ligero, y según el tipo de material puede tener capacidad frente o no. La hoja interior es autoestable, apoyada de la estructura principal del edificio.  
**Fundamentación sostenible:** Esta capa garantiza el confort térmico del ambiente interior del edificio. Dependiendo del tipo de material del cual está compuesta si hace, puede servir como acumulador de energía por medio de la inercia térmica que tenga el mismo.

**4- Revestimiento interior**

**Información Técnica:**

**Reporte:** Frente a las cargas horizontales la hoja exterior está conectada a la capa interior por los flejes para transmitir los empujes. Dos capas están compuestas por material rígido, son estructurales. Dependiendo de la composición del mismo. La capa de la cámara de aire ventilada necesita una subestructura para estabilizar el espacio interior.

**Confort:** Este sistema garantiza el confort térmico de las espacios interiores del edificio por medio de la utilización del material aislante térmico, mediante el cual se retrasan los intercambios de energía entre el espacio interior y el ambiente exterior.

**Otro elemento que ayuda al control del confort térmico es que la hoja interior está compuesta por un material con inercia térmica, esto permite que se utilice esta capa para amortiguar la energía del ambiente exterior. Es necesario aclarar que si el aislamiento interior estuviera ubicado hacia el exterior del sistema, esta tipología no podría utilizar a su favor la masa térmica de la hoja exterior, porque el aislamiento impediría que la energía amortiguara entrara al ambiente interior.**

**Compatibilidad:** Esta tipología está compuesta por dos hojas pesadas con una capa central de aislamiento térmico y la cámara de aire. Los materiales que pueden intervenir en la composición de este sistema constructivo es muy variado.

**Comportamiento Térmico:**

**INVIERNO**  
 En invierno es la propia fachada ventilada la que actúa como un acumulador de calor, evitando así la pérdida de temperatura del edificio. A su vez, la estructura del edificio puede estar de las verticales de temperatura del ambiente exterior.  
 Dentro de la cámara ventilada, si bien hay cierta ventilación, el aire que ventila dentro de la cámara está calentado y por lo tanto la temperatura es mayor que la del ambiente exterior, ya que ayuda para controlar el intercambio de energía entre el ambiente exterior y el interior.  
 El aislamiento térmico situado en la cara exterior de la hoja interior evita que la energía de la cámara ventilada. Esto hace que la energía de la hoja interior se desplace hacia el espacio interior. La energía térmica del espacio interior calienta la hoja interior. La hoja interior funciona como acumulador de energía con su inercia térmica dependiente de la capacidad térmica que tenga el material de esta capa, y radianste posteriormente a su alrededor.

**VERANO**  
 La radiación solar incide en la hoja exterior. Parte de la radiación se refleja, en función del color de la hoja exterior. Parte de la radiación la absorbe la hoja exterior, que se calienta, y vuelve a emitir la energía hacia dentro como hacia fuera. A su vez, el tener la hoja exterior soportada del aislamiento térmico, que se ubica sobre las capas que están más en contacto con el ambiente interior esto hace que la inercia térmica de la radiación solar no tenga tanto efecto en el calentamiento de energía del ambiente interior.  
 El aire de la cámara ventilada caliente baja descendiendo y volviendo a calentarse al estar en contacto con la cámara. Este aire caliente se mueve, también se enfría con el parte de la carga térmica. Cuando como dispositivo de aire, funciona de por efecto chimenea. Evita el sobrecalentamiento de, impidiendo el intercambio de energía entre el interior y el exterior. El aislamiento térmico disminuye el paso de la energía resistente a su través, hasta a la hoja interior.

Figura 26

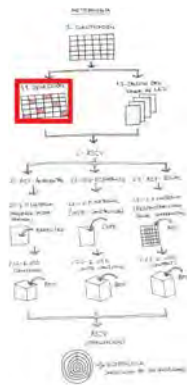


Figura 27\_

Figura 27\_

**Título:** Metodología de la investigación. Paso 1.1

**Descripción:** En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 28\_

**Título:** Volumen del edificio vs el área de Muro Exterior

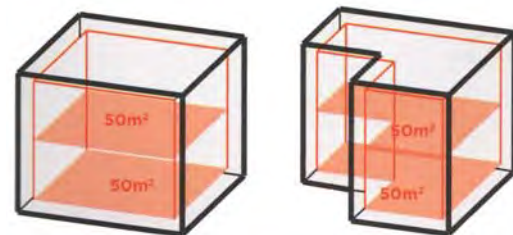
**Descripción:** En estas imágenes se estudian diferentes opciones de diseño del edificio con la misma área vendible, pero con diferente área de superficie exterior, teniendo de esta manera potencial mayor de pérdidas de energía por medio de la fachada

**Fuente:** Lewis, 2014

## b. Caso de Estudio: Selección de los sistemas constructivos que se van a analizar en profundidad

Luego de tener definida esta clasificación se seleccionaron cinco tipologías (Tabla 01) tomando en consideración primero los sistemas constructivos que más se utilizan en el ámbito de la construcción de España, y segundo, los sistemas constructivos que arrojarían datos comparativos más interesantes, teniendo una tipología que caracterice cada proceso físico que interviene en la envolvente vertical, y tomando en consideración todos los parámetros físicos que se clasificaron en el paso anterior (Figura 27).

Para este nivel del análisis se desarrollaron unas fichas de estudio sobre cada tipología seleccionada (Figura 26), concentrándose en definir su comportamiento en invierno y verano, su función en términos de sostenibilidad, y definiendo la importancia de cada capa del sistema constructivo. Igualmente se analizó la aportación técnica que tiene cada una de las tipologías, tomando en consideración sus contribuciones tanto en verano como en invierno, y las características técnicas que le brinda el material de cada capa de la envolvente al sistema (Figura 28).

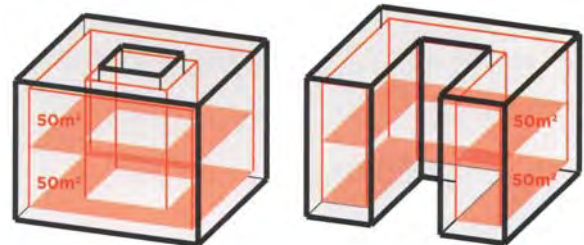


**Cuboid**

External surface area = 356m<sup>2</sup>  
TFA = 100m<sup>2</sup>  
Ratio = 3.6  
(A/V = 1.2)

**L-shaped**

External surface area = 394m<sup>2</sup>  
TFA = 100m<sup>2</sup>  
Ratio = 3.9  
(A/V = 1.3)



**Courtyard**

External surface area = 492m<sup>2</sup>  
TFA = 100m<sup>2</sup>  
Ratio = 4.9  
(A/V = 1.6)

**U-shaped**

External surface area = 524m<sup>2</sup>  
TFA = 100m<sup>2</sup>  
Ratio = 5.2  
(A/V = 1.8)

Figura 28\_

Figura 29\_

**Título:** Ejemplos de calculo de valor de la U  
**Descripción:** En esta imagen se ejemplifica los calculos que se realizaron de valores de tranmitancia térmica de las tipologías seleccionadas  
**Fuente:** Cálculo realizado por la autora de este documento, para más información ir al apendice

Tabla 02\_

**Título:** [Transmitancia del elemento  
**Descripción:** Esta tabla estipula el valor total de transmitancia del muro exterior de las nuevas edificaciones siguiendo los lineamientos del CTE DBHE 2016 (CTE DBHE, 2016).  
**Fuente:** CTE DBHE, 2016

Tabla 03\_

**Título:** Listado de Materiales a estudiar  
**Descripción:** En la siguiente tabla se identifican las lista de los materiales que componen los sistemas constructivos que se van a estudiar a profundidad  
**Fuente:** Tabla creada por autor de documento

**BuildDesk U 3.4**

Documentation of the component 31. August 2016  
 Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946 Page 1/2  
 Source: own catalogue - External walls  
 Component: EW - B.2.3.2

INSIDE

Assignment: External wall

Manufacturer	Name	Thickness [m]	Lambda [W/(mK)]	Q number	R' [m²K/W]
1	Rse				0.0400
Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770		0.1325
2	BS EN ISO 6946				0.0500
Generic Building Materials	Slightly vent. air layer (90 mm, hor. heat flow)	0.1000	1.111		0.0900
3	Generic Building Materials	Expanded polystyrene (EPS) - Variable thickness	0.1300	0.040	3.2500
Generic Building Materials	Vertical Twist stainless steel No.1m²	2.51m²	17.000		-
Fixings	equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800				
Air gaps	Level 1: dL = 0.01 W/(m²K)				
4	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	0.1821
Rsi					0.1300

$R_s = R_{se} + \sum R_i + R_{si} = 3.82 \text{ m}^2\text{K/W}$

Correction to U-value for according to delta U [W/(m²K)]

Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.016
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.007

$U = 1/R_s + \sum \Delta U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Legend:  
 0 - The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following  
 A - Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party  
 B - Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party  
 C - Data is entered and validated by the manufacturer or supplier  
 D - Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.  
 E - Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

U<sub>total</sub> = 0.30 W/(m²K) U = 0.29 W/(m²K) R<sub>T</sub> = 3.82 m²K/W

Source of data value: England and Wales Approved Document L1A:2010 Tab 2 Dwellings New  
 Calculated with BuildDesk 3.4.3

Figura 29\_

**Tabla E.1. Transmitancia del elemento [W/m² K]**

Transmitancia del elemento [W/m² K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U <sub>M</sub>	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U <sub>S</sub>	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U <sub>C</sub>	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U<sub>M</sub>: Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 U<sub>S</sub>: Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)  
 U<sub>C</sub>: Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla 02\_

Tipo de Material	Materiales Bases	Materiales Alternativos
Material Aislante Térmico	EPS	Lana Mineral Fibra de Madera
Material con Inercia Térmica	Arcilla Térmica	Hormigón Celular
Material Estructurante	Madera Contrachapada	
	Bloque prefabricado de Hormigón Ladrillo ceramico de arcilla	

Tabla 03\_

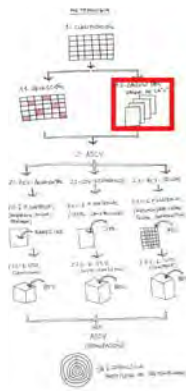


Figura 30

**Título:** Metodología de la investigación. Paso 1.2

**Descripción:** En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

### c. Supuestos y Limitaciones: Cálculo del valor de la U de los sistemas constructivos seleccionados

En esta etapa de la metodología se identificó la importancia de estandarizar el cálculo. Aunque las tipologías de muro exterior seleccionadas son diferentes unas de otras, hay que identificar unos valores comunes para todas para que de esta manera la comparativa entre todas las tipologías sea válida (Figura 30).

Por lo tanto, se decidió estandarizar los materiales que componen cada tipología. Tomando en consideración que hay una ilimitada cantidad de materiales constructivos que pueden utilizarse para realizar cada uno de los sistemas de construcción, se hizo una selección de los materiales base que componen estos sistemas para esta investigación. Así se estandariza el estudio (Tabla 03) y los datos que arroje pueden ser comparados. Para esto se estudiaron los parámetros del mercado de la construcción de España, y se seleccionaron materiales que son de fácil adquisición en el país y que, a su vez, nos permitieran llegar al valor de la U (Figura 29) correspondientes para cumplir con los parámetros del CTE (CTE DBHE, 2016).

Luego de estandarizar los materiales que componen cada tipología se buscó que cada opción del sistema constructivo cumpliera con los valores de transmitancia

térmica recomendados por el Código Técnico de la Edificación de España —CTE—. Se tomó la decisión de igualar el valor de la U (Apéndice 7-a), haciendo que las cinco tipologías cumplan con los parámetros del CTE, para de esta manera generar valores comparativos y verificables.

Para esta etapa se tomó en consideración las recomendaciones planteadas en el documento del CTE DBHE 2016 (CTE DBHE, 2016). En dicho documento se estipulan los niveles de transmitancia y valores de la U recomendable para los muros exteriores localizados en cada zona climática en España. Siguiendo los parámetros de la tabla B.1 del mismo CTE DBHE 2016 (Tabla 02), la zona climática de Barcelona es C2. Luego se consideraron los datos de la tabla E.1, donde el documento estipula que el valor máximo de la U recomendado de los muros exteriores es 0.29 W/m<sup>2</sup>K.

Luego de tener el valor máximo de transmitancia que debemos aplicar en los sistemas constructivos de muro exterior para una construcción localizada en Barcelona, se calculó el valor de la U de las 5 tipologías seleccionadas (Apéndice 7-a), igualando el valor de la transmitancia a 0.29 W/m<sup>2</sup>K.

Para igualar este valor, se seleccionaron diferentes materiales que proporcionarían las propiedades físicas con las que funcionan cada uno de los sistemas constructivos, permitiendo a la misma vez que el valor de

transmitancia sea igual o similar a  $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ . A su vez, se calcularon diferentes opciones de mejoras para cada tipología, utilizando diferentes materiales para de esta manera generar más datos comparativos.

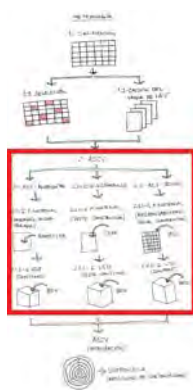
Con esto se establecen los parámetros base del muro exterior, como elemento constructivo sobre el cual se enfoca esta investigación, y sólo se cambian los parámetros de la envolvente opaca. Produciendo de esta manera datos comparativos entre estos sistemas, y pudiendo concluir cuál de ellos es más óptimo para el tipo de clima y la tipología de edificio que estamos estudiando, tomando en consideración el nivel de sostenibilidad de cada tipología.

## **2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA - ACV -**

Para poder realizar un ASCV tenemos primero que definir cómo hacer un ACV, cuáles son los pasos a seguir, las etapas del ciclo de vida que se van a analizar, las herramientas a utilizar, los alcances del sistema, etc. Luego de tener definido esto se aplicará dicho sistema de evaluación a cada análisis que se haga sobre cada tipología y cada categoría de impacto, y de esta manera se obtendrá un ASCV. Durante este capítulo se explicarán las limitaciones y el sistema que se definió para hacer un ACV para cada tipo de impacto (Figura 31).

En esta fase de la investigación se utilizan como caso de estudio las tipologías seleccionadas en la etapa anterior, haciendo análisis comparativos entre las mismas. El modelo de análisis para esta fase está localizado en el clima mediterráneo de la ciudad de Barcelona —C2 en el CTE— (CTE DBHE, 2016). A pesar de que los cálculos de esta investigación están enfocados en el elemento de muro exterior, y está localizada en la ciudad de Barcelona, la metodología que se ha ideado es flexible y se puede aplicar a cualquier elemento arquitectónico, incluyendo un edificio completo, y a su vez se puede basar en cualquier clima o ciudad del mundo. Haciéndolo de esta manera una herramienta aplicable para investigaciones futuras en el mismo campo.

El tipo de ACV que se va a hacer es un ACV simplificado, definido en el documento desarrollado por la Comunidad Europea llamado EaB Guide. “Un estudio de ACV simplificado puede llevar a cabo una evaluación rápida de un edificio o de un producto. El reto consiste en adaptar la metodología del ACV y simplificar su uso [...]. Con un ACV simplificado, se aplica un enfoque pragmático a un edificio o producto. Se hacen posibles los estudios basados en la información que ya está disponible, por ejemplo, en el proceso de planificación. El ACV simplificado encuentra en algún lugar entre el ACV de detección y el ACV completo. Puede



ser adaptado por las partes interesadas de un edificio —por ejemplo, la empresa de construcción o el ingeniero de diseño—, y en una determinada fase del proceso de planificación de la obra. Por ejemplo, si una empresa de construcción lleva a cabo un ACV simplificado, datos más precisos se pueden utilizar para los impactos relacionados en el lugar, pero el estudio todavía puede confiar en las definiciones del ACV simplificado para las otras etapas del ciclo de vida” (Varios, 2011). El enfoque del ciclo de vida ayuda a tomar decisiones basadas en datos científicos que miran con rigor todo el impacto que genera el edificio.

### a. Alcances del sistema

Luego de especificar qué tipo de ACV se va a realizar, que en este caso es un ACV simplificado, se necesita especificar los alcances del sistema. Siguiendo la directriz de la ISO 14040:2006 (ISO, 2016) y de la ISO 21929-1:2015 (ISO, 2015), se identificaron las etapas del ciclo de vida en las que se enfocó la evaluación (Figura 32).

Es necesario aclarar que la metodología que se explica es flexible y se puede aplicar a otros tipos de ACV y se puede extender a analizar todas las etapas de un ciclo de vida o a estudiar edificios completos o diferentes elementos arquitectónicos.

En esta investigación se van a analizar la etapa de producción de materiales —A01, A02 y A03— y la etapa de uso —B01 y B06—. Este estudio se concentra en esas etapas del ciclo de vida únicamente ya que son las fases que tienen mayor impacto (Figura 33) (Apéndice 02), representando aproximadamente el 95% del mismo (Varios, 2009).

La razón por la cual se toma la decisión de excluir de esta investigación las etapas de construcción y de derribo, es porque entre las dos representan a nivel estadístico un 5% aproximadamente del total del impacto que puede tener un edificio en todo su ciclo de vida, por lo tanto, no afectaron los datos comparativos finales entre cada tipología (Varios, 2009). Esta decisión se tomó porque el análisis que se realiza es un ACV-Simplificado, por lo tanto sólo se necesita concentrarse en las etapas del ACV que tienen un porcentaje de impacto importante ya que son las que pueden generar tendencias y resultados comparativos significativos para este tipo de estudio.

La segunda limitante del sistema es la exclusión de los materiales de revestimiento, tomando como decisión concentrarnos en los materiales que componen los sistemas constructivos que tienen mayor prioridad a nivel estructural y físico. La cantidad de opciones de materiales de



Figura 32\_

**Título:** Etapas de un Análisis del ciclo de vida según la ISO 14040-2006.

**Descripción:** En esta imagen se pueden ver las categorías y sub-categorías de etapas que la ISO 14040-2006 describe. A su vez, se explica el porcentaje promedio de impacto sobre el total del ciclo de vida de cada etapa. También se explica cuales etapas representan energía y emisiones de CO2 incorporadas a los materiales y cuales representan la operación del uso del edificio, siendo estas últimas las más estudiadas por las diferentes normativas, certificaciones, etc.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

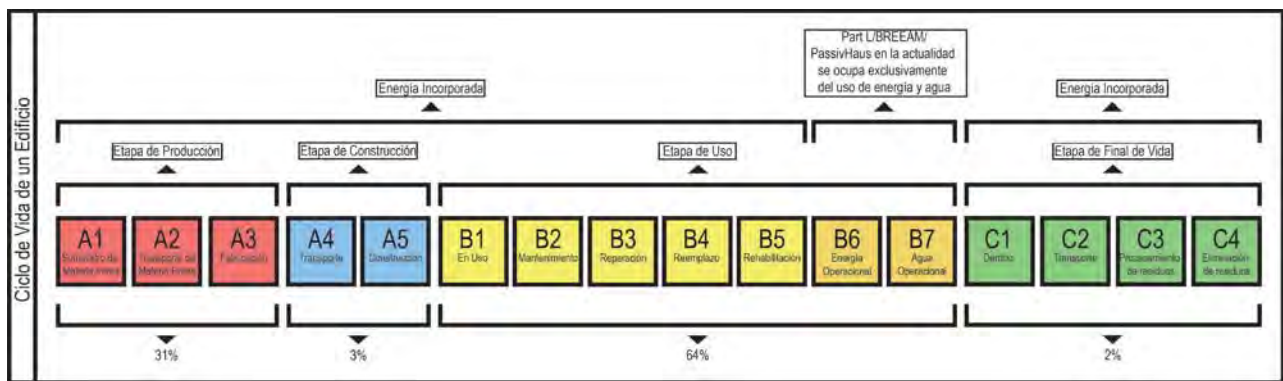


Figura 33\_

**Título:** Límites del Sistema.

**Descripción:** En esta imagen se resaltan en color rojo las etapas en las que se va a enfocar esta investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 32\_

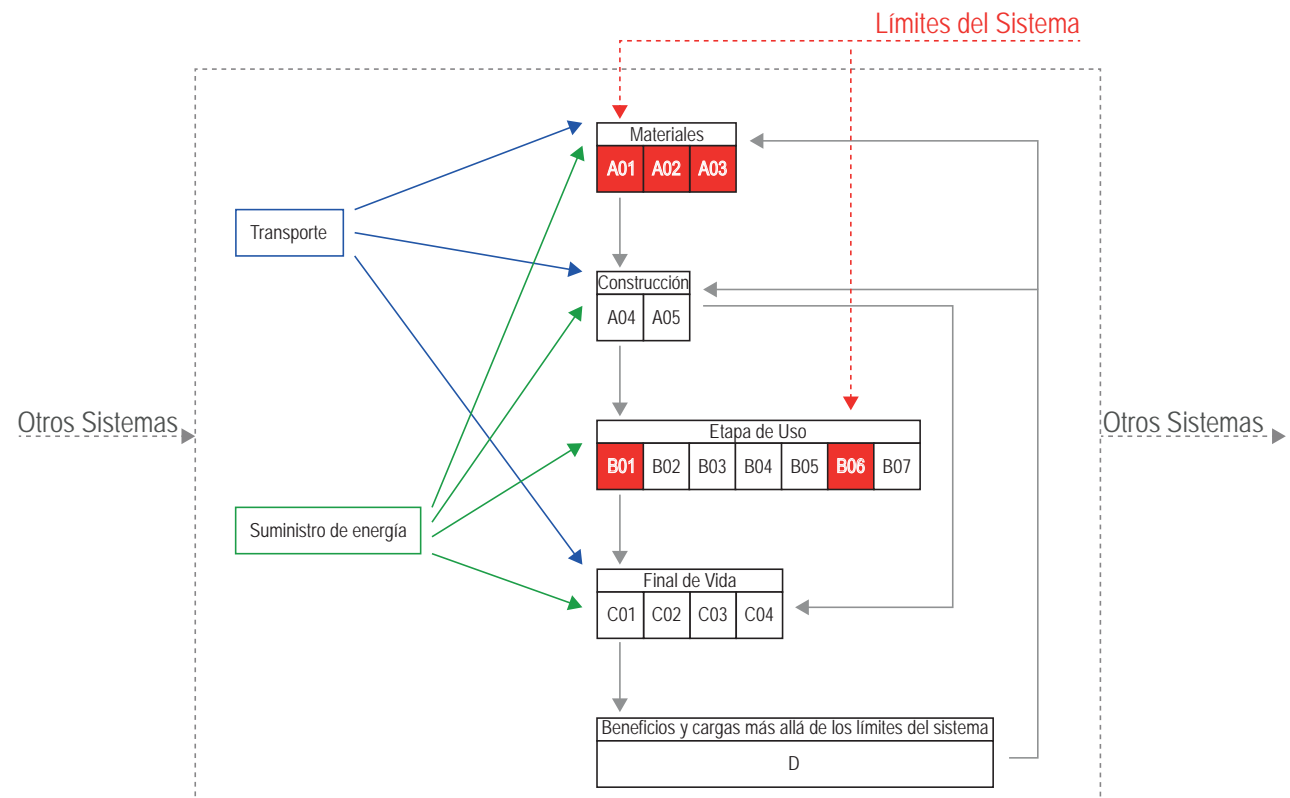


Figura 33\_

Tabla 04\_

Material	Espectativa de Vida Util
Arcilla Térmica	100
Hormigón Celular	100 +
Madera de Contra Enchapado (Plywood)	100
Aislamiento EPS	100 +
Aislamiento Lana Natural	100 +
Aislamiento Fibra de Madera	100 +
Bloque de Arcilla	100 +
Bloque de Concreto	100 +
Concreto In-situ	100

**Título:** Datos de la etapa de Mantenimiento.

**Descripción:** La siguiente tabla explica la vida útil promedio de cada material que interviene en la composición de los sistemas constructivos de muro exterior seleccionados para esta investigación. Se puede identificar como los promedios de vida útil de cada material superan la vida útil promedio del edificio de estudio

**Fuente:** ITEC, 2006

revestimiento tanto interior como exterior que se pueden conseguir en el mercado de la construcción de España, hace que las opciones sean infinitas. Por lo tanto, al excluir dichos materiales podemos simplificar el sistema de selección de las cinco tipologías de fachadas que se estudiarán a profundidad.

Otra de las limitantes del sistema de investigación es la excepción del impacto generado en la etapa de uso por trabajos de mantenimiento, reemplazo o reparación de elementos constructivos. Al estudiar la vida útil de los materiales que intervienen en la composición de los sistemas de muro exterior que se van a analizar, se puede verificar que los trabajos de mantenimiento, reemplazo y/o reparación no generan impacto durante el periodo de vida útil del edificio que se está analizando en esta investigación (ITEC, 2006).

Todos los materiales que componen los sistemas constructivos que se van a estudiar en esta investigación tienen una vida útil mayor a la vida del edificio, por lo tanto, en teoría no necesitarían reemplazos o mantenimiento durante esta fase del ciclo de vida, si su instalación sigue las recomendaciones de los fabricantes de dichos materiales.

En la Tabla 04 se puede encontrar un listado de los materiales analizados y su vida útil. Estos

datos se extrajeron de información procedente de las empresas productoras de dichos materiales y de manuales de mantenimiento (ITEC, 2006).

Se debe de mencionar que si tomáramos en consideración los materiales de revestimiento interior y exterior, tendríamos que también considerar el impacto generado en la etapa de mantenimiento, ya que son estos materiales los únicos que tienen una vida útil menor a la del edificio. Pero como se mencionó anteriormente, en esta investigación dichos materiales se van a excluir del cálculo.

Pero hay que dejar claro que, si se está estudiando otro elemento constructivo o un edificio completo, es necesario considerar cualquier material que tenga una vida útil menor a la del edificio, y qué trabajos de mantenimiento se deben hacer para conservar la integridad del diseño de dicho proyecto.

## **i. Unidades funcionales y herramientas**

En esta fase de la investigación se consideraron todas las herramientas de ACV que podían servir de apoyo a profesionales del ámbito de la construcción, de las cuales había suficiente información accesible a través de publicaciones científicas, páginas web y pruebas reales de las mismas.

Criterios de selección de herramientas a estudiar. Únicamente se han seleccionado herramientas de evaluación que:

- Apoyen el análisis del ciclo de vida
- Que puedan servir de apoyo para diseñadores del ámbito de la construcción, en las que el objeto de evaluación sea material, soluciones constructivas o edificios completos
- Que los límites incluyan los procesos de la cuna a la tumba y las bases sugeridas en la ISO 14040:2006 (ISO, 2006)

A continuación, se explicará cuáles fueron las metodologías descartadas y por qué, y cuál es la ruta seleccionada como metodología de esta investigación.

## **o Bases de Datos**

Para poder seleccionar las bases de datos que se utilizarían para esta investigación se hizo un análisis exhaustivo de las posibilidades, teniendo en consideración: la accesibilidad, versatilidad y veracidad de las mismas. Buscando tener una metodología de cálculo que se pudiera aplicar a cualquier investigación futura.

Debemos considerar que la metodología que se presenta en esta investigación se puede aplicar a

cualquier base de datos o herramienta que se tenga a la mano, ya que el proceso de investigación es flexible y es ajustable a cualquier herramienta, unidad de medida, elemento arquitectónico y localidad.

A continuación, se explicarán todas las bases de datos analizados, los pros y contra de cada una, y las decisiones que se fueron tomando en el proceso de investigación para llegar a una selección de las herramientas para esta metodología

## **Bases de datos que se analizaron:**

### **Etapas de Producción de Materiales – Impacto Ambiental, Económico y Social –:**

**BEDEC PR/PCT:** Desarrollado por el Instituto de tecnología de la Construcción de Catalunya (ITEC, 2011). Es un recopilatorio de datos que incluye desde precios de partidas constructivas hasta el impacto ambiental de las mismas en las primeras tres fases del ciclo de vida. Este recopilatorio es el que se va a escoger como principal para el desarrollo de esta investigación, porque lo consideramos muy completo pues está desarrollado dentro del contexto de la construcción en España, país en el cual se basa esta investigación (Figura 34)

Figura 34\_

**Título:** Plataforma de la base de datos del BEDEC ITEC  
**Descripción:** Esta imagen muestra los datos reflejados en la base de datos del BEDEC  
**Fuente:** ITEC, 2006

1613\_01 - PARET DE BLOC DE CERÀMICA ALLEUGERIDA, ARMADA (E)

1613444E m2 Tancament d'obra de fàbrica per a revestir d'un full, de paret de 29 cm de gruix de bloc ceràmic d'argila alleugerida de 300x190x290 mm, col·locat amb morter de ciment, amb armadura d'acer prefabricada en gelosia per a parets d'obra de fàbrica amb recobriments epoxi, col·locades cada quatre junts horitzontals. C2+31 segons DB-HS 42,06 € (3,MA)

Consum	Pes		Cost energètic		Emissió CO2
	Kg	M3	kwh		Kg
Components constituents de materials	227,31	589,80	163,83		47,74
acer galvanitzat	0,28	11,66	3,24		0,88
aigua	2,64	0,016	0,0044		7,66E-04
àrid	20,08	3,01	0,84		0,16
ceràmica	199,24	551,51	153,20		41,84
ciment	5,02	18,96	5,27		4,18
resina epoxi	0,050	4,64	1,29		0,68
Components constituents de maquinària	-	-	0,14	0,039	0,020
elèctrics	-	-	0,14	0,039	0,020
<b>Total</b>	<b>227,31</b>	<b>589,93</b>	<b>163,87</b>		<b>47,76</b>

Residu Pes (Kg) Volum (m3)

**ICE:** Desarrollado por la Universidad de Bath (ICE, 2008). Este recopilatorio está desarrollado dentro del contexto de Reino Unido, tomando en consideración las bases de datos europeas. El mismo contiene una nota donde explica que los datos son sugeridos, que se deben contrastar con otras bases de datos y que no se deben tomar como datos absolutos para investigaciones. Por lo tanto, dentro del contexto de esta investigación se utilizará para verificar los datos del recopilatorio del BEDEC PR/PCT.

**EMPA:** Desarrollado por el Consorcio para Universidades Públicas de Suiza (EMPA, 2011). Esta base de datos también es muy completa, pero como no se desarrolla dentro del contexto de España, país donde se desarrolla esta investigación, se tomará como recopilatorio para verificar los datos del BEDEC PR/PCT.

**EPLCA:** Desarrollado por la Unión Europea (EPLCA, 2014), al ser un recopilatorio de datos desarrollado para la Unión Europea podemos utilizarlo para contrastar los datos del BEDEC PR/PCT y para buscar la información puntual que no consigamos en la base de datos que estamos escogiendo como la principal para esta investigación.

**Ecoinvent:** Creada por las Oficinas federales suizas, esta base de datos no es abierta. Esta base de datos también es muy completa, pero como no se desarrolla dentro del contexto de España (Ecoinvent, 2013)

**IES – Impact:** La base de datos Impact fue desarrollada por los creadores del software IES y por el BRE para tener datos de energía y emisiones de CO<sup>2</sup> incorporada a los materiales. El problema que presenta trabajar con esta base de datos es que, primero, es muy costosa, y no tienen versiones estudiantiles; segundo, la base de datos es para el UK, por lo tanto, habría que compararla con el BEDEC para tener la referencia de España (IES,2015).

**CYPE:** Desarrollado por la empresa CYPE Ingenieros, S.A. este es un programa orientado a la industria de la construcción de España, el cual ofrece, como parte de sus múltiples funciones, una base de datos actualizada de precios de partidas de construcción. Es un software privado, lo cual implica un precio por la licencia, pero la base de datos de precios de procura y construcción es abierta, por lo tanto, cualquier persona puede acceder a ella. Por lo cual se va a utilizar como base de datos para evaluar el impacto económico (CYPE, 2016).

**Responsabilidad Social Corporativa –RSC–:** Para el impacto social no hay una base de datos verificable que se adapte o se enfoque en el sector de la construcción. Por lo tanto, para esta investigación se ideó una metodología para analizar la RSC de las empresas productoras de los

materiales constructivos. Esta metodología se explicará en profundidad más adelante en este capítulo.

En conclusión, se decidió trabajar para el Impacto Ambiental con la base de datos del BEDEC (ITEC, 2011), ya que es de libre acceso y además presenta los datos de la región de estudio —Barcelona, España—. También, se decidió complementar con la base de datos de ICE (ICE, 2008), ya que hay algunos materiales que no se pudieron conseguir en la base de datos del BEDEC. Se seleccionó la base de datos del ICE (ICE, 2008) porque es de libre acceso y a su vez está localizada en Europa.

Para el Impacto Económico se decidió trabajar con la base de datos del CYPE (CYPE, 2016) complementándola con la del BEDEC (ITEC, 2011) para verificar precios, ya que ambas son de libre acceso y además los datos que presentan son originales de España. Como se mencionó anteriormente, para el Impacto Social, no se pudo conseguir ninguna base de datos verificable, por lo tanto, el estudio se basó en el proceso de investigación en una metodología generada para esta investigación siguiendo los parámetros explicados en el documento de la UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011).

## **o Herramientas - software -**

### **Software para la etapa de Producción de Material –Impacto Ambiental, Económico y Social –:**

**CYPE:** Este software se utiliza para el desarrollo de proyectos constructivos en España, aplicando la normativa del CTE de España. El mismo es desarrollado por CYPE Ingeniería (CYPE, 2016), y tiene particiones que permiten ver si el proyecto cumple con la normativa de ahorro energético del CTE (CTE DBHE, 2016)(Figura 35).

A su vez tiene un apartado que calcula el impacto ambiental del edificio, esta partición está en desarrollo. La razón por la cual se tomó la decisión de no utilizar este programa para esta investigación es porque el cálculo de ciclo de vida se basa en un sistema de cálculo cerrado, el cual no nos permite verificar la información, y nos arroja datos absolutos. Una investigación doctoral no se debe basar en datos absolutos sobre los cuales no se pueda explicar la metodología de cálculo.

**TCQ:** Este programa fue desarrollado por el ITEC, teniendo como base de datos la del BEDEC PR/PTC (ITEC, 2011). El problema que tiene esta herramienta es que, al igual que otras, presenta un sistema de cálculo cerrado donde se muestra

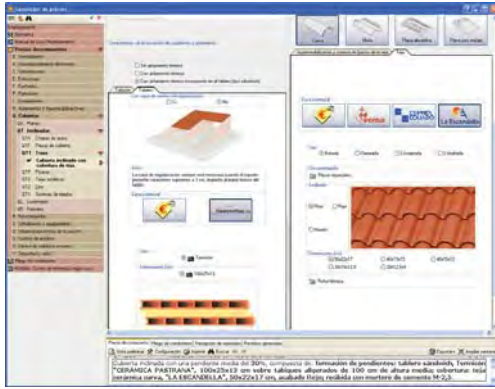


Figura 35\_

**Título:** Interfaz del programa CYPE

**Descripción:** En esta imagen se captura un ejemplo de la interfaz del programa CYPE

**Fuente:** CYPE, 2016

datos absolutos de impacto por fase de ciclo de vida, por lo tanto, presenta el mismo problema que el software explorado anteriormente, en el que no hay forma de verificar el sistema de cálculo o los resultados generados.

**Simapro:** Este software está desarrollado por Simapro UK, es una empresa privada, por lo tanto, este software no es abierto. Esto hace que el costo de la licencia sea muy elevado y por lo tanto sea inviable aplicarlo para esta investigación (Simapro, 2014). A su vez el sistema de cálculo que presenta es cerrado, y nos presenta los mismos problemas que todos los softwares anteriormente explicados.

**GaBi:** Este programa está desarrollado por PE International, presenta los mismos problemas que el Simapro. Siendo un programa de desarrollo privado, con una licencia muy costosa, y con un sistema de cálculo cerrado (GaBi, 2014).

**e2CO2cero:** Este software está desarrollado por la empresa SIPRA con una subvención del gobierno del País Vasco. Aunque está subvencionado por un gobierno de España, el programa se basa en una base de datos de precios del gobierno de Guadalajara llamado Precio Centro. Por lo tanto, la normativa y bases de datos en las que se basa no se ajustan a la realidad europea. A su vez, no

dejan claro en qué base de datos de impacto ambiental de materiales se basa, o el sistema de cálculo que utiliza. Arroja sólo datos absolutos, por lo tanto, fue descartada para esta investigación (e2CO2cero, 2014).

**Revit con la aplicación Tally:** Este es una aplicación que se puede descargar para ser utilizada sobre el software Revit® de la casa Autodesk®. Esta aplicación analiza el impacto ambiental de proyectos desarrollados en Revit®. La aplicación utiliza bases de datos americanas que no corresponden a la realidad europea. También arroja datos absolutos sin dejar claro el proceso de cálculo, por lo tanto, fue descartada para ser utilizada en esta investigación (Tally, 2015).

**IMPACT -IES-:** Es una base de datos que sólo trabaja dentro de un software. Desarrollado por Integrated Environmental Solutions y el BRE, esta base de datos no es verificable, es una especie de "caja negra" donde uno modela el edificio, dándole al programa todos los datos de materiales y volúmenes, y él mismo genera unos resultados, sin poder verificar el proceso de cálculo (IES, 2015).

**Cálculos por medio de tablas de Excel:** Los cálculos en los que se basa un análisis del ciclo de vida se pueden reproducir en tablas de cálculo con el software Excel de Microsoft. Tomando de

las bases de datos la información sobre la energía asociada a los materiales y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas, y calculando la cantidad de cada material que se incorpora en el edificio, podemos calcular el total del impacto ambiental, económico y social producido en esta fase del ciclo de vida. Teniendo todo el sistema de cálculo abierto para ser estudiado.

En conclusión, se decidió trabajar para los tres impactos con el software Excel, ya que es el que nos permite verificar todo el proceso del cálculo, poner los inputs de las bases de datos seleccionadas, y tener mayor control del proceso de cálculo, de los resultados y mayor entendimiento de la metodología.

## **o Etapa de Uso - Impacto Ambiental, Económico y Social - :**

**Energy Plus:** Desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de América, este software es de libre acceso, y su motor de cálculo está verificado por diferentes investigaciones externas al desarrollador, haciendo que los datos que genera tengan veracidad, teniendo un valor de desempeño muy cercano a la realidad de un edificio. El problema de este programa es que

es muy complejo y difícil de utilizar. No tiene una interfaz amigable y hay que ser un especialista en el software para poder usarlo.

**Design Builder – Energy Plus:** El software desarrollado por Design Builder Software Ltd, tiene una interfaz amigable que permite que cualquier persona se familiarice con el programa rápidamente. A su vez, cuenta con el motor de cálculo de Energy Plus, por lo tanto, tiene todos los beneficios que implica trabajar con Energy Plus, que se explicaron anteriormente, pero cuenta con una interfaz más amigable. A su vez, La Universidad Ramon Llull La Salle, cuenta con un acuerdo con los desarrolladores del programa, lo cual nos permite tener acceso a licencias estudiantiles (Design Builder, 2014) (Figura 36).

**IES:** Desarrollado por Integrated Environmental Solutions, este es un software que presenta más o menos las mismas herramientas que el Design Builder, pero trabaja con su propio motor de cálculo. Al ser un software más reciente en el mercado, el motor de cálculo del mismo no ha sido verificada en profundidad por agentes externos. A su vez, es un programa muy costoso, pero existe la opción de obtener licencias estudiantiles a precio reducido (IES, 2015).

**PHPP:** Desarrollado por el Instituto de PassivHaus

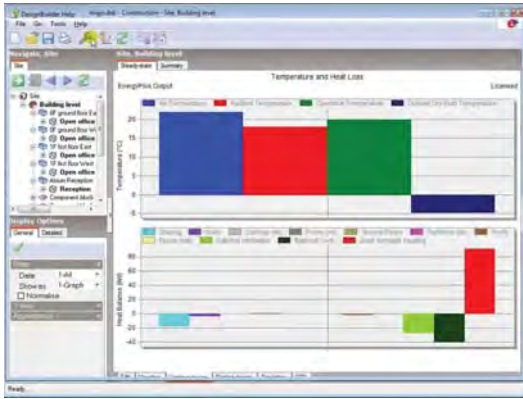


Figura 36\_

Título: Plataforma de Design Builder

Descripción: Esta Imagen muestra las gráficas que genera el programa de simulación de Design Builder

Fuente: Design Builder, 2014

en Alemania. Esta herramienta está desarrollada para verificar el cumplimiento de proyectos arquitectónicos con los principios de PassivHaus, pero a su vez se puede utilizar para evaluar la eficiencia energética de un edificio. Esta herramienta no es un simulador energético dinámico. Está desarrollado en Excel en donde se le dan los inputs de la geometría del edificio, valores de la U, sistemas de climatización y ventilación mecánica, entre otros parámetros. El problema que presenta esta herramienta es que no tiene una interfaz amigable, es complejo de utilizar, y sólo evalúa los valores importantes para cumplir con los principios de PassivHaus —consumo y demanda energética— por lo tanto, limita los datos a analizar (Passivhaus, 2017).

**Cálculos por medio de tablas de Excel:** Una vez se tengan los resultados de simulación generado en cualquiera de las herramientas anteriormente explicadas, se pueden copiar en Excel y de esta manera generar tablas y gráficos que analicen estos datos.

En conclusión, se decidió trabajar para el impacto ambiental, económico y social con la herramienta de Design Builder, ya que nos permite obtener datos verificables, ubicar el proyecto en cualquier localidad, y analizar los datos de consumo de energía y horas de discomfort. Esta herramienta nos da

la flexibilidad que buscamos para que la metodología sea aplicable a cualquier elemento arquitectónico y localidad que se quiera.

Esta herramienta tenemos que complementarla con Excel, para analizar los datos que genere la simulación energética, y además podamos evaluar el impacto económico. Se escoge Excel ya que es la herramienta que nos permite verificar todo el proceso del cálculo, poner los inputs de las simulaciones energéticas, y tener mayor control del proceso de cálculo, de los resultados y mayor entendimiento de la metodología.

## o Unidades funcionales

El impacto Ambiental, Económico y Social será analizado por las siguientes indicadores:

- Energía —kWh/m<sup>2</sup>—
- Coste —€/m<sup>2</sup>—
- Horas de Discomfort —hr—
- Responsabilidad Social Corporativa —valor ponderado del 1 al 5, siendo 1 el peor y 5 el mayor—

La metodología del cálculo será explicada con mayor detalle a continuación, profundizando no sólo en la metodología diseñada para este estudio, sino también el proceso de decisión que permitió llegar a dicha metodología.

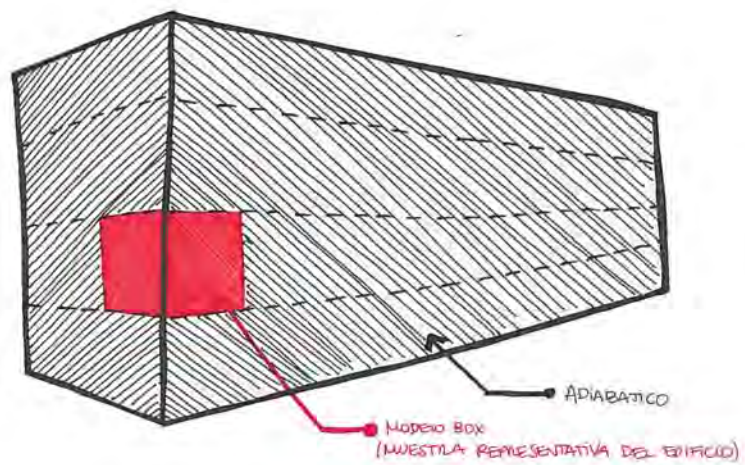


Figura 37\_

**Título:** Esquema del Modelo Box, ubicación en el edificio

**Descripción:** Esta imagen una muestra representativa del edificio. Esta imagen representa la porción del edificio que se tomó en consideración para construir el modelo Box, estando ubicada en una esquina habitable del edificio, teniendo una fachada orienta a Sur y otra a Oeste.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



## b. Supuestos y Limitaciones

Uno de los primeros pasos que se necesitan tomar para plantear un ACV es especificar los supuestos que se van a tomar como parámetros y las limitaciones que se tienen a la hora de hacer el estudio:

- Se toma como premisa que la vida útil del edificio es de 50 años (BRE, 2008), ya que es un lapso de tiempo promedio donde el edificio no sufrirá ninguna renovación, mejora o derribo significativo.
- Como se explicó anteriormente, la base de datos del BEDEC (ITEC, 2011), es limitada y hay materiales que no se encuentran registrados, por lo tanto, se apoyó el cálculo con la base de datos de ICE (ICE, 2008). Los datos de energía incorporada a los materiales se calcularán ponderando ambas bases de datos, tomando como datos principales los del BEDEC, comparándolos con los del ICE.
- **Ajuste de precios:** para analizar el Impacto económico en la etapa de uso utilizamos como factor de corrección 1.10 en el total del presupuesto €/m<sup>2</sup>. Esto se debe a que los datos de presupuestos de obra que se tomaron como base para la investigación son del año 2010 y se calculó un factor

de corrección para equiparar los costes, tomando en consideración la inflación anual y fluctuación de precios. Este supuesto se explica en mayor profundidad en el apartado sobre el cálculo del LCC de este capítulo y en el Apéndice 7-c de este documento.

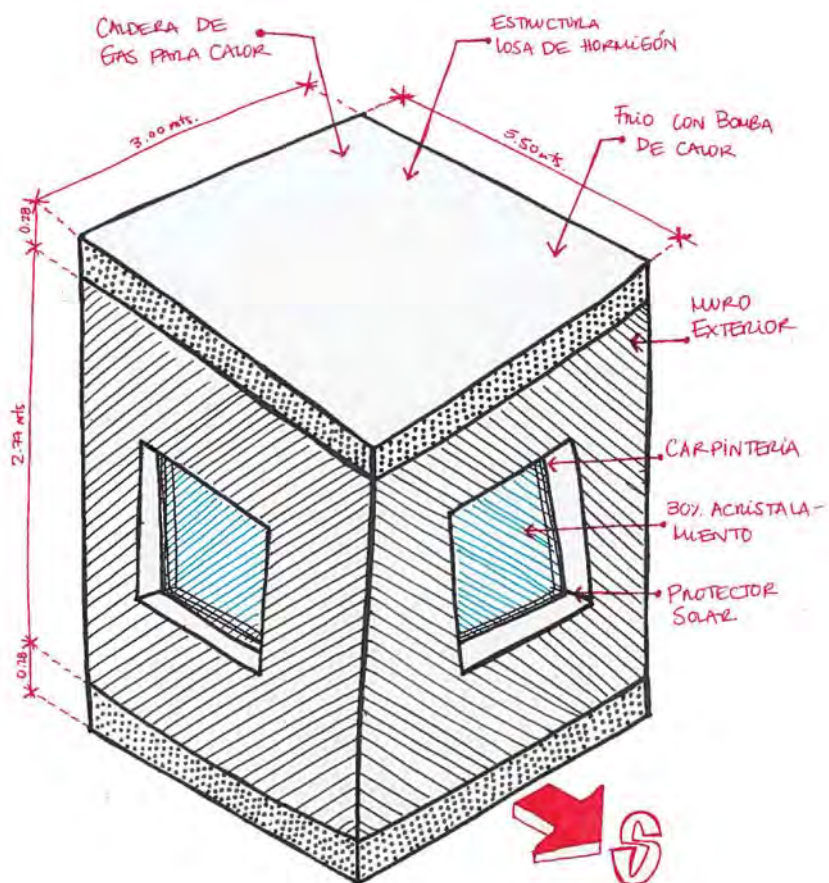
- De los materiales constructivos que componen los sistemas de muro exterior, se excluyeron los que forman parte de los acabados exteriores e interiores del edificio. Esto se debe a que las variables que estos acabados brindan son infinitas, teniendo demasiados tipos de materiales que investigar, y se consideró que este nivel de profundidad no impactaría los resultados de la investigación a la que se quiere llegar.
- **Etapa de mantenimiento:** La etapa de mantenimiento no se va a calcular para esa investigación porque los materiales que se están tomando en consideración y que componen las tipologías que se seleccionaron para el análisis tienen una vida útil igual o mayor a la del edificio. Por lo tanto, no requiere reemplazos o trabajos de mantenimiento durante los 50 años de vida útil del edificio que se están investigando (ITEC, 2006) (Tabla 04).
- **Etapa de construcción y derribo:** Como se explicó anteriormente, las etapas de construcción y derribo no se van a calcular en esta investigación,

Figura 38\_

**Título:** Esquema del Modelo Box

**Descripción:** Muestra representativa de un edificio de vivienda plurifamiliar. Explicación de capítulos constructivos que se toman en consideración en el análisis de esta investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.



ya que la investigación es un ACV-simplificado y se le va a dar prioridad a las etapas que tienen mayor impacto en el ciclo de vida de un edificio.

### **c. Caso de Estudio - Modelo Box -:**

Para comenzar el ASCV se necesita escoger una tipología de edificio a la cual aplicar los sistemas constructivos de muro exterior. Para esto se decidió enfocar el estudio en edificios plurifamiliares de más de diez unidades de vivienda.

Se enfoca el estudio en esta tipología de edificio porque es el tipo de ocupación principal más utilizada en España, en donde existe 64% mayor incidencia de viviendas plurifamiliares que unifamiliares (INE, 2017). A su vez, la vivienda plurifamiliar de más de diez unidades de viviendas es el tipo de vivienda más construida de la Unión Europea, para el último censo registrado en el INE año 2001 (INE, 2017) (Apéndice 3-a).

La ciudad escogida para el análisis de ocupación es Barcelona, en Catalunya. Esta ciudad está de número nueve en la lista de cantidad de construcciones de nueva obra para edificios residenciales plurifamiliares de más de diez viviendas para el año 2011 —información extraída del último censo—, (INE, 2017) (Apéndice 3-a). Por lo tanto,

para la selección de la ciudad de estudio se tomó en cuenta el tipo de clima de la ubicación geográfica y la ubicación dentro del ranking de construcción de nueva vivienda del INE (Apéndice 3-a).

También hay que tomar en consideración que, aunque nuestro análisis se aplique a un caso de estudio de nueva construcción, esto no quiere decir que los resultados y la metodología que generen esta investigación no puedan utilizarse para rehabilitación de edificios. Se debe considerar que existen casos de proyectos de rehabilitación de gran escala, donde la envolvente se reconstruye, y los datos generados por esta investigación pueden aportar una ayuda significativa para este tipo de proyectos también.

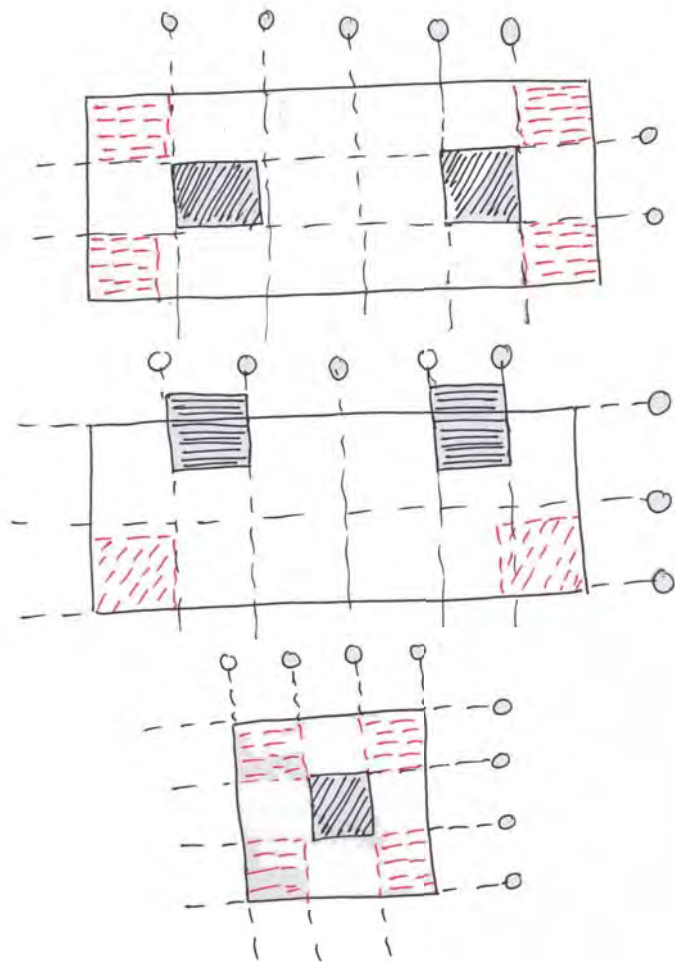
Para este estudio se decidió trabajar con un modelo box como caso de estudio (figura 37, 38, y 39), que representara una proporción de un edificio de vivienda plurifamiliar ubicado en Barcelona, España. La idea de generar un modelo box es para facilitar y agilizar el estudio, al igual que ayudar a conservar la veracidad del proceso de exploración teniendo una base en la cual se intercambie únicamente la información de la envolvente opaca y de esta manera se generen datos comparativos verificables y fidedignos.

Figura 39\_

**Título:** Estudio de la esquina en varias tipologías de edificio

**Descripción:** En esta imagen se demuestra como la esquina se puede conseguir en varias tipologías de edificios

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



A su vez se decidió trabajar con una esquina habitable del edificio, como se puede ver representado en la figura 37. Se le dio prioridad a la esquina y no a una porción medianera, porque la esquina es el lugar del edificio donde la envolvente tiene mayor impacto, ya que tiene mayor proporción de área construida. A su vez es importante resaltar que la mayoría de las morfologías de los edificios plurifamiliares de más de diez unidades de vivienda tienen espacios habitables en las esquinas de los edificios, como se muestra en la Figura 39. Este modelo box tiene una fachada orientada al Sur y otra orientada al Oeste, para representar el lugar en el edificio donde se generan más ganancias y pérdidas energéticas.

Se pudo comprobar que la diferencia en el consumo de energía entre ubicar el modelo box en la esquina y en medianera es aproximadamente 20% de incremento generado en la esquina. Pero se comprobó que las tendencias de los resultados no se ven alterados, ya que el desempeño de cada tipología de envolvente es el mismo en comparativa con las cinco tipologías seleccionadas. Por ejemplo, la tipología que genera más impacto ubicada en la esquina del edificio, sigue generando más impacto ubicada en medianera, y de igual manera se comportan el resto de las tipologías.

Para construir el modelo box se decidió extraer información de dos bases de datos, siendo ambas edificios de vivienda plurifamiliar ubicados en Catalunya, España, la justificación por la cual se escogió un edificio de vivienda nueva y de construcción plurifamiliar se encuentra en el Apéndice 3 de este documento.

Los proyectos que se utilizaron como bases de datos para extraer información son el Edificio de Tossa de Mar promovido por Instituto Catalán del Sol –INCASOL– (INCASOL, 2000) y diseñado por la oficina de Arquitectura SAas (SAas, 2008). El segundo edificio es el proyecto 24 Viviendas en Cerdanyola del Valles promovido por INCASOL (INCASOL, 2000) y diseñado por la oficina de arquitectura Frutos Sanmartín (Frutos-Sanmartín, 2006).

La razón por la cual se decidió extraer información de dos edificios en vez de uno fue por el vínculo que se tuvo durante el desarrollo de la exploración con el grupo de investigación ARC de la Universidad Ramón Llull de La Salle, donde se incorporó este estudio con otros parecidos por medio de la utilización del Edificio de Cerdanyola (Frutos-Sanmartín, 2006). De este proyecto se pudo extraer información sobre espacialidad y presupuesto de obras, pero no se pudo obtener información sobre energía incorporada a los materiales durante la etapa de producción.

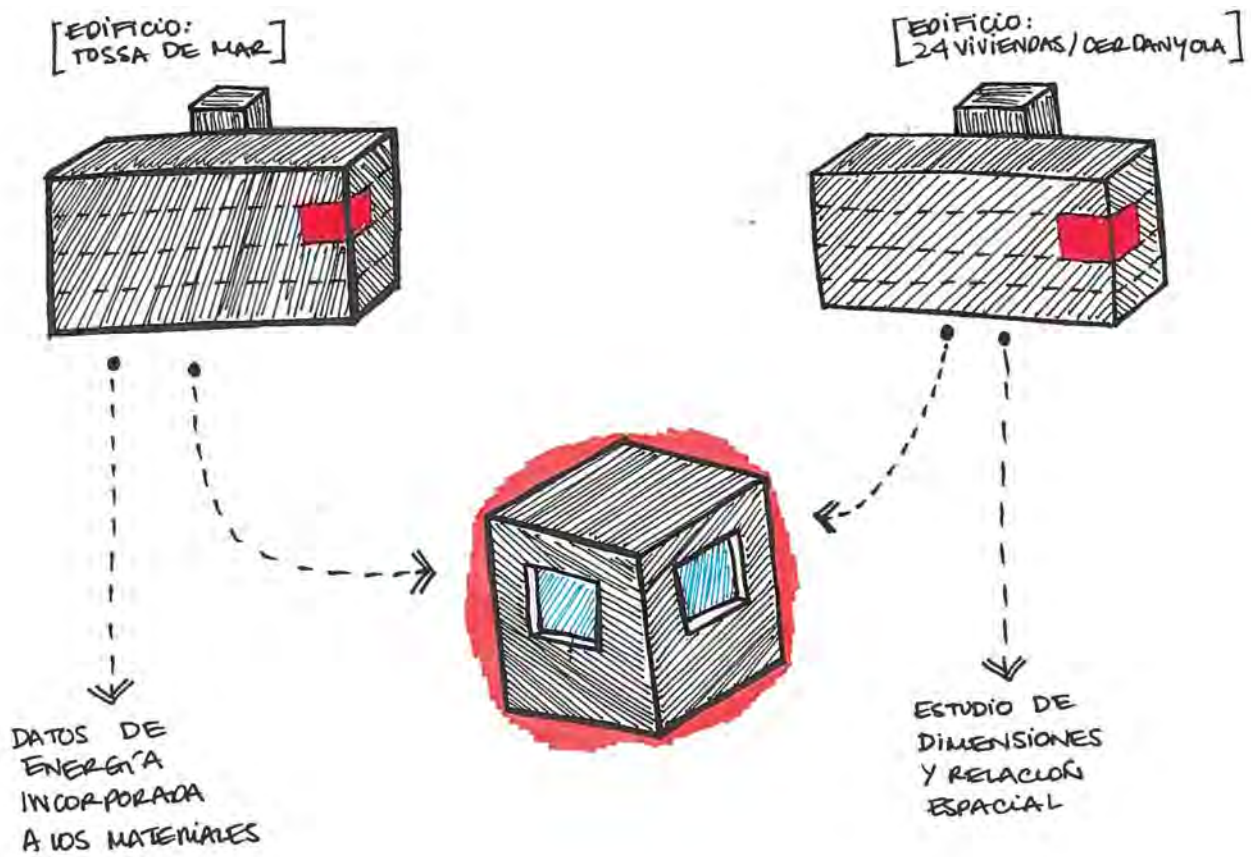
Figura 40\_

**Título:** Construcción de Modelo Box

**Descripción:** Esquema del Modelo de muestra representativa.

Explicación de proyectos utilizados e información que se extrajo de cada proyecto para construir el modelo Box.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



Esto se debe a que los ACV ambientales lastimosamente no son una herramienta muy utilizada en el ámbito de la construcción de España, donde los estudios de sostenibilidad se enfocan en la etapa de uso únicamente, y no abarcan la totalidad del ciclo de vida del edificio.

Por lo tanto, se decidió buscar un edificio de la misma tipología que el proyecto de Cerdalonyola (Frutos-Sanmartín, 2006), siendo un edificio plurifamiliar, promocionado por INCASOL y ubicado en Catalunya, España; pero que a su vez se haya generado un ACV ambiental como herramienta de estudio y diseño. De esta manera se decidió trabajar con el proyecto de Tossa de Mar (SAAs, 2008) (Apéndice 4) extrayendo los datos de la energía incorporada a los materiales durante la etapa de producción del ACV ambiental generado por la oficina de Societat Orgànica (SO, 2006) (Apéndice 4).

La siguiente tabla 05 y figura 40 describen la forma en la que se trabajó con las diferentes bases de datos para armar el modelo box que se utiliza como caso de estudio para el ASCV.

Esto hace que el ASCV no sea un estudio sobre un edificio en particular, sino un análisis sobre una porción coherente mínima, de esta manera los resultados del impacto ambiental, económico y

social, puedan ser fácilmente transferibles a cualquier estudio sobre un edificio plurifamiliar ubicado en la ciudad de estudio.

Como se comentó anteriormente, para facilitar la evaluación se modelaron los cálculos tomando en consideración una porción de un edificio plurifamiliar, teniendo dentro de esa porción los capítulos de materiales, usos y sistemas que arrojaran resultados representativos sobre el comportamiento sostenible del muro exterior. Esta muestra representativa es lo que llamamos Modelo Box, que toma en consideración las relaciones espaciales de uno de los proyectos que se utilizan como base de datos para construir dicho modelo.

De esta manera se genera una base donde afianzar la investigación, teniendo todos los capítulos constructivos involucrados, y alterando únicamente en los que intervienen el muro exterior en particular. Generando de esta manera datos comparativos entre las diferentes tipologías de fachada.

Este proceso será explicado con más detalle en los apartados sobre la evaluación de la etapa de producción de materiales, y de uso, aplicada a los cálculos de las tres categorías de impactos, el ambiental, el económico y el social. Los capítulos



Tabla 05\_

**Título:** Información sobre Bases de Datos

**Descripción:** Explicación de relación entre bases de datos y la construcción del Modelo Box.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Base de Datos	Información extraída	Razón por la cual se utilizo esta base de datos
24 Viviendas en Cerdanyola	Estudio espacial, proporción de espacios interiores para el Presupuesto de Obra, datos para estudio de impacto económico	El proyecto cumple con los parametros que se buscaban a nivel de tipología de edificio, y existía el vínculo con el grupo de investigación ARC. Este vínculo permitió el acceso de toda la
Tossa de Mar	Datos de energía incorporada a los materiales durante la etapa de producción de materiales del ciclo de vida	El proyecto cumple con los parámetros que se buscaban a nivel de tipología de edificio. Para el diseño de este proyecto se realizó un ACV ambiental, estudiando el impacto ambiental
CTE	Datos de sistemas de calefacción y refrigeración, sobre parámetros de confort, y valores máximos recomendados de la	Estos datos se basaron en la reglamentación de la construcción de España siguiendo los parámetros indicados en los documentos vigentes para el momento en el que se hizo esta investigación.

constructivos que se seleccionaron para obtener el Modelo Box base que se va a estudiar como muestra representativa son los siguientes:

- Estructura
- Muro Exterior –Albañilería y Aislamiento e Impermeabilización—
- Carpintería
- Acristalamiento
- Protección solar

A continuación, se explicará con mayor detalle el sistema de evaluación para cada etapa del ciclo de vida y para cada categoría de impacto. Buscando la estandarización de los datos que se extrajeron de las bases de datos para ser aplicados a esta investigación, de esta manera los resultados y la metodología se puede aplicar a cualquier investigación similar.

## **i. Modelo de estudio para la etapa de Producción de Materiales**

A continuación se explicaran los pasos a seguir para construir el modelo box base para generar los cálculos y resultados para cada categoría de impacto:

### **• Impacto Ambiental:**

Como se explicó anteriormente, para estudiar la energía incorporada al material en la etapa de producción se utilizó como base de datos del estudio de ACV ambiental que la oficina de Societat Orgànica (SO, 2006) realizó sobre el proyecto de Tossa de Mar (INCASOL, 2000) (SAas, 2008) (Tabla 06).

En este estudio de ACV ambiental se generan comparativas entre un edificio de referencia proyectado con las típicas exigencias de INCASOL (INCASOL, 2000) y el proyecto de Tossa de Mar, generando comparativas entre ambos. Como nuestra investigación se basa en una tipología de edificio plurifamiliar de mínimo 10 unidades de vivienda, se tomó como base de datos los resultados generados por el edificio de referencia que cumple con las exigencias típicas de INCASOL (INCASOL, 2000), de esta manera obtenemos resultados característicos de la tipología de edificio seleccionada para este análisis, siendo estos datos estándares para la tipología de edificio que se quiere evaluar.

Tomando esto en consideración, se extrae del ACV ambiental (SO, 2006) los valores de energía incorporada de cada capítulo constructivo a tomar en consideración para el estudio del muro exterior —explicados en el apartado anterior—. De esta

manera se calcula el valor del mismo por metro cuadrado de construcción —m<sup>2</sup>— para tener unos resultados aplicables a futuras investigaciones, y se generan pautas de diseños para los proyectistas que utilicen esta investigación para mejorar sus proyectos.

El proyecto de Tossa de Mar gestionado por INCASOL (INCASOL, 2000) y diseñado por la oficina de arquitectura SAAs construido el 2006, consta de 60 unidades de vivienda ubicado en la ciudad de Girona, España. Estas 60 unidades de vivienda están organizadas en tres edificios paralelos de cuatro plantas de vivienda, con fachada principal al suroeste y posterior al noreste. La envolvente cuenta con incremento del aislamiento térmico ventilación cruzada, fachada ventilada, carpintería exterior y protecciones solares de madera. Los sistemas de edificio constan con aire acondicionado con bombas de calor geotérmicas —calor y frío— y paneles de energía solar térmica para el agua caliente sanitaria (SAAs, 2008). Los datos técnicos de este proyecto se explicarán en el Apéndice 4 de este documento (Solanas, 2008).

En la tabla 06 se pueden identificar con facilidad los valores extraídos del estudio de ACV ambiental, seleccionando los capítulos constructivos que se tomaron en consideración para generar el Modelo Box en el cual se va a basar esta

investigación, alterando sólo los datos en los que interviene la envolvente vertical opaca, para de esta manera generar valores comparativos de las cinco tipologías de fachada seleccionadas.

A continuación se aisló el impacto generado por el capítulo del muro exterior, y se calculó el impacto ambiental creado por los sistemas constructivos de muro exterior que se estudiaron en esta investigación. La metodología de cálculo, junto con los sistemas de evaluación para los tres impactos para esta etapa del ciclo de vida va a ser explicada en mayor detalle más adelante en este capítulo.

### • Impacto Económico:

Siguiendo la misma lógica del impacto ambiental se prosiguió a buscar datos de coste para la etapa de producción de materiales referentes a los mismos capítulos constructivos que intervienen con el Modelo Box (Tabla 06).

Los datos de coste de todos los capítulos constructivos que se utilizan para construir el Modelo Box se extrajeron de la base de datos técnicos del Edificio Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Tomando como base el presupuesto de obra del edificio, del cual se extrajeron los valores de los capítulos constructivos

Tabla 06\_

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1.231.83	29.08
Muro Exterior			
Albanilería	54.81	572.71	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10

**Título:** Tabla explicativa de energía incorporada a los materiales

**Descripción:** En la siguiente tabla se explican los capítulos constructivos que se seleccionaron como muestra representativa. Siendo los capítulos resaltados en color amarillo los seleccionados para el estudio, resaltados en rojo los capítulos que forman parte de la composición de la envolvente vertical, pero que no se toman en consideración en este estudio, y encerrados en el cuadro rojo los capítulos en los que interviene la envolvente vertical opaca, que son los únicos que se van a alterar en el estudio de cada tipología.

**Fuente:** SO, 2006

que intervienen en el Modelo Box (Tabla 05), aplicando un factor de corrección. Esto se debió a que el edificio del que se extrajo la información fue construido en el 2009, y hay que tomar en consideración la inflación y la fluctuación de los precios del mercado de la construcción de España desde el momento en el que se generó el presupuesto al momento en el que se realizó esta investigación.

Para obtener un factor de corrección coherente que factorice todos los cambios económicos que ha sufrido la industria desde el 2009 hasta el 2016, se estudiaron diferentes fuentes de información como son la revista Construc (CONSTRUC, 2016) y los Boletines Económicos de la Construcción de presupuestos (BEC, 2016) referentes a los años que se están estudiando —2009 al 2016—. Estandarizando de esta manera los datos que se extrajeron, para que esta metodología, y los resultados que la evaluación generen, puedan ser aplicados a cualquier investigación futura, o se utilicen como herramienta de diseño.

En base a estas dos revistas —Construc y Boletín Económico de la Construcción de Presupuestos—, se han comparado los presupuestos de edificios similares a la base de datos para valorar el factor de corrección: 1.10 en el total del presupuesto €/m<sup>2</sup>. Estos cálculos se explican con mayor detalle en el Apéndice 7-c de esta investigación.

Este factor de corrección se aplicó al coste total por metro cuadrado de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box, para de esta manera generar un modelo base correspondiente a valores tangibles aplicables a esta investigación.

Luego de tener los valores que se le aplican al Modelo Box listos, se procedió a aislar los valores de los capítulos constructivos que intervienen directamente con la envolvente vertical opaca y se generaron los cálculos específicos de resultados de cada tipología de sistema constructivo de muro exterior.

## • Impacto Social:

Para el impacto social sólo se tomaron en consideración los materiales que intervienen en los capítulos constructivos del muro exterior, generando datos comparativos de cada tipología. Tomando el Modelo Box como base de análisis.

## ii. Modelo de estudio para la etapa de Uso - Simulación Energética -

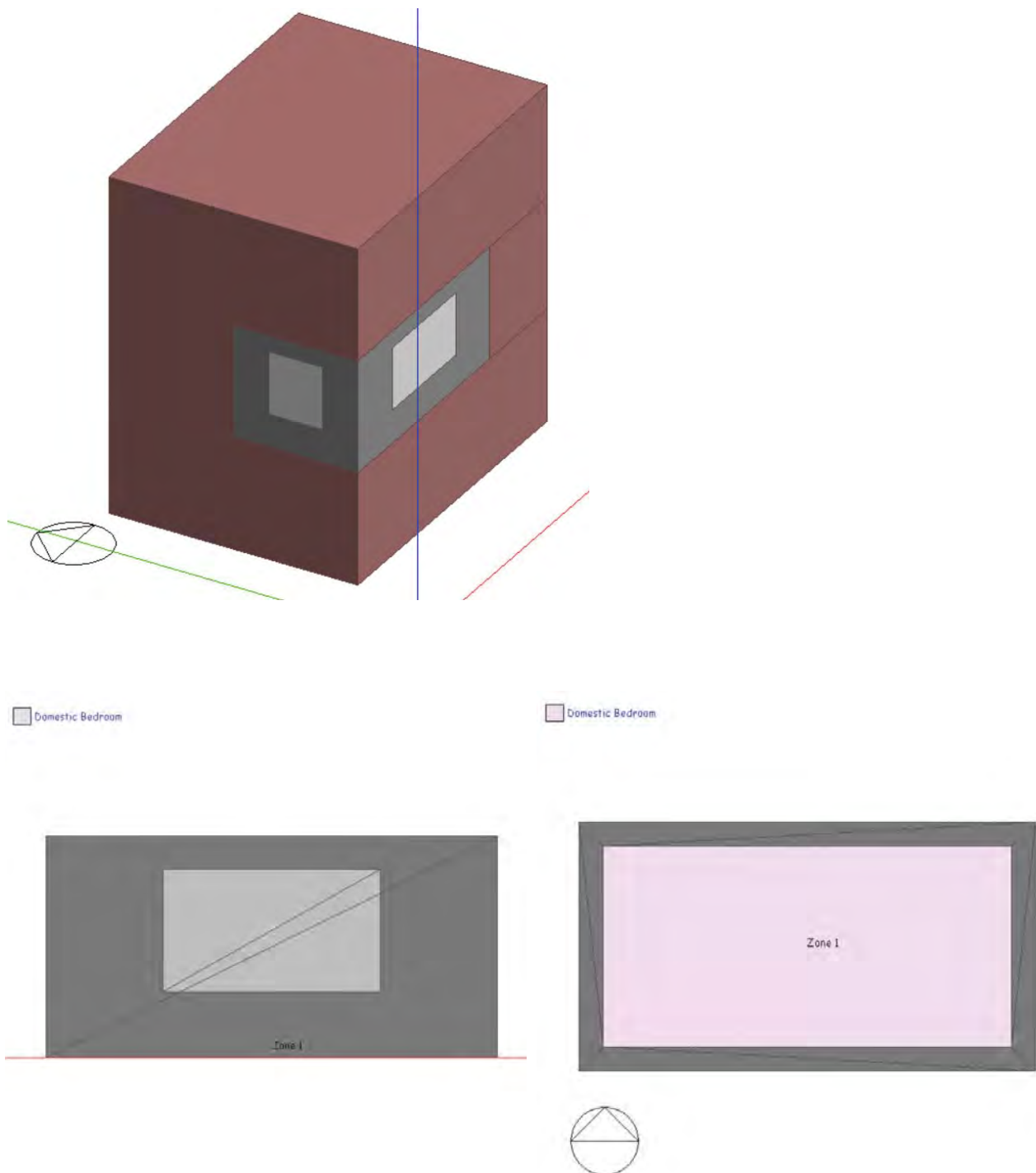
Para evaluar las tres categorías de impacto —ambiental, económico y social— en la etapa de uso del ciclo de vida, se utilizó la simulación energética sobre el Modelo Box, aislando los capítulos que

Figura 41\_

**Título:** Modelo Box

**Descripción:** Modelo de simulación generado en el software DesignBuilder® para esta investigación. En esta imagen se puede ver la porción representativa que se escogió para esta investigación. La primera es el modelo 3d, la imagen de abajo a la izquierda es la fachada sur, y abajo a la derecha la planta.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



no intervienen con el muro exterior, y alterando los que si intervienen con la envolvente vertical. De esta manera se generaron datos comparativos entre las tipologías seleccionadas (figura 41).

El modelo de simulaciones se construyó utilizando la herramienta de modelado digital DesignBuilder®, seleccionando este software sobre otras herramientas, siguiendo el análisis explicado en el apartado anterior sobre las herramientas y bases de datos que se pueden utilizar al hacer un ACV. Este programa nos permite obtener datos sobre ganancias solares internas, pérdidas por cerramientos, demandas energéticas, producción de emisiones de CO<sup>2</sup> y horas de discomfort. Este programa utiliza como motor de cálculo el EnergyPlus®, la unión de estas dos herramientas en un sólo software es un buen equilibrio ya que el DesignBuilder® tiene una interfaz más sencilla y entendible, y el EnergyPlus® tiene la confianza en la veracidad del cálculo.

Como podemos ver en el estudio de L. Tronchin y K. Fabbri sobre comparativas de diferentes programas de simulación energética y el consumo real de una casa ubicada en Italia (que presenta un —clima mediterráneo—, se puede concluir que, aunque el DesignBuilder® con EnergyPlus® tiene diferencias entre los resultados del cálculo y la realidad de los consumos energéticos, es el que

más se acerca a esta realidad (Tronchin, 2007).

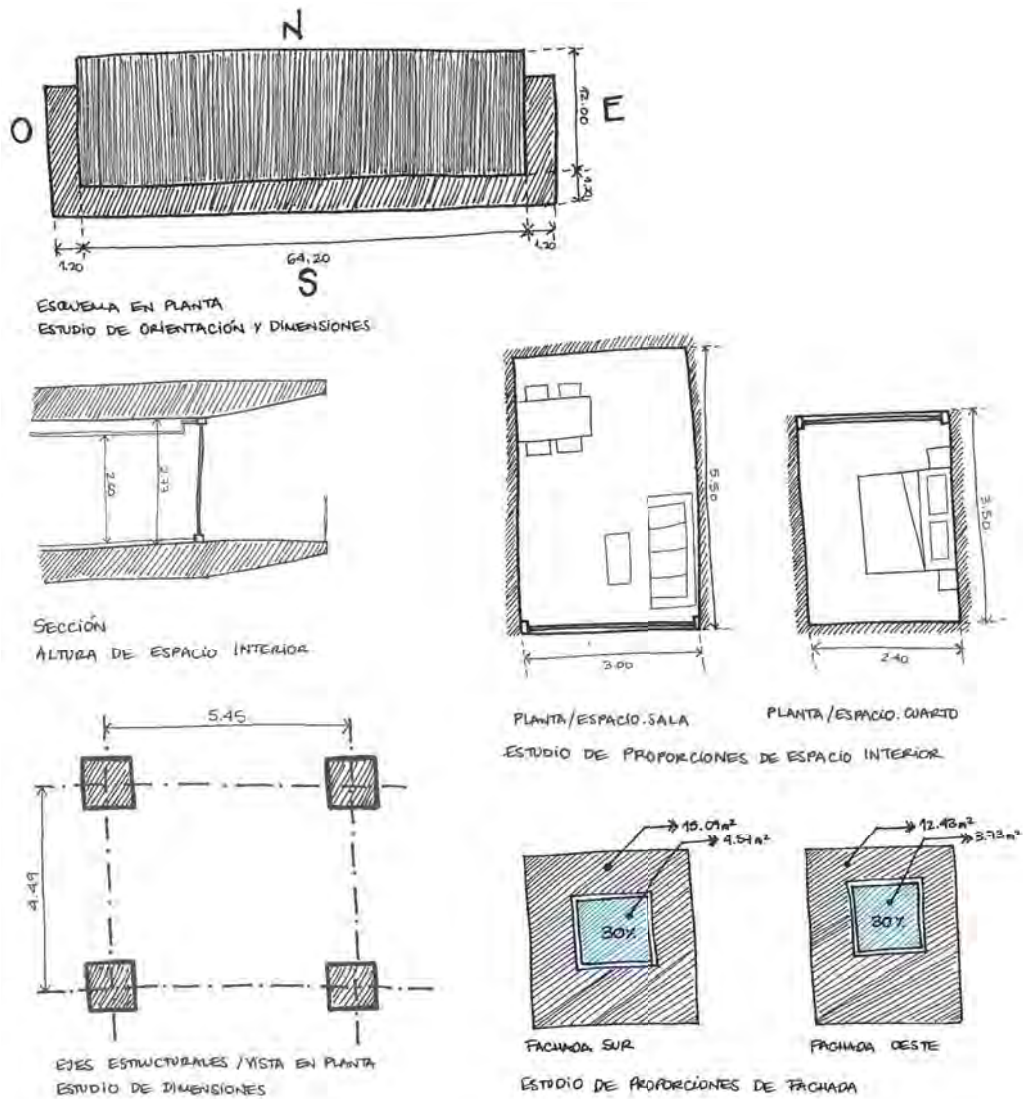
DesignBuilder® representa una herramienta útil, debido a su interfaz de fácil uso, su base de datos meteorológicos y su método intuitivo para modelar y analizar los resultados generados por la simulación energética. Este programa permite la evaluación dinámica del consumo de energía durante todo el año de calefacción y refrigeración, de agua caliente sanitaria y otras fuentes de energía. También permite conocer la temperatura interior y la de las superficies del edificio durante todo el año. “[...] La base del conocimiento del programa DesignBuilder® está organizada en diferentes categorías: importación de modelos CAD, plantillas, base de datos de materiales, modelado de ventilación natural, etc. El código de cálculo de simulación está basado en el programa EnergyPlus®. [...] EnergyPlus® es un programa de simulación energética de los edificios para modelado de construcción, calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación y otros flujos de energía. Se basa en las características más populares y capacidades de BLAST y DOE-2 [...]. Tiene una ANSI/ASHRAE 140 de validación de 2004. EnergyPlus® es un programa de simulación independiente sin interfaz gráfica de fácil uso, y es un programa abierto. [...]” (Tronchin, 2007).

Figura 42\_

**Título:** Estudio de espacialidad para el Modelo Box

**Descripción:** En esta imagen se puede ver el estudio de espacialidad que se hizo sobre el proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006).

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



El análisis que se hará en Design Builder® y EnergyPlus®, consistirá en la construcción de un modelo 3D de un edificio base —Modelo Box— para tomar en consideración los perfiles de uso, condiciones de clima, tipo de edificio, normativa, entre otros. Se definió una zona de estudio tomando en cuenta los datos de actividad —perfiles de uso, de gestión y condiciones de confort—, sistemas de refrigeración y calefacción, iluminación artificial, porcentajes de hueco y materiales constructivos de todos los elementos que no integran la fachada, previamente definidos para todos los análisis por igual, para de esta manera tener datos comparativos sobre el muro exterior, como elemento de estudio.

Para el cálculo del impacto ambiental, económico y social en la etapa de uso del edificio se utilizó como referencia el proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Los datos técnicos de este proyecto se explicarán en el Apéndice 4 de este documento.

Para la construcción del Modelo Box se realizó un estudio espacial del proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Tomando como referencia la proporción de las habitaciones, altura y relación entre los espacios interiores, etc (Figura 42). A su vez, se toman en consideración los capítulos o partidas de

construcción que se seleccionaron en el modelo de la etapa de producción de materiales —explicados anteriormente—. La siguiente imagen (figura 42) explicará los datos extraídos de la base de datos. Siendo estos datos estándares de la construcción de edificios de vivienda plurifamiliar en España, por lo cual la metodología y los resultados que esta investigación arrojó se pueden utilizar como herramientas de diseño, o aplicar a futuras investigaciones.

Como se puede ver en la imagen anterior (figura 42) las dimensiones que se tomaron en consideración para construir el Modelo Box fueron la distancia entre los ejes estructurales, la altura entre forjados, las dimensiones y orientación de la Sala Comedor y del cuarto principal.

La utilización de esta base de datos nos permitió estar integrados con otras investigaciones de doctorado generadas dentro de la misma universidad, por medio del Grupo de Investigación ARC dirigido por el Dr. Leandro Madrazo. De la relación directa entre el Grupo de Investigación ARC y este estudio se creó un artículo de investigación en el congreso de eCAADe en el año 2013 llamado "Applying energy performance-based design in early design stages" junto con la Doctoranda Manuela Ianni de la Universidad Ramón Llull La Salle (eCAADe, 2013).



Tabla 07\_

**Título:** Eficiencias de los sistemas de referencia  
**Descripción:** Esta tabla esta extraída del CTE DBHE- 2014 (CTE DBHE, 2016). Estos datos se tomaron en consideración para el desarrollo de este modelo de simulación.  
**Fuente:** CTE DBHE -2016

Tabla 08\_

**Título:** Parámetros del Modelo Box  
**Descripción:** La siguiente tabla expresa los parámetros utilizados para construir el Modelo Box – Base para la simulación energética-  
**Fuente:** Tabla creada por autor de documento

Tabla 09\_

**Título:** Perfiles de uso  
**Descripción:** Esta tabla esta extraída del CTE DBHE- 2016 (CTE DBHE, 2016). Estos datos se tomaron en consideración para el desarrollo de este modelo de simulación.  
**Fuente:** CTE DBHE, 2016

Tecnología	Vector energético	Rendimiento
Producción de calor	Gas natural	0,92
Producción de frío	Electricidad	2,00

Tabla 07\_

	Parametro	Valor
Parametros de la envolvente del edificio	Masa Térmica (KJ/m2*K)	100
	Permeabilidad al aire (m3/h*m2@50Pa)	5
	Muro Exterior	
	Valor de la U (W/m2*k)	0.29
	Acristalamiento	
	Valor de la U (W/m2*k)	1.6
	Acristalamiento	
Valor de la G	0.85	
Puente Térmico		
Y- Valor (Ψ)	0.15	
Parametros de las instalaciones del edificio		0.43 W/L/S
	Ventilación Mecánica con recuperación de calor	Recuperación de calor/Eficiencia 92%
	Calefacción	Rendimiento
	Bomba de Calor / Gas Natural (CoP)	0.92
	Refrigeración	Rendimiento
	Fan Coil / Electricidad (CoP)	2.00
	Agua Caliente Sanitaria	Rendimiento
Bomba de Calor / Gas Natural (CoP)	0.92	
Ventilación Natural		
Aire exterior (ac/h)	3.00	

Tabla 08\_

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación inerte (W/m²)</b>					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Illuminación (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Equipos (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Ventilación verano<sup>1</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	-	-	-
<b>Ventilación invierno<sup>2</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	-	-	-	-	-

Tabla 09\_

A su vez, para obtener los datos técnicos de los sistemas de climatización, permeabilidad al aire, porcentaje de acristalamiento en la fachada, y los parámetros de confort térmico, se identificaron datos de recomendaciones estándares para la tipología de edificio que se quieren analizar en el documento de CTE DBHE- 2016 (CTE DBHE, 2016) (UNE-EN, 2015). De esta manera el edificio a estudiar cumple con todos los parámetros de la reglamentación de España. Tomando esto en consideración, los datos técnicos del modelo se resumen en las siguientes tablas: 07, 08 y 09.

Luego de tener construido el Modelo Box base se procede a calcular las tres categorías de impacto durante las etapas del ciclo de vida seleccionadas, este sistema de evaluación se va a explicar con mayor detalle más adelante en este documento.

### **3. ANALISIS SOSTENIBLE DEL CICLO DE VIDA - ASCV -**

Luego de explicar los parámetros y datos técnicos que se utilizaron para generar el Modelo Box como caso de estudio, debemos explicar los pasos a seguir para producir un ASCV como sistema de evaluación sostenible de las tipologías de sistemas de construcción de muro exterior, y de esta manera explicar cómo se calculan los tres tipos de

impactos: Ambiental, Económico y Social.

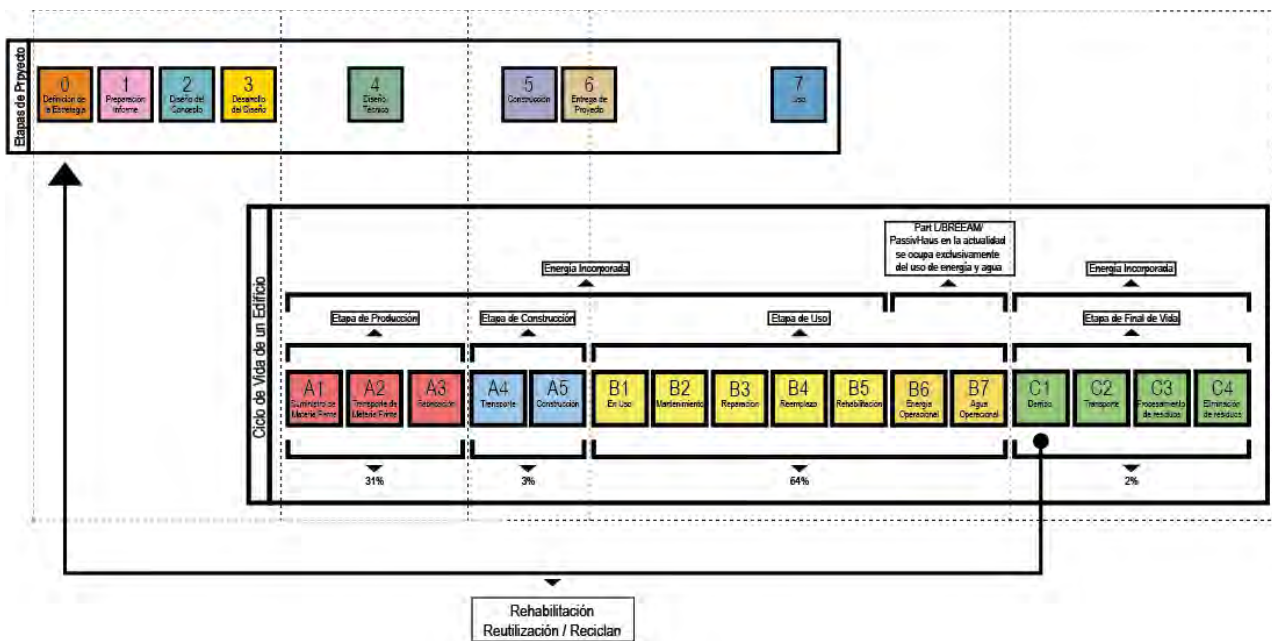
Para producir la metodología del sistema de evaluación de los tres impactos que se quieren estudiar en esta investigación, nos basamos en la metodología explicada en el documento "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" de las Naciones Unidas (UNPE, 2011), pero aplicada para el sector de la construcción.

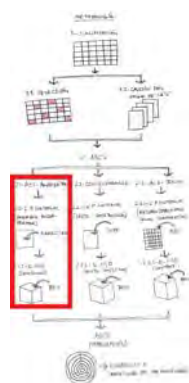
En dicho documento se explica cómo combinando diferentes métodos de cálculo se puede llegar a identificar el nivel de sostenibilidad de un producto, tomando en consideración la definición de la Triada del Desarrollo Sostenible —impacto ambiental, económico y social—. De esta manera se combinan la metodología de evaluación del Análisis del Ciclo de Vida del Impacto Ambiental —ACV-A—, con el Análisis del Coste del Ciclo de Vida —CCV—, y con el Análisis del Ciclo de Vida del Impacto Social —ACV-S— para generar un Análisis Sostenible del Ciclo de Vida —ASCV— tomando en consideración y analizando la triada de la sostenibilidad (Figura 43).

Mientras existen muchos ejemplos de ACV-A y CCV realizados para el sector de la construcción, no se pudieron encontrar muchos ejemplos de AVC-S en el ámbito de la construcción, y tampoco

Figura 43\_

**Título:** Etapas de ciclo de vida de un edificio contrastadas con las etapas de producción de información de un proyecto arquitectónico  
**Descripción:** En esta imagen se demuestran las etapas de ciclo de vida de un edificio contrastadas con las etapas de producción de información de un proyecto arquitectónico  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento





existen muchos ejemplos de investigaciones realizadas en dicho contexto que combinen los tres tipos de cálculos para generar una visión global del nivel de sostenibilidad de un producto arquitectónico basado en la Triada del Desarrollo Sostenible.

Como se explicó anteriormente el análisis de esta investigación profundizará en el estudio comparativo de cinco tipologías de sistemas constructivos de muro exterior. Para esto se generó primero un modelo base, en el que se calculó el impacto de todos los capítulos constructivos que repercuten sobre el Modelo Box, explicado anteriormente. Luego de tener este modelo base, sobre el mismo se aisló el capítulo del muro exterior, y se fue cambiando los datos del sistema constructivo de fachada, para de esta manera tener los valores comparativos sobre dichas tipologías constructivas.

El tercer nivel de análisis es buscar la mejora de los sistemas constructivos. Teniendo como casos de estudio base, las tipologías constructivas compuestas por materiales de fácil y común adquisición en el ámbito de la construcción de España; dichos sistemas bases están compuestos por materiales convencionales con los que generalmente son construidos. En este tercer nivel de investigación se busca mejorar el impacto de dichos

sistemas constructivos cambiando los materiales que los componen, generando alternativas menos convencionales que nos arrojen diferentes datos comparativos.

### a. AVC - Ambiental

Para medir el impacto Ambiental se propone utilizar la metodología del ACV- Simplificado –ACV-A– (ISO, 2006) (UNPE, 2011), (Anexo 1) para evaluar el comportamiento de estos elementos en todas las etapas del ciclo de vida del edificio que se seleccionaron para esta investigación. Se compararon las tipologías de muro exterior pre-seleccionadas, teniendo en consideración el consumo de energía durante las etapas de producción de los materiales constructivos y la etapa de uso del edificio. Estos datos nos permiten totalizar el impacto ambiental que cada tipología de fachada tiene en el ciclo de vida del edificio (Figura 44).

### i. Etapa de Producción de Materiales - energía incorporada al material -

La fase de fabricación de material es donde se estudia la energía incorporada a los materiales consumida durante el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta el proceso de manufactura y transporte del producto final (Figura 45).

La importancia de estudiar esta etapa del ciclo de vida se basa en que a la hora de proyectar el edificio, debemos tomar en cuenta que la composición que tenga los elementos arquitectónicos puede influenciar en promedio un 30% del consumo de energía del edificio.

Para la fase de producción de materiales los datos sobre consumo de energía primaria se extraerán de las bases de datos del BEDEC (ITEC, 2011) y del ICE (ICE, 2008). Analizando y calculando los materiales aplicados a estas soluciones constructivas de envolventes verticales opacas y la energía incorporada que cada uno de ellos tiene. A continuación, se explicará en más detalle cada etapa de investigación y el proceso de evaluación y de selección de bases de datos y herramientas:

## **o Modelo Box:**

Primero se estudian los datos extraídos del ACV realizado por la oficina Societat Orgànica (SO, 2006) sobre el edificio de Tossa de Mar, promocionado por INCASOL (INCASOL, 2000) y diseñado por la oficina de arquitectura de SAAs (SAAs, 2008). Tomando como referencia los datos que este estudio arrojó sobre el edificio de referencias que incluye los parámetros base que exige la oficina de INCASOL (INCASOL, 2000) en todos sus proyectos de vivienda plurifamiliar, tomando en

consideración que puede ser una referencia representativa al ámbito de la construcción de viviendas plurifamiliares en España, y estandarizando los parámetros del sistema de evaluación.

Con estos datos se realizará un estudio de los capítulos constructivos que intervienen con nuestro Modelo Box, aislando sólo los capítulos que actúan en esta porción representativa de un edificio de vivienda plurifamiliar. Aislando los datos que intervienen en la construcción de la fachada opaca, para luego generar comparativas variando los valores de energía incorporada a los materiales que intervienen en cada tipología que se estudió.

Teniendo esto presente se tomaron en cuenta sólo los capítulos nombrados a continuación, teniendo en consideración que estas son las partidas que intervienen con nuestra muestra representativa del caso de estudio:

- Estructura
- Muro Exterior —albanilería, aislamiento e impermeabilización—
- Carpintería
- Acristalamiento
- Protección solar

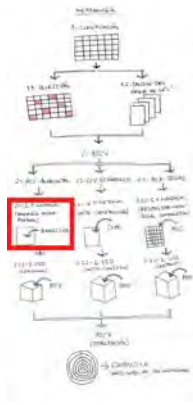


Figura 45\_

Título: Metodología de la investigación. Paso 2.1.1

Descripción: En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

Fuente: Imagen creada por autor de documento

## o Aislar el capítulo del Muro Exterior y calcular el impacto que cada tipología genera - Tipologías Base -:

Luego de tener el Modelo Box para esta etapa del ciclo de vida y esta categoría de impacto listo, se aíslan los datos del impacto ambiental que genera la fachada, y se calcula la energía incorporada al material durante el proceso de producción de los materiales que interviene en cada tipología a estudiar.

Esto generó un resultado de impacto ambiental para cada tipología, lo cual produce datos comparativos en los que se puede ver con facilidad cuál es el sistema constructivo que genera menor y mayor impacto ambiental durante esta etapa del ciclo de vida. Siempre tomando en cuenta que aunque una tipología genere menos impacto ambiental en esta fase, tal vez al totalizar el impacto generado en todas las etapas del ciclo de vida, las tendencias pueden ser diferentes a las que esta etapa aislada arrojan, ya que la huella total es la sumatoria de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida.

El proceso a seguir es el siguiente, se analiza el sistema de envolvente, se calcula el peso de los materiales y se consulta la base de datos del

BEDEC PR/PCT (ITEC, 2011), teniendo como referencia la base de datos de ICE (ICE, 2008). A partir de estos datos se obtienen los resultados del consumo de energía primaria generado en el proceso de fabricación del material material constructivo.

Estos datos son referencias tomando en consideración el impacto ambiental producido por la explotación de materia prima, la producción de materiales de construcción y el transporte de dichos materiales, teniendo en cuenta todo el impacto que se genera desde la cuna a la puerta –cradle to gate– (BRE, 2008).

## o Totalizar la Fase - correspondiente a cada tipología base -:

La última etapa del cálculo de la fase de producción de material es la totalización del impacto medioambiental. Esto quiere decir que para que podamos compilar los resultados de toda la fase del ciclo en un sólo resultado, tenemos que sumar los datos con los que se construyó el Modelo Box y los impactos generados por cada tipología; teniendo de esta manera la totalización del impacto ambiental de todas las partidas que intervienen en el modelo de estudio.

La razón por la cual no se evalúan solamente los datos que arroja cada envolvente es porque cuando se quiera totalizar el impacto en todas las etapas del ciclo de vida, tenemos que tener datos que podamos sumar, tomando en consideración todo el Modelo Box, y no solamente el muro exterior.

De esta manera se toman en consideración la intervención de todos los capítulos de materiales que interceden en nuestro modelo de cálculo, para que al final la sumatoria de los datos generados por cada etapa del ciclo de vida que se va a evaluar sea coherente, ya que están tomando en consideración los mismos elementos arquitectónicos, sólo dejando aislados los datos de la fachada para que la diferencia que haya entre los resultados sea la comparativa de los comportamientos de cada sistema constructivo de envolvente vertical opaca.

De esta manera nos aseguramos que los cálculos generados en cada etapa del ciclo de vida son referenciales al impacto de cada fase, y a su vez representan el modelo de cálculo de la porción representativa del edificio de vivienda plurifamiliar, pudiendo totalizar el impacto total de todas las fases al final de la investigación, y de esta manera generar comparativas entre tipologías de muro exterior.

## **o Mejora de tipologías bases:**

Al haber finalizado los diferentes niveles de análisis anteriores y haber obtenido un resultado de impacto ambiental para la etapa de producción de materiales referente a cada tipología base, se analizó cada sistema constructivo de muro exterior y se buscaron mejoras cambiando algunos materiales, buscando reducir las diferentes categorías de impactos en cada etapa del ciclo de vida.

En esta etapa se tiene en consideración que la **transmitancia térmica** —valor de la U— debe ser el mismo en todas las tipologías, por lo tanto al cambiar los materiales se busca alcanzar el mismo valor de U. De esta manera, no sólo se verifica que todos los sistemas constructivos cumplan con las recomendaciones del CTE (CTE DBHE, 2016), sino también para tener datos comparativos y no generar distorsiones en el sistema de evaluación.

Para calcular el impacto ambiental de esta etapa de ciclo de vida, se repiten los mismos pasos que se explicaron anteriormente para obtener el total del impacto producido en la etapa de producción de materiales, y de esta manera generar comparativa entre la tipología base y sus posibles mejoras.

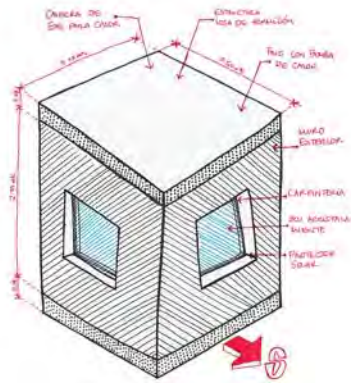


Figura 46\_

**Título:** Esquema del Modelo Box

**Descripción:** (IDEM a Figura 38) Muestra representativa de un edificio de vivienda plurifamiliar. Explicación de capítulos constructivos que se toman en consideración en el análisis de esta investigación.

Para más información ver Figura 40

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

## ii. Etapa de Uso - consumo energético -

### o Modelo Box:

Primero se construyó el Modelo Box, caso de estudio para esta investigación, siguiendo los parámetros explicados en los apartados anteriores, construyendo el modelo de cálculo en el software de simulación energética. Siguiendo los parámetros del CTE (CTE DBHE, 2016) y extrayendo datos del proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006) y en el Apéndice 4 de este documento (Figura 48).

Este Modelo Box (figura 46) es una porción representativa del edificio que contiene los capítulos constructivos necesarios para analizar el muro exterior como elemento arquitectónico y su contribución para la sostenibilidad del edificio. Para aplicar esta metodología a futuras investigaciones, el Modelo Box tiene que representar la porción del edificio que se quiere estudiar, o si se quiere analizar un edificio completo, el modelo debe representar todos los capítulos constructivos que incluye el caso de estudio.

### o Aislar el capítulo del Muro Exterior y calcular el Impacto que cada tipología genera - Tipologías Base - :

Luego de tener el Modelo Box construido, se aísla el capítulo de la fachada y se cambian datos de envolvente, adaptándose a las tipologías constructivas seleccionadas para el análisis. El programa de simulación genera datos que reflejan el consumo energético durante un año de uso del edificio, y de esta manera se obtienen resultados comparativos para cada uno de los cinco sistemas constructivos a estudiar.

### o Totalizar la Fase - correspondiente a cada tipología base - :

Al finalizar las simulaciones y cálculos respectivos tenemos el consumo energético total durante un año de vida del edificio. Para obtener el valor total del impacto ambiental en la etapa de uso del edificio se debe multiplicar este consumo de energía generado por un año de uso, por el total del promedio de vida útil de un edificio, en esta investigación se tomó como promedio 50 años de vida útil (BRE, 2008) (ISO, 2011) (ISO-2, 2011). Con esto obtenemos el total de impacto ambiental generado por el edificio durante la etapa de vida del mismo.

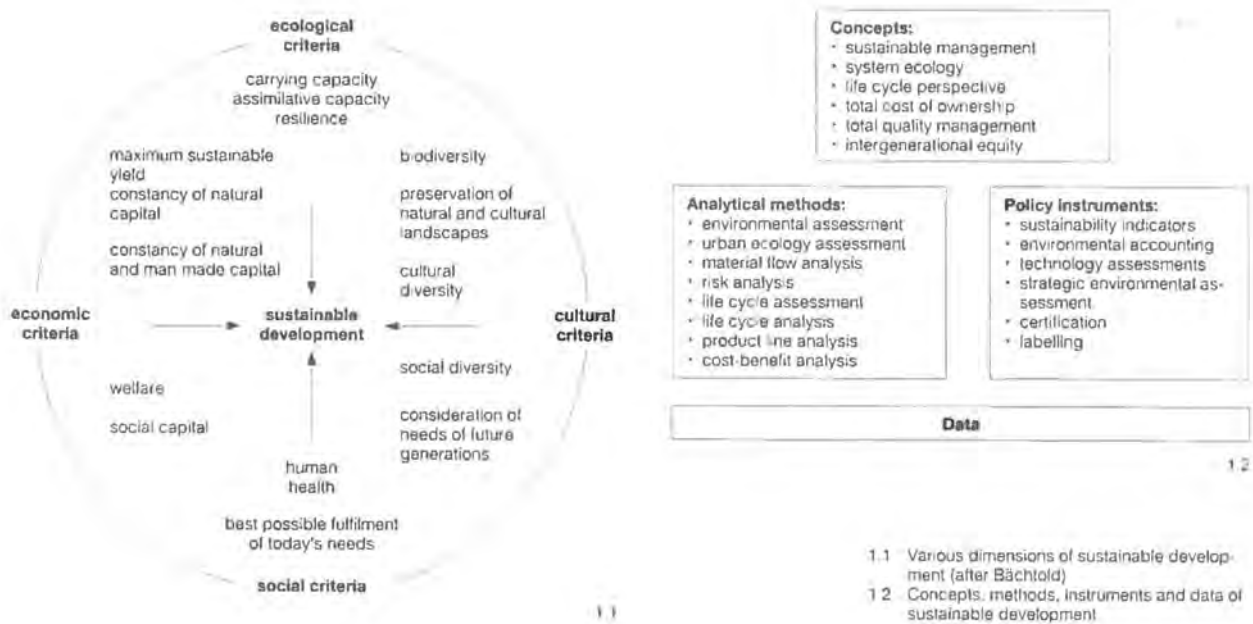


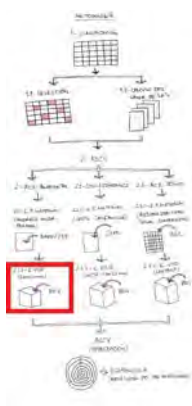
Figura 47\_

Título: Desarrollo Sostenible

Descripción: En esta imagen se explica cómo se puede aplicar el concepto del Desarrollo Sostenible considerando la triada de la sostenibilidad

Fuente: Varios, 2010





La razón por la cual se evalúa el consumo de energía mas no la demanda, es porque se quiere analizar la energía primaria en cada una de las etapas. Para de esta manera poder sumar la energía incorporada al material durante la etapa de producción y la energía consumida en la etapa de uso.

A su vez vale la pena recordar que el objetivo de construir el Modelo Box, y aplicar dicho modelo a todos los cálculos de impacto en cada una de las etapas, es porque queremos sumar los valores que genera el espacio tridimensional del modelo de simulación, que obtienen los resultados de la etapa de uso; con los impactos que genera dicho volumen en la etapa de producción de materiales. De esta manera se obtienen resultados que no sólo verificables, sino también sean fidedignos del verdadero impacto que cada tipología de fachada genera.

### o Mejora de tipologías bases:

Al haber finalizado los diferentes niveles de análisis anteriores y haber obtenido un resultado de impacto generados durante el total de vida útil promedio de un edificio —50 años— referente a cada tipología base, se analiza cada sistema de muro exterior y se buscan mejoras a cada uno de ellos cambiando algunos materiales, siguiendo la

misma lógica explicada en el apartado anterior para este mismo nivel de análisis en la etapa de producción de materiales.

En esta etapa se tiene en consideración que la transmitancia térmica —valor de la U— debe ser la misma en todas las tipologías, por lo tanto al cambiar los materiales se busca alcanzar el mismo valor de U. De esta manera, no sólo se verifica que todos los sistemas constructivos cumplan con las recomendaciones del CTE (CTE DBHE, 2016), sino también para tener datos comparativos y no generar distorsiones en el sistema de evaluación.

Para calcular el impacto ambiental de esta etapa de ciclo de vida, se repiten los mismos pasos que se explicaron anteriormente para obtener el total del impacto producido en la etapa de uso, y de esta manera generar comparativa entre la tipología base y sus posibles mejoras.

### iii. Totalización de ACV- Ambiental

Una vez que tengamos el total de impacto de cada una de las etapas debemos totalizar el ACV-Ambiental (figura 47) sumando cada uno de los impactos —producción de material y uso del edificio—. De esta manera podemos tener una cantidad de consumo de energía primaria total por

cada tipología de muro exterior.

Para tener más datos comparativos, la sumatoria expresará el valor integral de la suma de todas las fases, y también el impacto total generado en cada etapa, pudiendo comparar no sólo el total sino también cada fase.

## **b. CCV- Económico**

Para medir el impacto económico se va a utilizar una herramienta que se llama Análisis del Coste del Ciclo de vida Simplificado —CCV—, el cual sigue los mismos principios del ACV, pero enfocado en el estudio del valor económico que tiene cada elemento arquitectónico durante cada etapa del ciclo de vida, midiendo desde el costo de producción, hasta el transporte, mantenimiento, etc (Figura 49).

Este estudio evalúa el gasto económico que se genera por la construcción y mantenimiento del edificio, y también toma en consideración si existe algún ahorro económico generado gracias a la mejora a nivel de diseño de un elemento arquitectónico, por ejemplo: si el edificio tiene alguna instalación fotovoltaica, este estudio toma en consideración, no sólo el gasto económico que genera la construcción de dicha instalación, sino también el ahorro económico que genera reduciendo el

consumo de energía.

## **i. Etapa de Producción de Materiales - coste de procura y manufactura de materiales -**

Para la etapa de Producción de Materiales se tomó en consideración el coste que genera la procura y la fabricación de los materiales. Para esta fase se contó con el apoyo de la base de datos del CYPE como principal fuente de análisis y con la base de datos de BEDEC para verificación de los mismos. Ambas bases de datos se explicaron anteriormente, junto con el proceso de selección de las mismas (Figura 50).

## **o Modelo Box:**

Para generar datos de análisis comparativo con los otros impactos —Ambiental y Social—, se siguió la misma lógica que con el cálculo del Impacto Ambiental, teniendo presente los capítulos constructivos que se tomaron en consideración para modelar el box.

Los datos de coste de todos los capítulos constructivos que se utilizan para construir el Modelo Box se extrajeron del presupuesto de obra del Edificio Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Se aislaron los datos

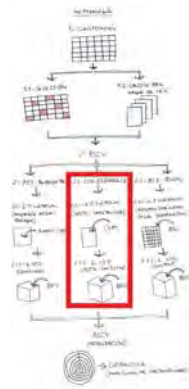


Figura 49\_

**Título:** Metodología de la investigación. Paso 2.2

**Descripción:** En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box y se aplicó un factor de corrección, ya que el edificio del que se extrajo la información fue construido en el 2009, y hay que tomar en consideración la inflación y la fluctuación de los precios del mercado de la construcción de España desde el momento en el que se generó el presupuesto y el momento en que se realizó esta investigación.

Para obtener un factor de corrección coherente que factorice todos los cambios económicos que ha sufrido la industria desde el 2009 hasta el 2016, se estudiaron diferentes revistas especializadas y medición de presupuestos de obras actuales; como son la revista Construc (CONSTRUC, 2016) y los Boletines Económicos de la Construcción de presupuestos (BEC, 2016) referentes a los años que se están estudiando —2009 al 2016—.

En base a estas dos revistas, Construc y Boletín Económico de la Construcción de Presupuestos, se han comparado los presupuestos de obra similares a la tipología edificio que se está estudiando en este análisis, para valorar el factor de corrección: 1.10 en el total del presupuesto €/m<sup>2</sup>. Estos cálculos se explican con mayor detalle en el Apéndice 7-c de esta investigación.

Este factor de corrección se aplicó al coste total por metro cuadrado de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box, para de esta manera generar un Modelo Box base correspondiente a valores tangibles aplicable a esta investigación. De esta manera se estandarizaron los datos que se extrajeron, para que esta metodología y los resultados que la evaluación generen puedan ser aplicados a cualquier investigación futura, o se utilicen como herramienta de diseño.

### **o Aislar el capítulo del Muro Exterior y calcular el Impacto que cada tipología genera - Tipologías Base - :**

Luego de tener el Modelo Box listo, se aislaron los datos del impacto que generó la fachada, y se calculó el costo procura y manufactura de los materiales constructivos generados durante la etapa de producción de los materiales de cada una de las cinco tipologías seleccionadas para esta investigación. Esto generará un impacto económico por cada tipología, lo cual produjo datos comparativos en los que se puede ver con facilidad cual es la tipología que tiene menor y mayor impacto durante esta etapa del ciclo de vida.

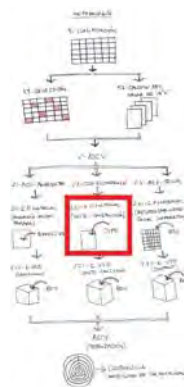
El proceso a seguir es el siguiente, se estudia el sistema de envolvente que se quiere analizar, se

Figura 50\_

Título: Metodología de la investigación. Paso 2.2.1

Descripción: En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

Fuente: Imagen creada por autor de documento



estudia la composición de la tipología y los materiales de los que está compuesta, se calcula el peso y área de construcción de cada material y se consulta la base de datos del CYPE (CYPE, 2016), teniendo como referencia la base de datos de BEDEC PR/PCT (ITEC, 2011), que se explicaron anteriormente. A partir de estos datos se obtienen los resultados de la coste —€/m<sup>2</sup>— generada en la etapa del ciclo de vida que se está estudiando.

Los datos de estas bases de datos son referencias que tomaron en consideración el impacto económico producido por la producción de materia prima, procura y producción de los materiales constructivos, teniendo en cuenta todo el impacto económico que se genera desde la cuna a la puerta —cradle to gate— (BRE, 2008).

### o Totalizar la Fase - correspondiente a cada tipología base - :

La última etapa del cálculo de la fase de producción de material es la totalización del impacto económico. Esto quiere decir que para que podamos compilar los resultados de toda la fase del ciclo en un solo resultado, tenemos que sumar los datos del Modelo Box con el impacto generado por cada tipología.

Esto es porque hay que tomar en consideración la intervención de todos los capítulos de materiales que interceden en nuestro modelo de cálculo, para que al final la sumatoria de los datos generados por la etapa de uso del edificio con la de producción de materiales sea coherente. Esto es porque se están tomando en consideración los mismos elementos arquitectónicos, solamente dejando aislados los datos de la fachada para que sea evidente la diferencia que genere cada tipología, y no se tomen en consideración otros elementos arquitectónicos.

De esta manera nos aseguramos que los cálculos generados en cada etapa del ciclo de vida son referenciales al impacto de cada fase, y a su vez representan el modelo de cálculo de la porción representativa del edificio de vivienda plurifamiliar, pudiendo totalizar el impacto total de todas las fases al final de la investigación, y de esta manera generar comparativas entre tipologías de muro exterior.

### o Mejora de Tipologías Bases:

Al haber finalizado los diferentes niveles de análisis anteriores y haber obtenido un resultado de impacto económico por la etapa de producción de materiales referente a cada tipología base, se analiza cada tipología de muro exterior y se



datos del Ministerio de Energía, Turismo, y Agenda Digital y el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía del Gobierno Español, donde se publican el Informe de Precios Energéticos Regulados (IDAE, 2016). La siguiente tabla —tabla 10— explica los precios promedios de cada fuente de energía en España para el año 2015-2016.

### **o Etapa de Uso - Modelo Box - :**

Para generar datos de análisis comparativo entre las otras categorías de impactos —Ambiental y Social—, se utilizan los datos de consumo de energía generados en la simulación del Modelo Box, siguiendo los parámetros que se explicaron en la metodología de cálculo del impacto ambiental.

### **o Aislar el capítulo del Muro Exterior y calcular el Impacto que cada tipología genera - Tipologías Base - :**

Luego de tener el Modelo Box base construido, se aisló el capítulo de la fachada y se cambiaron las tipologías constructivas para crear datos comparativos. El programa de simulación generó datos que reflejaron el consumo energético durante un año de uso del edificio, diferenciando entre refrigeración y calefacción.

Luego de tener los datos de la simulación energética, se calculó el coste referencial extraído de los reportes del IDAE (IDAE, 2016). Tomando en consideración que el consumo de energía generado por refrigeración consume electricidad, y el consumo de energía generado por calefacción consume gas natural.

### **o Totalizar la Fase - correspondiente a cada tipología base - :**

Al finalizar las simulaciones y cálculos respectivos obtuvimos el coste del consumo energético generado durante un año de vida del edificio. Luego estos totales se multiplicaron por la vida útil promedio del edificio —50 años—(BRE, 2008). Con esto tuvimos el total de impacto económico generado por cada tipología de muro exterior durante el total de la etapa de uso.

### **o Mejora de tipologías bases:**

Al haber finalizado los diferentes análisis anteriores y haber obtenido un resultado de impacto generado durante el total de vida útil promedio de un edificio —50 años— (BRE, 2008) referente a cada tipología base, se analizó cada sistema de muro exterior y se buscaron mejoras a cada uno de ellos cambiando algunos materiales, siguiendo la misma lógica explicada en el apartado anterior

	Coste €/KWh
Consumo Electrico	0,141033
Consumo de Gas	0,04762449

Tabla 10\_

**Título:** Precios promedios de Gas Natural y Electricidad en España del año 2015-2016

**Descripción:** La siguiente tabla explica los precios promedios de Gas Natural y Electricidad en España del año 2015-2016. Estos valores se tomaron en consideración para el cálculo del impacto económico en la etapa de Uso.

**Fuente:** IDAE, 2016

para este mismo nivel de análisis en la etapa de producción de materiales.

En esta etapa se tiene en consideración que la transmitancia térmica —valor de la U— debe ser la misma en todas las tipologías, por lo tanto al cambiar los materiales se busca alcanzar el mismo valor de U. De esta manera, se verificó que todos los sistemas constructivos cumplan con las recomendaciones del CTE (CTE DBHE, 2016), y también se obtuvieron datos comparativos para no generar distorsiones en el sistema de evaluación.

Para calcular el impacto económico de esta etapa de ciclo de vida, se repiten los mismos pasos que se explicaron anteriormente para obtener el total del impacto producido en la etapa de uso, y de esta manera generar una comparación entre la tipología base y sus posibles mejoras.

### iii. Totalización de CCV- Económico

Una vez que tuvimos el total del impacto de cada una de las etapas pudimos totalizar el CCV-Económico sumando cada uno de los mismos —producción de material y uso—. De esta manera podemos obtener el total de coste generado por cada tipología de muro exterior.

Para tener más datos comparativos, con la sumatoria expresamos, no sólo el valor integral de la adición de todas las fases, sino también el impacto total generado en cada etapa, pudiendo comparar el total y aislar cada fase.

Otro punto que se podría considerar, dependiendo de la normativa local, es el coste de la compensación de las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas por el edificio durante la etapa de uso. Actualmente no es algo que se aplica en España, por lo tanto no se tomó en consideración para esta investigación. Pero la iniciativa de la Unión Europea de Zero emisiones de carbono, parte de la Conferencia de Cambio Climático en París (UN\_COP21, 2015), implica que cuando se está construyendo un edificio que produce emisiones de CO<sup>2</sup> en su etapa de uso, se debe pagar una especie de impuesto a la localidad, para compensar estas emisiones de CO<sup>2</sup> en otro proyecto. Por ejemplo: se compensan las emisiones de CO<sup>2</sup> de un edificio sembrando árboles en otro proyecto local.

Es importante mencionar que en esta investigación solamente se van a tomar en cuenta el coste de la producción y procura de materiales referentes a la etapa de producción, y el coste energético producido durante la etapa de uso. Hay otros parámetros que se podrían tomar en consideración como la repercusión del grosor del muro exterior

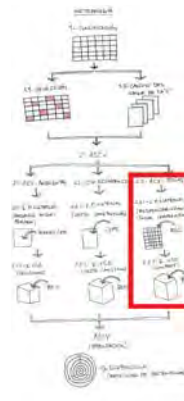


Figura 52\_

**Título:** Metodología de la investigación. Paso 2.3

**Descripción:** En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



impactando la cantidad de área vendible, y por lo tanto el coste inmobiliario del edificio. Pero en esta investigación, por ser un ACV- Simplificado, se decidió tomar como un parámetro por cada etapa del ciclo de vida estudiada. Por lo tanto este estudio se puede conservar para investigaciones futuras.

### c. ACV- Social

El impacto social es el más difícil de medir, y actualmente no existen bases de datos del sector de la construcción con indicadores de tipo social, verificadas en las cuales basar el estudio. Tampoco existen investigaciones científicas verificables que podamos tomar como referencia. Por lo tanto, lo que se propone en esta investigación es basarnos en la metodología que se explica en el documento de las Naciones Unidas (UNPE, 2011), aplicando dicha metodología de estudio al ámbito de la construcción (Figura 52).

De esta forma tendremos datos de Impacto Social en las etapas del ciclo de vida que se quieren estudiar en esta investigación, y así podremos tener el Impacto Social total de cada tipología de muro exterior seleccionada para esta investigación.

Teniendo esto en consideración se propone estudiar para la etapa de producción de material, la

**Responsabilidad Social Corporativa –RSC–** de las compañías manufactureras de los materiales de construcción que intervienen en cada tipología de muro exterior.

Para la fase de uso del ciclo de vida, se calcularon los niveles de confort del ambiente interior –temperatura interior– del edificio que cada muro exterior genera, tomando como referencia los perfiles de uso descritos en el CTE (CTE DBHE, 2016).

### i. Etapa de producción de materiales y construcción - Responsabilidad Social Corporativa - :

Para calcular el impacto social en la etapa de producción de material, se seguirá la metodología descrita en el documento "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" de las Naciones Unidas (UNPE, 2011). Esta metodología evalúa la RSC de cada empresa fabricante de materiales que intervienen en productos (Figura 53).

Durante la elaboración de esta investigación no se consiguieron investigaciones académicas que aplicaran esta metodología en el ámbito de la construcción. Por lo tanto, es importante recordar que la aplicación de este sistema de análisis es

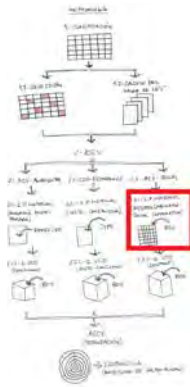


Figura 53\_

**Título:** Metodología de la investigación. Paso 2.3.1

**Descripción:** En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

una de las contribuciones formales de esta tesis.

Primero se toma en consideración todos los agentes involucrados en el proceso de producción que pueden verse afectados. Entre ellos están los empleados, la comunidad local, los consumidores o clientes, el medio ambiente, la sociedad, etc. La lista de agentes se extrajo del documento de las UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011).

Luego se analizan los indicadores de impacto de cada agente involucrado, la lista de los indicadores que se tomaron en consideración para esta investigación se extrajo del documento de las UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011); y se pueden verificar en la plantilla de análisis que se generó para apoyar este análisis (tabla 11).

El impacto social de la empresa y el proceso de producción del material constructivo se evaluó de la siguiente manera:

- Primero se buscó evidencia que evalúe si la empresa tiene procesos para contrarrestar cualquier impacto social negativo para cada indicador social descrito en la tabla 11. Se tomó en consideración cualquier información pública de la empresa.

- Se colocó un equis —X— en la tabla 11 cada vez que se consiguió evidencia de impactos

sociales positivos para cada indicador, tomando en consideración que todos los indicadores tienen la misma importancia, siguiendo los parámetros explicados en la metodología del documento de la UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011).

- Se sumaron la cantidad de impactos positivos que la empresa tiene, y se totalizó el nivel de impacto social, pandeando esta sumatoria con el sistema de puntuación descrito en la tabla 12. Totalizando el impacto de cada empresa en una escala del uno al cinco, siendo uno el menor impacto y cinco el mayor

- Cuando la tipología que se estaba analizando tuvo más de un material, se promedió el impacto de cada material. Sumando el total de los puntos positivos de cada material y dividiendo esta sumatoria entre la cantidad de materiales que intervienen en la composición de la tipología.

Se debe mencionar que si se cambia la empresa manufacturera de alguno de los materiales que componen los sistemas constructivos, esto impactará la posición relativa que ésta tiene en comparación con los otros sistemas constructivos.

Tabla 11\_

**Título:** Responsabilidad Social Corporativa –RSC–

**Descripción:** Esta tabla se usa como plantilla para calcular el Impacto Social de la RSC de cada empresa de Producción de Material. La metodología para utilizar esta tabla es identificar si la empresa tiene en alguna información de acceso público información que evidencie que los indicadores de impacto han sido tomados en consideración durante la producción del material constructivo.

Si el indicador es positivo, se coloca un equis –X– para adjudicarle un punto positivo a la empresa. Luego se suman todos los puntos positivos, dándole una puntuación a cada empresa.

**Fuente:** Tabla creada por autor de documento siguiendo las directrices del documento de la UN (UNPE, 2011)

Stakeholders	Categorías de impacto	Empresa: Tabicosa Material: Termo Arcilla	Empresa: CEMEX Material: Hormigon Celular	Empresa: Garnica Material: Madera contrachapado	Empresa: BASF Material: Aislamiento EPS	Empresa: Rockwool Material: Aislamiento de lana mineral	Empresa: Gulex Material: Aislamiento de fibra de madera	Empresa: Malpesa Material: Bloque prefabricado de arcilla	Empresa: Valderrivas Material: Bloques prefabricado de hormigon
Empleados	Seguridad Laboral								
	Libertad sindical y negociacion colectiva								
	Evacion de trabajo infantil								
	Salario justo								
	Igualdad de oportunidades								
	Beneficios laborales								
	Respeto de derechos humanos								
	Ofertas de trabajo								
	Compromiso de formacion								
Comunidad Local	Declaracion de mision con los empleados								
	Declaracion de mision con la comunidad								
Consumidor	Codigo etico								
	Certificado de calidad								
Medioambiente	I+D Investigacion								
	Certificado Medioambiental								
Sociedad	Compromiso Ambiental								
	Fundacion/ Charities								
	RSC Responsabilidad Social Corporativa								
Raiting									

Tabla 11\_

Raiting	
0 - 3	5
4 - 7	4
8 - 11	3
12 - 15	2
16 - 18	1

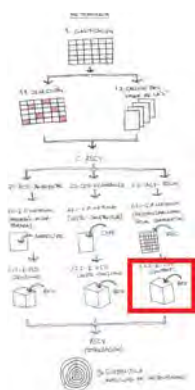
Tabla 12\_

Tabla 12\_

**Título:** Sistema de puntuación de RSC

**Descripción:** Sistema de puntuación para ponderar el Impacto Social. Luego de tener la puntuación total de cada empresa se corrobora su nivel de impacto siguiendo los datos de esta tabla, teniendo como 1 menor y 5 mayor impacto.

**Fuente:** Tabla creada por autor de documento



A su vez vale la pena mencionar que se trabajó con datos condicionados, extraídos únicamente de la información pública de cada empresa. Por lo tanto es posible que algunas empresas cumplan con algunos requerimientos de RSC pero que no los tengan publicados. Además, siempre se trata de auto declaraciones, ya que es información publicada por la misma empresa, pero no hay un sistema de verificación de dicha información, esta parte del análisis se beneficiaría de tener contacto directo con la empresa pues los datos o valores podrían ser más exactos.

## ii. Etapa de uso - confort térmico - :

Para la fase de uso del ciclo de vida, se decidió calcular el confort térmico —temperatura interior— que genera cada tipología de muro exterior. Siendo esta categoría de impacto la que está relacionada directamente con la envolvente térmica de un edificio. Se utiliza el mismo Modelo Box y programa de simulación que se utilizó para el Impacto Ambiental y Económico, siguiendo los mismos parámetros del modelado (Figura 54).

Lo complicado de medir niveles de confort es que depende del usuario del edificio y su sensibilidad al calor o frío. Por lo tanto, en esta investigación, tomamos como base los niveles de confort

propuestos por el Código Técnico de la Edificio Española (CTE DBHE, 2016) (Tabla 13). Comparando estos niveles de confort, se puede llegar a un análisis comparativo de las tipologías seleccionadas y a su vez una visión global sobre la etapa de Uso y el Impacto Social que cada una genera.

Esto se hará tomando en consideración una serie de datos referenciales que el CTE tiene sobre los diferentes perfiles de uso para un edificio residencial (CTE DBHE, 2016) (UNE-EN, 2015) (Tabla 13). Estos niveles de uso nos dan parámetros de temperatura de consigna los cuales reflejan en el modelo de cálculos las horas de disconfort que el edificio puede generar. Esto se calcula tomando en cuenta todos los sistemas del edificio junto con los parámetros de uso que un edificio de vivienda debería tener. Teniendo como resultado una cantidad de horas de disconfort para verano y para invierno.

Cada tipología tiene un resultado diferente de totales de horas de disconfort que se puede comparar con facilidad. Estos datos de horas de disconfort que genera la simulación energética son referentes a un año de uso del edificio. Por lo tanto, para tener el impacto durante toda la etapa de uso, se debe multiplicar por los 50 años de vida útil del edificio (BRE, 2008). Con estos resultados podemos analizar cuál tipología tiene menor o mayor impacto social durante esta etapa del ciclo de vida

Tabla 13\_

Título: Perfiles de Uso

Descripción: (IDEM a tabla 09) Esta tabla esta extraída del CTE CBHE- 2016. Estos datos se tomaron en consideración para el desarrollo de este modelo de simulación. Estos parámetros también se utilizan para el estudio del Impacto Ambiental

Fuente: CTE DBHE, 2016

## C.1 Perfiles de uso

Las siguientes tablas recogen los perfiles de uso normalizados de los edificios (solicitaciones interiores) en función de su uso, *densidad de las fuentes internas* (baja, media o alta) y *periodo de utilización* (8, 12, 16 y 24h):

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación latente (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Iluminación (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Equipos (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Ventilación verano<sup>1</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
<b>Ventilación invierno<sup>2</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> En régimen de verano, durante el periodo comprendido entre la 1 y las 8 horas, ambas incluidas, se supondrá que los espacios habitables de los edificios destinados a vivienda presentan una infiltración originada por la apertura de ventanas de 4 renovaciones por hora. El resto del tiempo, indicados con \* en la tabla, el número de renovaciones hora será constante e igual al mínimo exigido por el DB

<sup>2</sup> El número de renovaciones hora, indicado con \* en la tabla, será constante e igual al calculado mínimo exigido por el DB HS.

Es importante mencionar que sólo se está tomando en consideración como parámetro de análisis el confort térmico –temperatura interior– porque es el parámetro social que corresponde directamente con el funcionamiento de la envolvente del edificio. Si se analizaran otros elementos constructivos o edificios completos, se podrían tomar en consideración los siguientes parámetros de estudio de impacto Social, (Sturgis Carbon Profiling, 2016):

- Calidad de aire interior
- Confort térmico
- Corrientes de aire y puntos fríos
- Humedad relativa
- Acústica
- Luz natural
- Síndrome del edificio enfermo
- Flexibilidad y Estética
- Características históricas e integridad arquitectónica
- Sentido de comunidad y privacidad
- Espacio exterior privado
- Seguridad

### **iii. Totalización de ACV-Social**

El impacto social es el más difícil de medir, ya que toma en consideración una serie de variables que pueden ser intangibles, y a su vez no se cuentan como metodologías, herramientas o bases de datos aplicables al ámbito de la construcción. Por lo tanto, en esta investigación nos concentraremos en la Responsabilidad Social Corporativa de las empresas manufactureras y en los niveles de confort térmico –temperatura interior– que puede generar las diferentes tipologías de muro exterior sobre el usuario del edificio.

El Impacto Social no se puede totalizar, ya que los valores generados para ambas etapas están en diferentes unidades de medida. Pero se puede identificar por separado, cual tipología tiene menor y mayor impacto en cada etapa, y de esta manera verificar cual tiene mejor rendimiento a nivel de impacto social.

### **d. Análisis Sostenible del Ciclo de Vida - ASCV, integración de impactos ambiental, económico y social -**

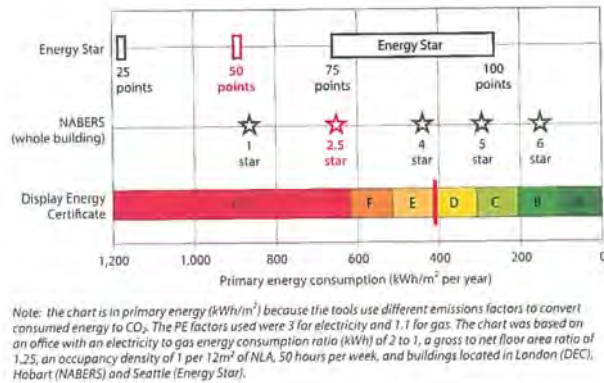
A continuación, se explicarán cómo se integran los datos generados por los tres tipos de impactos, para obtener un valor referente del nivel de

Figura 55\_

**Título:** Comparativa de Sistemas de evaluación y puntuación sostenible

**Descripción:** Esta gráfica compara diferentes sistemas de evaluación sostenible como el DEC, NABERS y Energy Star

**Fuente:** Clark, 2013



sostenibilidad total de cada tipología de muro exterior. Esta integración es uno de los aportes más importantes de esta investigación pues se considera transferible a cualquier futuro análisis de otro elemento arquitectónico o de un edificio completo.

## i. Análisis Comparativos - Bases -

Luego de tener todos los datos y análisis previos realizados sobre cada clasificación de las tipologías de muro exterior, se procederá a hacer análisis comparativos sobre los mismos, totalizando todos los datos generados durante los pasos de la metodología explicados anteriormente. Así, se pueden sacar conclusiones acerca de qué tipo de envolvente tiene mejor comportamiento sostenible a lo largo del ciclo de vida de un edificio.

De esta manera se obtiene como resultado un estudio comparativo sobre todas las tipologías de muro exterior, y se contrarresta el funcionamiento de cada una de ellas en términos de impacto Ambiental, Económico y Social. También se deja claro cuál de los sistemas tiene más aporte sobre las condiciones estudiadas; al igual que el nivel de importancia que tiene el buen diseño de la envolvente vertical sobre el desempeño sostenible del edificio.

## ii. ACV comparativo sobre la tipología más convencional, cambiando los tipos de materiales y los sistemas constructivos - Mejoras - :

Esta parte de la metodología nace de la necesidad de comparar diferentes tipos de materiales, para verificar cuál es el que presta mejor desempeño a nivel sostenible tomando en consideración todas las fases del sistema, y buscando mejorar cada tipología de muro exterior. A su vez nace de la idea de verificar la importancia en la escogencia de los materiales que componen los sistemas constructivos, y de esta manera generar más parámetros de diseño, para que futuros proyectistas lo usen para mejorar el rendimiento sostenible de sus edificios.

El objetivo de todos estos pasos de ACV comparativos es generar la mayor información posible sobre el desempeño sostenible de las diferentes tipologías de fachada, teniendo en consideración sus tipologías, materiales, sistemas constructivos, etc., y los diferentes impactos que las mismas pueden generar, considerando la triada de la sostenibilidad, Social, Medioambiental y Económico.

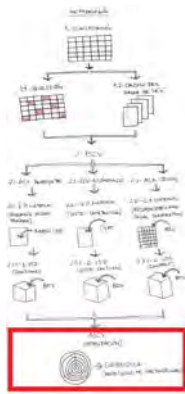


Figura 56\_

Título: Metodología de la investigación Paso 3

Descripción: En esta imagen se resalta en la gráfica de la metodología la etapa que se está explicando en esta sección

Fuente: Imagen creada por autor de documento

### iii. Ratio de nivel de sostenibilidad - eco brújula -

Al finalizar toda la etapa de cálculo de esta investigación se concluyó la misma ponderando todos los totales de cada uno de los impactos en cada una de las etapas estudiadas en esta investigación. Dichos totales se ajustan a un sistema de evaluación comparativo, donde se le asignan números del uno al cinco, siendo uno el de menor impacto y cinco el de mayor impacto. Tomando esto en consideración se compararon todos los cálculos generados por cada sistema constructivo que se analizó y el sistema de evaluación le asignó un número menor o mayor, dependiendo del nivel de impacto, a cada tipo de impacto, etapa y sistema constructivo (Figura 56).

Siguiendo la idea de generar un sistema de puntuación se crea la tabla 14, en la que no sólo se resume el nivel de impacto para cada categoría y para cada etapa estudiada, sino también se le dan puntuaciones del uno al cinco para cada una de ellas. Vale la pena recordar que el sistema de puntuación valora cada categoría de impacto de igual manera, basándose en la definición del Desarrollo Sostenible y la Triada de la Sostenibilidad, la cual explica que la sostenibilidad es la búsqueda del equilibrio entre las tres categorías de impacto — Ambiental, Económico y Social—.

En esta Investigación entendemos que existen otros sistemas de puntuación —ex. Verde, SBtool, BREEAM, LEED, etc.— en los cuales se le da diferentes valoraciones a cada categoría de impacto, pero creemos que es un error depreciar un impacto sobre el otro, ya que se aleja de la teoría de sostenibilidad original. Como se puede ver en la investigación realizada por Silvia Andrés Ortega (Andrés, 2017) donde se evidencia como todas las herramientas de certificación que se utilizan en el ámbito de la certificación le dan mayor importancia a el impacto ambiental, y se concentran en su mayoría en el impacto generado durante la etapa de Uso.

En esta Investigación se quiere cuestionar este enfoque, buscando volver a el concepto original del Desarrollo Sostenible, y buscando realmente el equilibrio entre estas tres categorías de impactos. Estipulando que el impacto ambiental, económico y social tienen la misma importancia.

Al finalizar toda esta comparativa se creó una manera gráfica de resumir los cálculos generados y tener la evaluación sostenible de cada sistema constructivo que se analizó en esta investigación. Tomando esto en consideración se creó una “Eco Brújula” (Figura 57 y Tabla 14) en la que se puede visualizar de manera rápida y fácil el impacto generado por un sistema constructivo en cada etapa del ciclo de vida.



Tabla 14\_

**Título:** Sistema de Puntuación

**Descripción:** En la siguiente tabla se explica el sistema de puntuación que se desarrolló para calcular el impacto sostenible total de cada elemento estudiado. Con este sistema de puntuación se genera las gráficas de las eco brújulas y los promedios de sostenibilidad totales de cada elemento.

**Fuente:** Tabla creada por autor de documento

Figura 57\_

**Título:** Eco Brújula

**Descripción:** Esta Eco brújula fue creada para resumir de una manera gráfica los resultados de esta investigación. Esta herramienta gráfica se puede aplicar a cualquier futura investigación, y se les pueden añadir parámetros de estudio. Para analizarla hay que tomar en consideración que lo que se está evaluando son los Impactos Ambientales, Económicos y Sociales tomando en consideración diferentes parámetros de estudio. Siendo uno el nivel de menor impacto generado y cinco el mayor impacto generado.

**Fuente:** Tabla creada por autor de documento

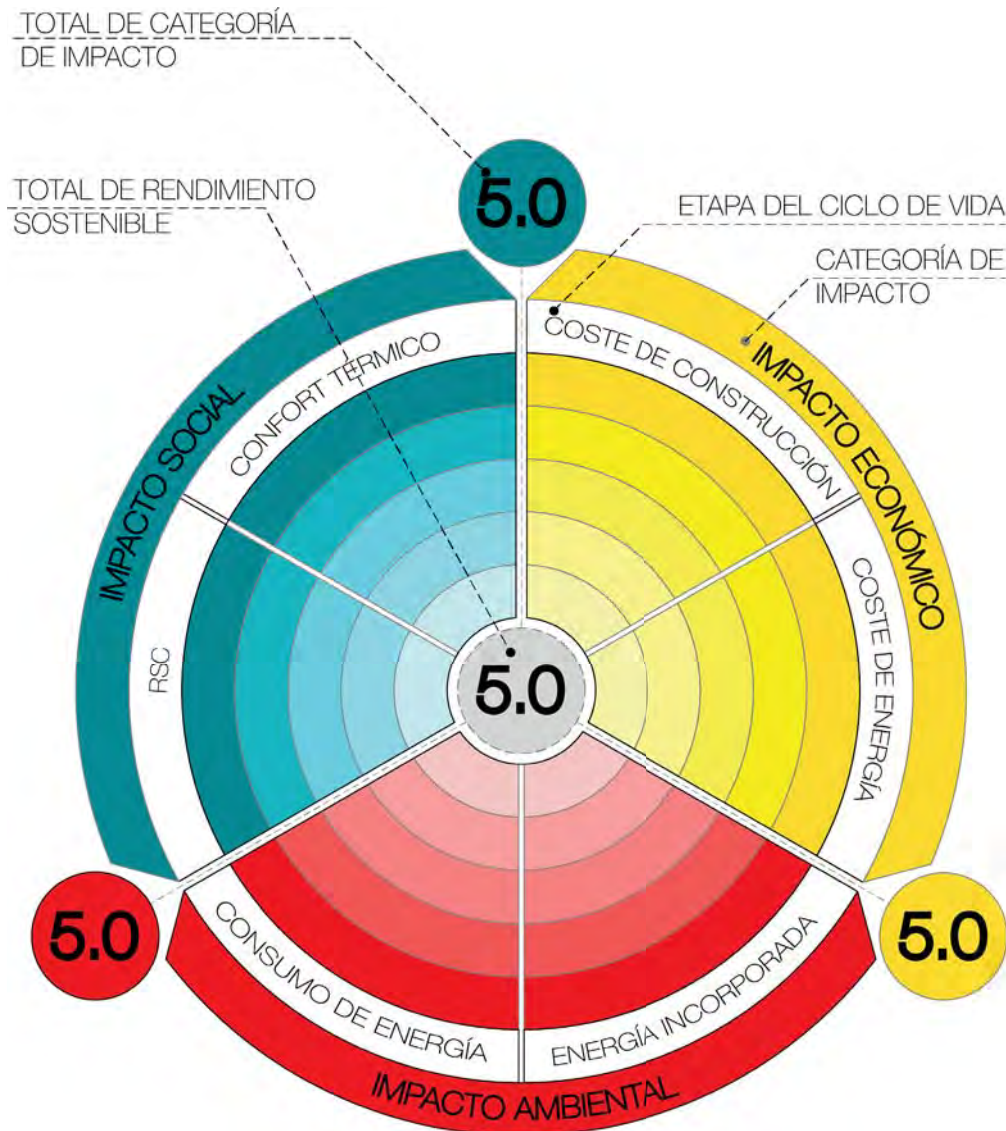


Figura 57\_

ECOBRUJILA // RAITING						
		1	2	3	4	5
Ambiente	P.Materiales	< 670	670 - 1180	1180 - 1690	1690 - 2200	2200 >
	Uso	< 6900	6900 - 7575	7575 - 8250	8250 - 8800	8800 >
Economico	P.Materiales	< 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 >
	Uso	< 720	720 - 767	767 - 813	813 - 860	860 >
Social	P.Materiales	1	2	3	4	5
	Uso	< 38900	38900 - 49600	49600 - 60300	60300 - 71000	71000 >

Tabla 14\_

Esta Eco Brújula funciona, teniendo en color amarillo el impacto Económico, en azul el impacto Social y en rojo el impacto Ambiental (Figura 57). Cada clasificación de impacto se divide en la cantidad de etapas del ciclo de vida que se estudiaron —en este caso dos— y se visualiza el nivel de impacto del uno —menor impacto— al cinco —mayor impacto— desde el centro de la circunferencia hasta el borde de la misma. En el centro del círculo se puede visualizar un número que resume el nivel de Impacto Sostenible total, y al lado de cada impacto se resume la totalización de cada categoría, utilizando los mismo colores que se le asignaron a cada una de ellas.

Este elemento gráfico se ideó para resumir esta metodología de cálculo en particular, siendo ésta una de las contribuciones de esta investigación. Esto también se puede aplicar a cualquier investigación futura, añadiendo la cantidad de etapas del ciclo de vida que se necesite, según los parámetros de análisis.

## 4. CONCLUSIONES

Con esta metodología lo que se busca es generar un modelo de cálculo abierto, en el que cada fase del proceso sea de fácil verificación, creando veracidad en el sistema. Teniendo a su vez un

modelo de cálculo que es posible reproducir en otra investigación sobre otros elementos arquitectónicos, otras tipologías de edificios o incluso otras localidades.

El trabajo sobre la generación de esta metodología involucra los referentes estudiados de otras investigaciones parecidas y el estudio de todas las herramientas a nuestro alcance. Tomando en consideración el marco teórico que existe sobre el tema, explicados en el Apéndice 1. Pero a su vez, generando una metodología única para esta investigación, que no copia sistemas o métodos de otras investigaciones.

A continuación, se explicarán los resultados generados por esta investigación siguiendo esta metodología.

## REFERENCIAS:

- (BEC, 2016). BEC. Título: Boletín Económico de la Construcción. Barcelona, España, 2016.
- (BRE, 2008). Building Research Establishment. BRE Global Ltd. Título: BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SD6050. Londres, UK. Editorial: BRE. 2008
- (Construc, 2016) Construc, Título: Revista Técnica de la Construcción. Editorial Ediciones Construc, S.L. Barcelona, España, 2016
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>
- (CYPE, 2016) Título: Generador de precios (2016). Título: Generador de precios. Autor: CYPE Ingenieros. <http://www.generadordeprecios.info/>.
- (Design Builder, 2014). Título: Design Builder Software. <https://www.designbuilder.co.uk/>
- (Ecoinvent, 2017) ETH Zurich. Título: Ecoinvent Database. Revisado, 2017. <http://www.ecoinvent.org/>
- (eCAADe, 2013) Ianni, Manuela and Sánchez de León, Michelle, Title: Applying Energy Performance-Based Design in Early Design Stages, Source: Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (eds.), Computation and Performance. Congress eCAADe 2013
- (EMPA, 2011) EMPA database, ETH Board, Federal Council, Switzerland (on-line access between March 2011 -November 2012). / [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*54731/---/l=2h](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*54731/---/l=2h)
- (EPLCA, 2014) Título:European Platform on Life Cycle Assessment EPLCA Data Base. European Commission. (on-line access between March 2011 -November 2014). [http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page\\_id=126](http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=126)
- (e2CO2cero, 2014) Título: e2CO2cero. Revisada en Febrero 2014. <http://tienda.e2co2cero.com/>
- (Frutos-Sanmartín, 2006) Arquitectos Frutos y Sanmartín. Título: 24 habitatges HPO a Cerdanyola del Valles. Revisado: 18.11.2012. <http://frutos-sanmartin-arquitectes.blogspot.com.es.html>.
- (GaBi, 2014) Título: GaBi Thinkstep. Product Sustainability Performance. Revisado: April, 2014. <http://www.gabi-software.com/uk-ireland/index/>
- (ICE, 2008) Título: ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/sert/> (on-line access between March 2011 - November 2012).Hammond,G.P.and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and!carbon in construction materials, Proc. Instn Civil.Engrs: Energy, in press.
- (IDAE, 2016) Título: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital / Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. <http://www.idae.es/index.php>
- (IES, 2015) Título Integrated Environmental Solutions. Revisado: April, 2015. <https://www.iesve.com/>
- (INCASOL, 2000) Título: INCASOL, 2000. [http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es_ES)
- (INE, 2017) Título: Instituto Nacional de Estadística, 2001. <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=%2Ft25%2Fp442%2Fa2001&file=pcaxis&L=0&divi=&his=>
- (ITEC, 2006) Título: Manteniment del'edifici. Fitxes. Publicado por el ITEC, 2006. <http://docs.itec.cat/c/DicPla.4.0.Cat.Manual.pdf>
- (ISO, 2006) AENOR. Título: UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Asociación Española de Normalización. España, 2006
- (ISO, 2015). ISO. Título: UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios - Indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios . USA, 2015.

## REFERENCIAS:

- (Passivhaus, 2017) Título: PassivHaus Trust. Revisado: Enero, 2017 <http://www.passivhaustrust.org.uk/>
- (SAas, 2008) Título: Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilidad. Revisado: 2014 <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar/>
- (SO, 2006) Título: Societat Organica. Revisado: 2014. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>
- (SimaPro, 2015) Título: SimPro. Revisado: April, 2015. <http://www.simapro.co.uk/>
- (Sturgis Carbon Profiling, 2016) Cheung, Leo; Farnetani, Mirko de Sturgis Carbon Profiling. Título: Whole-Life carbón: Wellbeing. Revista: Building.co.uk. 2016
- (Tally, 2015) Título: Tally. Revisado: April, 2015. <http://choosetally.com/>
- (Tronchin, 2007) Tronchin, Lamberto; Fabbri, Kristian. Título: Energy performance building evaluation in Mediterranean countries. Comparison between software simulations and operating rating simulation. Revista: Energy & Buildings, (2007). Doi: 10.1016/j.enbuild.2007.10.012
- (UNE-EN, 2015) EU. UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo. España, 2015
- (UNEP, 2011) Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. United Nations Environment Program. [http://www.unep.org/pdf/UNEP\\_LifecycleInit\\_Dec\\_FINAL.pdf](http://www.unep.org/pdf/UNEP_LifecycleInit_Dec_FINAL.pdf).
- (UN\_COP21, 2015) Título: UN Climate Change Conference, Paris 2015. <http://www.cop21paris.org/>
- (Varios, 2009) Cuchí, Albert; Sagrera, Albert; López, Fabian; Wadel, Gerardo. Título: 29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, 2009.
- (Varios, 2010) Konig, Holger; Kohler, Niklaus; Keibig, Johannes; Lutzkendorf, Thomas. Título: "A life cycle approach to buildingss". Editorial Detail Green Books. Munich/Alemania. 2010.
- (Varios, 2011) Wittstock, HGantner, Lenz, Saunders, Anderson, Carter, Gyetvai, Kreibig, Braune, Lasvaux, Bosdevigie, Bazzana, Schiopu, Jayr, Nivel, Chevalier, Hans, Fullana, Gazulla, Mundy, Barrow, Sjostrom, IBP, CSTB, ESCI, BRE. Título: EaB Guide. Eudorpean Commission under FP7. 2011.



## **02. LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA:**

Abstract / Introducción	135
1. La envolvente, sus requerimientos y la sostenibilidad	136
2. El lugar, el clima y el intercambio de energía	150
3. Aplicaciones pasivas y activas	153
4. Conclusiones	159

Figura 58\_

**Título:** Aplicaciones de Protección contra la radiación solar

**Descripción:** En esta imagen se demuestra la importancia de las aplicaciones pasivas de la envolvente para controlar las ganancias energéticas generadas por la radiación solar

**Fuente:** Timberlake, 2009

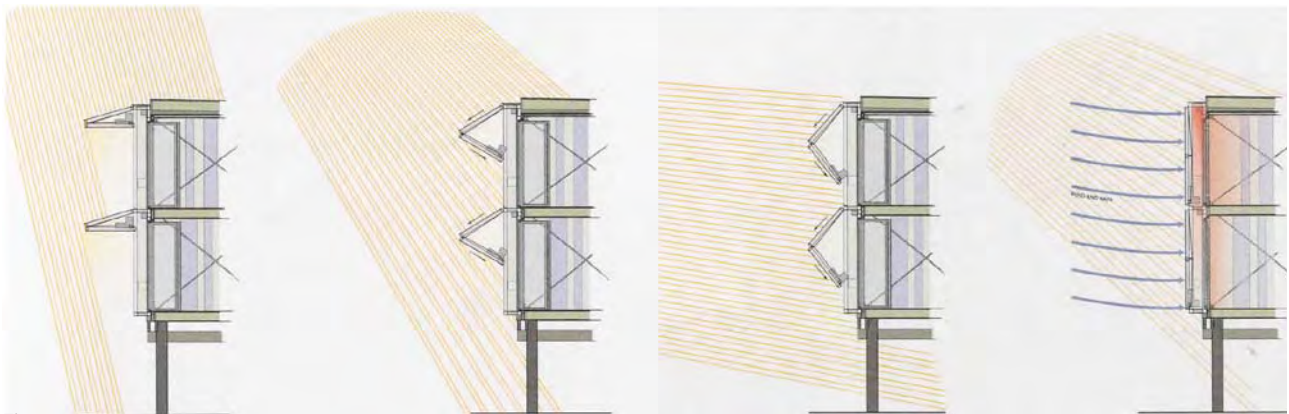


Figura 58\_

Figura 59\_

**Título:** La envolte del edificio

**Descripción:** En esta figura podemos ver representado diferentes tipologías de sistemas de envolventes con el desglose de materiales que la componen, y con el esquema gráfico de las mismas

**Fuente:** Deplazes, 2009

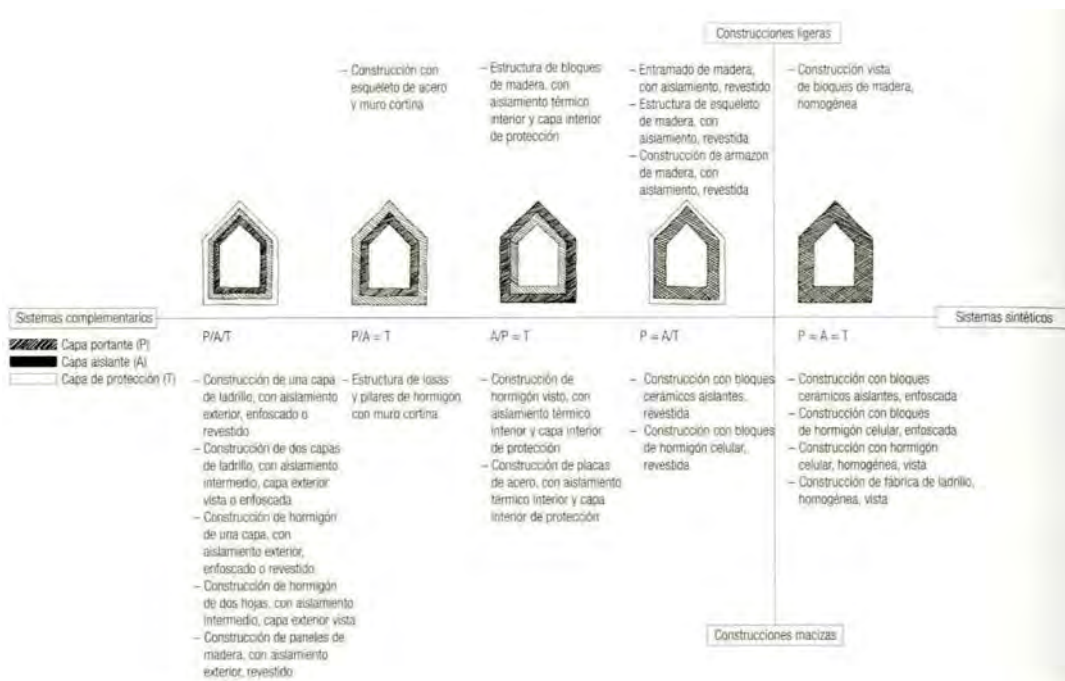


Figura 59\_

# LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA:

## ABSTRACT

### CASTELLANO:

La envolvente es uno de los elementos arquitectónicos que pueden garantizar el buen desempeño del edificio en términos de sostenibilidad. Tomando esto en consideración este capítulo se centra en definir con exactitud ¿Qué se considera como envolvente vertical? ¿Cuál es su relación con el desempeño sostenible de un edificio? y ¿Cuáles son los requerimientos técnicos que necesita cumplir este elemento arquitectónico? Todos estos conocimientos nos servirán como base para comenzar el análisis de este elemento arquitectónico y para estudiar su relación directa con el comportamiento sostenible del edificio.

*Palabras Clave: sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior construcción, requerimientos técnicos, nueva construcción*

### ENGLISH:

The envelope is one of the architectonic elements that may guarantee a good building performance, in terms of sustainability. Taking into consideration, this chapter is focus in defining with accuracy; what is considered as a vertical envelope? How is it related to a building sustainable development? And, what are the technical requirements needed by the architectonic element? All this knowledge will serve as a basis to begin the analysis of this architectural element and to study its direct relation with the building sustainable behavior.

*Key Words: sustainability, facade, construction wall exterior, technical requirements, new construction.*



Figura 60\_

**Título:** Parametros que determinan el confort térmico

**Descripción:** En esta figura podemos ver gráficamente los parámetros que alteran el confort térmico del usuario de los edificios, entendiendo de esta manera que afecta el confort, y entendiendo esto podemos analizar como la envolvente se puede diseñar para que mejore dicho confort.

**Fuente:** San Miguel, 2007

Figura 61\_

**Título:** Comportamiento térmico de envolventes en programas de oficinas

**Descripción:** En esta figura podemos ver cómo se comporta térmicamente un espacio de oficinas, y de esta manera podemos entender cuáles son los puntos que pueden afectar el caso de estudio que vamos a analizar en la tesina.

**Fuente:** San Miguel, 2007

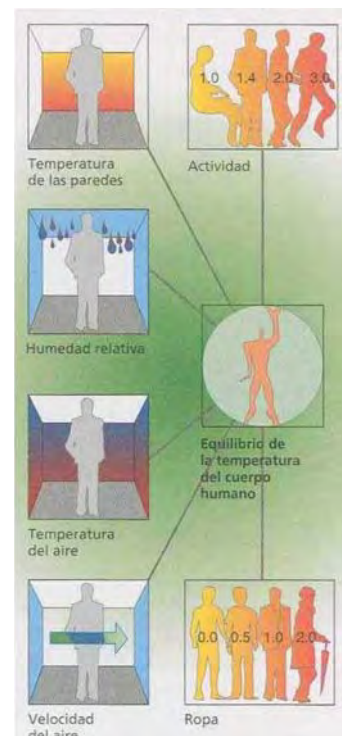


Figura 60\_

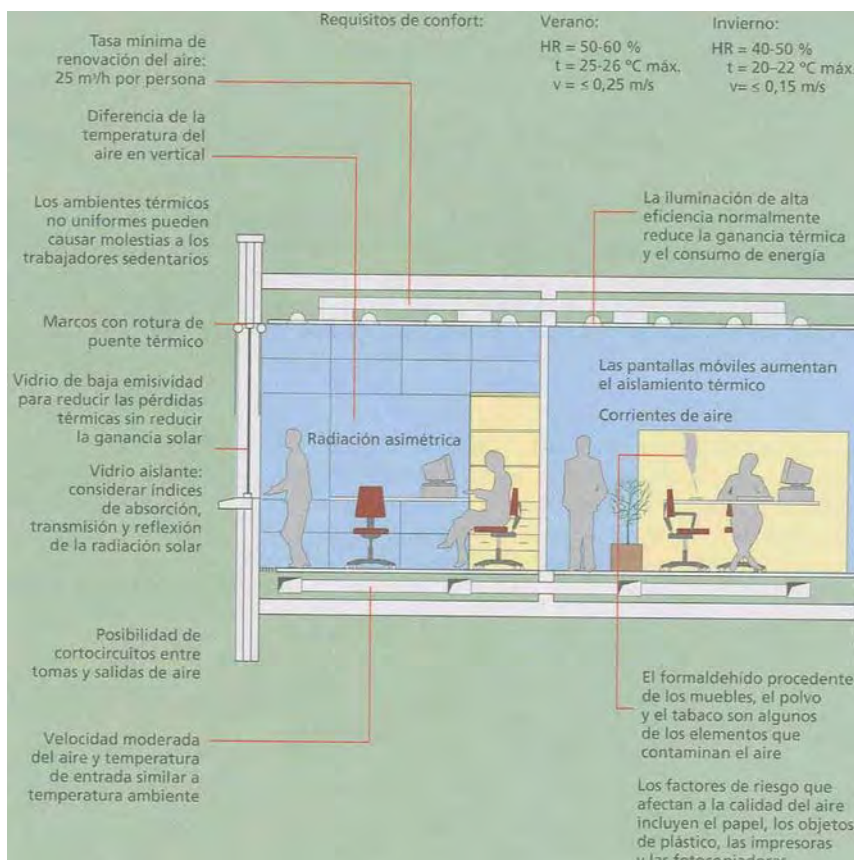


Figura 61\_

# LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA:

A continuación, explicaremos los conceptos básicos necesarios para desplegar la base para esta investigación. En el desarrollo de estos conceptos explicaremos qué se define como una envolvente arquitectónica, sus funciones y composición, y por último se desarrollara la relación entre el muro exterior y la sostenibilidad en la arquitectura. Este capítulo está muy relacionado con el Anexo 02, donde se definen los procesos físicos que intervienen en la fachada de un edificio, que apoyan el funcionamiento del mismo en términos de sostenibilidad.

## 1. LA ENVOLVENTE, SUS REQUERIMIENTOS Y LA SOSTENIBILIDAD

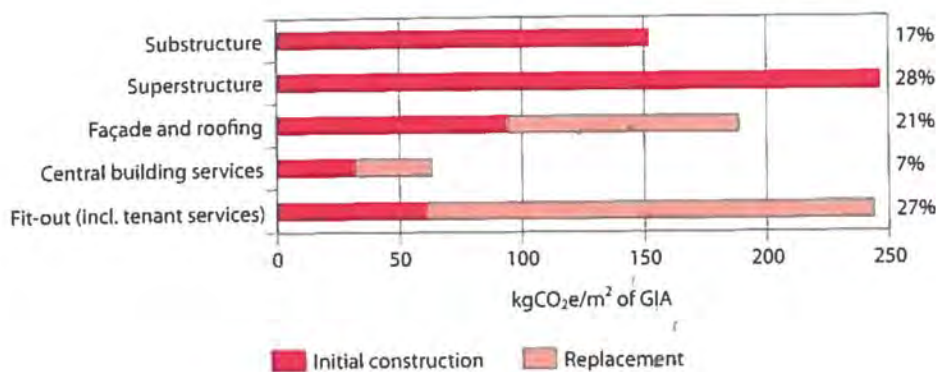
Se entiende como envolvente de un edificio el elemento arquitectónico que divide el espacio interior del medio ambiente, separando los espacios habitables y no habitables del espacio exterior. La envolvente es más que una simple piel que recubre el edificio, es un elemento complejo en donde se controlan los intercambios de energía y luz natural, al igual que constituye el elemento más importante en cuanto a estética, por medio de la cual se puede expresar la función y darle el carácter artístico y armónico al edificio.

[...] La fachada es la imagen que el edificio ofrece a la ciudad y eso sugiere intereses relacionados con la

composición, la coherencia urbana o el prestigio. Además, y, sobre todo, es un límite protector de diseño, cada vez más sofisticado. Hasta hace pocos años, todo lo resolvíamos con el espesor: más frío exterior, más grosor del cerramiento, más carga, más grosor, más lluvia, más grosor, etc. Hoy superponemos delicados e inteligentes materiales para resolver una fachada cien veces más eficaz con un espesor escaso... a los arquitectos nos cuesta aceptar que la fachada es una sofisticada membrana que tiene que diseñarse como tal" (Paricio, 2006) (Figura 60 y 61).

La envolvente comprende las cuatro fachadas principales, la cubierta y el suelo del edificio. Las mismas no se limitan al espacio que ocupan, sino que forman parte de integral del edificio, influenciando tanto el espacio interior como el exterior, y relacionándose con el diseño, uso, estructura, función y servicios de la construcción.

No cabe duda que esta envolvente es la que nos proporciona la imagen que percibimos del edificio a primera vista, y es lo que le da carácter y forma al mismo (Sánchez Ana, 2011). Es la única parte que observamos desde el exterior, por lo tanto, es uno de los elementos a los que se le presta más atención a nivel de diseño en el edificio. Esta especial atención debe abarcar su funcionamiento y requerimientos como: "el control de la humedad, la luz, y el ruido; además de la definición geométrica —volumétrica— de espacios y su separación e independencia del exterior". El cerramiento crea el espacio interior y lo



condiciona a aspectos ambientales, como son la humedad, la temperatura, la iluminación, acústica, durabilidad, estanqueidad y seguridad. (Monjo Carrió, 2003).

### a. Envoltente y Sostenibilidad

La palabra sostenibilidad proviene del término “Sustenerere” en latín, que significa “sostener” (UNEP, 2011). Desde la era de 1980s el concepto se ha utilizado en términos de “sostener la vida humana en el planeta Tierra”, lo que ha se ha convertido en la definición más citada del termino de sostenibilidad, citando la definición del Desarrollo Sostenible de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo –WCED, La Comisión Brundtland– de las Naciones Unidad de 1987. (Brundtland, 1987) (Anexo 1).

Como se explicó en la introducción de este documento la relación entre la definición de Desarrollo Sostenible y Arquitectura Sostenible es directa, el sector de la construcción es responsable del 40% de las emisiones de gas invernadero que se liberan al medio ambiente.

Existen muchas definiciones del edificio sostenible, desde el edificio de “Zero-Carbón” o “Carbón-Neutral”, hasta los diferentes niveles de acreditación de los certificados sostenibles, como son BREEAM, LEED, Verde, PassivHaus, etc. Aunque alguno de los conceptos trata de integrar en su definición el impacto ambiental, económico y social, aún no existe una herramienta que con certeza

mida estos tres impactos, y no existe una definición clara de qué es un edificio sostenible, tomando en consideración la triada del Desarrollo Sostenible (Brundtland, 1987) (Anexo 1).

Para el ámbito de esta investigación tomando como definición de edificio sostenible, que es el elemento arquitectónico que logra equilibrar y reducir el impacto medio ambiental, económico y social, tomando los tres en consideración y dejando de comprometer un impacto por el otro. Por lo tanto, si un edificio es eficiente energéticamente y tiene un bajo impacto medio ambiental, pero tiene un elevado impacto social porque impacta negativamente la comunidad, o un impacto negativo económico porque es muy costoso, no es considerado un edificio sostenible, sino uno eficiente energéticamente.

Siguiendo esta misma lógica, la envoltente sostenible es el elemento arquitectónico que divide el espacio interior del exterior, y equilibra el impacto ambiental, económico y social, buscando una ponderación entre los tres impactos, ayudando al edificio a reducir al máximo el consumo de energía y las emisiones de CO<sup>2</sup>, equilibrando el gasto económico que genera la construcción del edificio con la reducción en el gasto de energía, y buscando eliminar el impacto social, teniendo materiales procedentes de empresas que emplean de manera legal, respetando los derechos humanos de sus trabajadores, y a su vez impactando de manera positiva la comunidad y los usuarios finales del edificio.

**Título:** Emisiones de Carbono indicativas sobre los 60 años de uso de un edificio de oficinas

**Descripción:** Emisiones de Carbono indicativas sobre los 60 años de uso de un edificio de oficinas de 21 niveles con tres niveles de sótano. En esta grafica se puede identificar como la envolvente representa más de un 20% del total de emisiones generadas por el edificio. Por lo tanto, el diseño de este elemento arquitectónico puede impactar de gran manera el nivel de sostenibilidad del edificio

**Fuente:** Clark, 2013

de qué es un edificio sostenible, tomando en consider

La relación entre el muro exterior y el nivel de sostenibilidad de un edificio es directa. Esto se comprueba cuando certificados como Passivhaus (Passivhaus, 2017) tienen como uno de sus principios enfocarse primeramente en la envolvente del edificio, llevar dicha envolvente a unos parámetros mínimos de valores de la U de los componentes y permeabilidad al agua y al aire, para de esta manera hacer que el edificio funcione por sí solo, sin la necesidad de fuentes de energía que climaticen el espacio interior. Esto comprueba la importancia de la envolvente como elemento arquitectónico frente al nivel de sostenibilidad del edificio.

La envolvente de un edificio puede representar un 20% sobre el consumo de energía del edificio durante todo su ciclo de vida (Clark, 2013) (Figura 62). Por lo tanto, el buen diseño de este elemento puede representar una gran herramienta que contribuye a que un edificio sea más sostenible. Tomando en consideración que “[...] la adaptación de los edificios al cambio climático exige el respeto de tres principios: la envolvente, la superficie ocupada por el edificio [...] y eficiencia energética [...]” (Edwards, 2009).

Otro punto importante a tomar en consideración para definir la envolvente sostenible es la energía incorporada a los materiales que constituyen el sistema constructivo. Para bajar el impacto ambiental en la etapa de

producción de material del ciclo de vida es mejor especificar materiales y origen natural como por ejemplo estructuras de madera, aislantes térmicos de fibra de madera, o lana mineral, etc (CPA, 2015). Si tomamos en consideración el impacto ambiental de la etapa de uso, en climas fríos o estacionales la calidad del material aislante térmico es muy importante para controlar la pérdida de calor del muro exterior. (Varios, 2015).

Es la envolvente la que incide en la transmitancia térmica, disipando el calor y aislando en contra del frío, regula el confort térmico y visual del usuario, y el elemento que actúa como filtro o barrera entre el ambiente exterior y el interior. Para cumplir con todas estas funciones, la envolvente debe desempeñar varios requisitos técnicos que hacen que este elemento arquitectónico tenga un grado de complejidad. Generalmente la envolvente vertical está compuesta por varias capas de materiales, las cuales cumplen una o más funciones cada una, para que el conjunto pueda desempeñar todos estos requisitos.

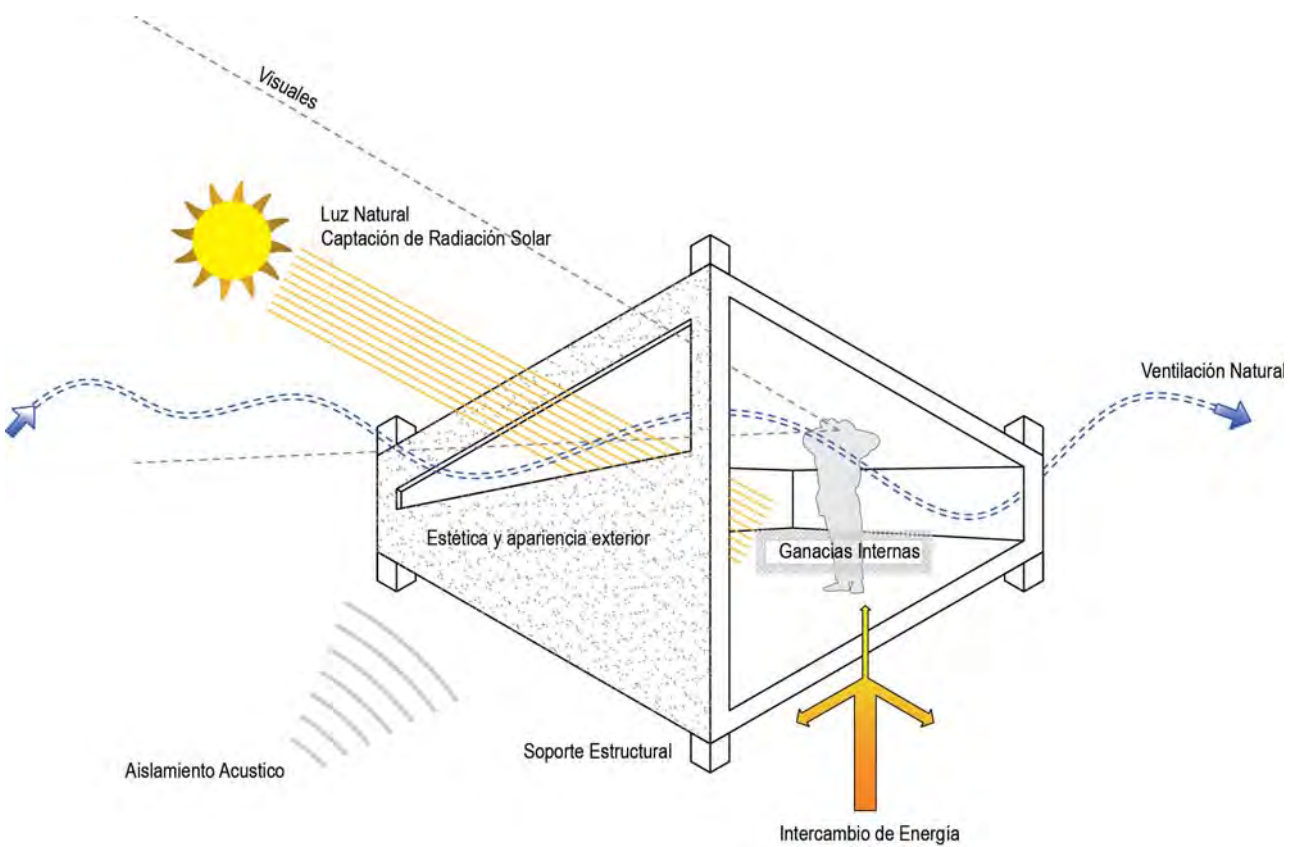
Tomando en consideración todos los requisitos que tiene que cumplir este sistema, durante esta investigación nos concentraremos en las funciones de sostenibilidad, teniendo en cuenta los principios y exigencias físicas básicas para el intercambio de energía, tomando como principio el apartado DB-HE1 del código técnico de la edificación español (CTE DBHE, 2016).

Figura 63\_

**Título:** Funciones sostenibles de la envolvente.

**Descripción:** En esta imagen se explica las funciones sostenibles de la envolvente de un edificio, ejemplificando lo que hace de la fachada uno de los elementos más importantes del edificio en términos de su rendimiento sostenible

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



“Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y/o de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades o condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos” (CTE DBHE, 2016) (Figura 63).

A su vez, la envolvente debe responder a la zona climática en la que está localizada, adaptándose al clima local, y buscando estrategias que logren que funcione como una membrana que trabaje con las diferencias de temperaturas y humedad que puede tener el clima.

Por lo tanto, la envolvente sostenible es esa membrana que atiende a los requisitos estructurales de soporte, y también logra regular el intercambio de energía entre el espacio interior y exterior, equilibrando el confort térmico y lumínico dentro del edificio, etc. Para lograr todos estos requisitos, debe responder de correcta manera al clima local. A continuación, se explicarán los requerimientos técnicos que necesita cumplir una envolvente para poder llegar a contribuir con la sostenibilidad del edificio:

## b. Requerimientos

### i. Requerimientos de Soporte

Uno de los requisitos técnicos principales son las funciones estructurales que debe tener la envolvente. La complejidad de estas funciones depende del sistema estructural del edificio, ya sea que la fachada del edificio sea auto portante o que funcione como otro apoyo estructural del edificio. Los requisitos de soporte que debe cumplir este elemento arquitectónico son (figura 64):

- **Resistencia y estabilidad:** “El cerramiento podrá ser portante o no portante, pero en ambos casos debe cumplir con las resistencia y estabilidad mecánica ante las cargas verticales, gravitatorias y horizontales, eólicas y eventualmente sísmicas.” (Más Tomas, 2005).

Una de las principales funciones de la fachada es la de absorber y transmitir las cargas a la estructural, por lo que debe tener una resistencia suficiente para soportar las cargas que el mismo elemento tenga y/o cargas estructurales del edificio —resistencia a la flexión bidimensional— y disponer de las fijaciones necesarias para ello. Los parámetros a tener en cuenta en la verificación de los muros de fachada son la carga de viento, que depende de la altura y del entorno del

edificio, las dimensiones de los paños entre elementos de sustentación o arrostramiento, y la resistencia a la flexión del muro.

- **Compatibilidad:** Al diseñar una fachada debemos de tomar en cuenta que todos los elementos que la componen debe de ser compatibles en términos de deformaciones, cambios dimensionales y alteraciones químicas que los materiales sufran. Esta compatibilidad tiene que estar de acuerdo con el uso previsto y la vida útil que vaya a tener el edificio.

- **Durabilidad:** La fachada debe soportar la acción del medio ambiente, los ataques químicos, físicos y biológicos o cualquier proceso que tienda a deteriorar sus componentes, conservando su forma y su capacidad resistente en el tiempo.

La durabilidad es clave en términos de sostenibilidad, ya que mientras menos mantenimientos, degradación y reparaciones tenga el material constructivo durante la vida útil del edificio, menos energía y emisiones de CO<sup>2</sup> se liberan al medio ambiente en la etapa de uso y mantenimiento.

A la hora de proyectar el edificio y sus fachadas debemos tomar en cuenta que la composición que tenga la envolvente puede influenciar las emisiones de CO<sup>2</sup> y el consumo de energía que se

producen por el edificio que estamos proyectando (Varios, 2009). Tomando esto en consideración la forma en que cada arquitecto asume la tarea de proyectar la envolvente de su edificio impacta de gran manera el ciclo de vida del mismo y por lo tanto su sostenibilidad.

- **Resistencia al fuego:** El muro exterior debe resistir al fuego o actuar como barrera por un período de tiempo previsto en la normativa de construcción de cada país, sin perder las propiedades constructivas propias, manteniendo su función portante, y actuar como barrera al fuego y al calor. En el caso de España la normativa que debe de seguir es la explicada en el documento CTE- Documento básico SI, Seguridad en caso de incendios. (CTE - SI 2014).

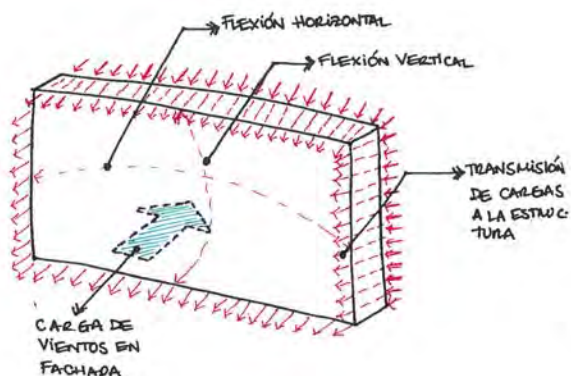
- **Seguridad:** Los sistemas de fachadas deben asegurar las condiciones mínimas requeridas en la normativa para seguridad, evitando que el ambiente interior sea invadido. A su vez, también deben tener consideraciones en el momento de la construcción del edificio, para reducir al máximo el riesgo de accidentes laborales.

## **i. Requerimientos de Confort:**

Para que la envolvente sea considerada "Sostenible" debe cumplir con todos los requisitos de

**Título:** Requerimientos estructurales, resistencia y estabilidad.  
**Descripción:** Esta imagen ejemplifica la importancia estructural que tiene la fachada de un edificio

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



confort, tanto térmicos, como higiénicos, acústicos y visuales. El confort es una de las funciones más complejas de un edificio, ya que depende de cómo cada usuario perciba el espacio interior, y tomando en consideración que cada ser humano es diferente y puede ser más o menos sensible al frío o al calor, a la claridad de la luz natural, etc.

A su vez, hay un factor cultural que impacta el confort de los espacios interiores. Por ejemplo, hay culturas que, por estar localizadas en climas más calurosos, son más propensas a soportar altas temperaturas. También hay que tomar en consideración como otro ejemplo de impacto cultural el tipo de ropa que los usuarios utilizan. La ropa puede tener gran impacto en el confort, si la persona está vestida con atuendo de invierno resistirá más las temperaturas frías, y viceversa.

Para equilibrar estos requisitos, el CTE tiene diferentes niveles de confort para cada uno, atados a los perfiles de uso de los sistemas de referencia, en el cual todos los proyectos se deben basar para diseñar los edificios (CTE DBHE, 2016). Sobre este punto también tenemos que tomar en consideración el uso que tendrá el edificio, ya que los niveles de confort dependen de esto también. Teniendo, por ejemplo, diferentes niveles de confort térmico, acústico, higiénico y visual para un edificio de aparcamiento que para un edificio de

oficina o residencial.

- **Control térmico:** El cerramiento debe limitar las variaciones de temperatura para mantener el confort térmico, y maximizar el ahorro energético (Knaack, 2007). El confort térmico en el edificio se controla evitando los intercambios de energía entre el espacio interior y el exterior, y a su vez controlando la eficiencia de los sistemas de climatización que tenga el edificio. Todos estos aspectos juegan un papel importante en el confort térmico junto con la composición y diseño de la envolvente. Mientras más acristalamiento haya en la configuración de la fachada, más riesgo de sobrecalentamiento puede haber.

También, la orientación de la fachada y el diseño de la misma tiene un factor importante en el confort térmico, ya que, si tomamos en consideración el recorrido del sol durante todo el año, podemos notar que las fachadas Sur —en el hemisferio Norte— y Norte —en el hemisferio Sur— son las que tienen más radiación durante todo el año, por lo tanto, debemos tomar en consideración la orientación para capturar la mayor radiación posible para el invierno y proteger de la radiación en el verano.

La energía tiende a equilibrarse desplazándose entre el espacio interior y el ambiente exterior, y es la envolvente la que logra controlar este



Figura 65\_

**Título:** Intercambio de energía en la envolvente de un edificio

**Descripción:** En esta imagen se ejemplifica cómo la envolvente frena el intercambio de energía entre el espacio exterior y el interior en un edificio.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

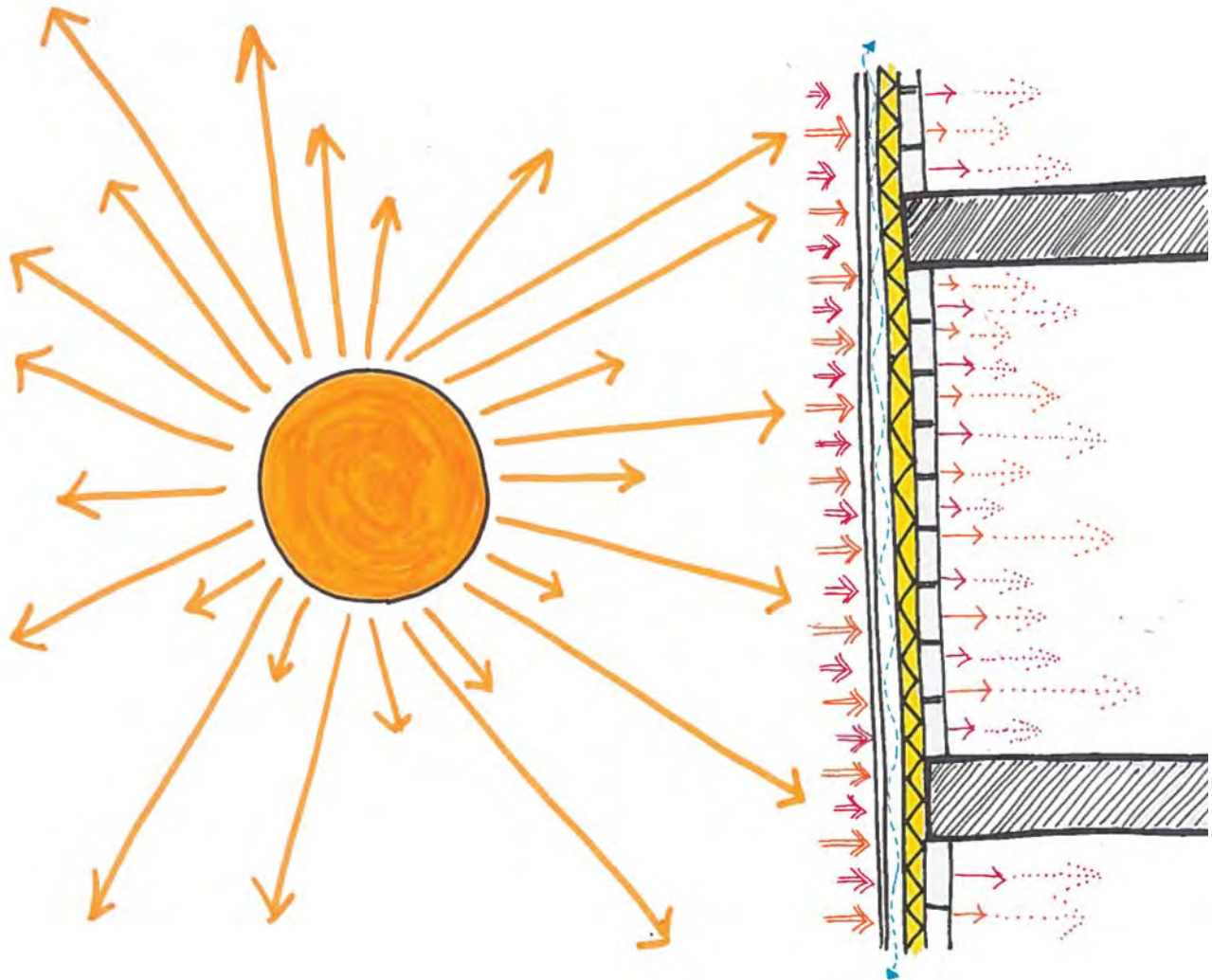


Figura 66\_

**Título:** Puentes térmico.

**Descripción:** La primera figura demuestra el intercambio de calor en la envolvente del edificio. La segunda figura es una fotografía termográfica, donde el edificio ubicado en el centro de la imagen está diseñado cumpliendo con los parámetros de PassivHaus evitando puentes térmicos, y los edificios que están a los lados de la imagen son edificios que están diseñados cumpliendo la normativa local donde se pueden identificar no solo los puentes térmicos sino también el intercambio de calor.

**Fuente:** PsyTherm, 2017, Passivhaus Plus, 2017

Figura 65\_

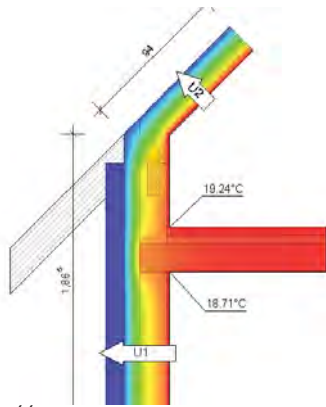


Figura 66\_

intercambio actuando como un filtro, siempre buscando equilibrar la falta de calor (Figura 65). Por lo tanto, el calor tiende a desplazarse de los espacios que tienen temperaturas mayores a los que tienen temperaturas menores. De esta manera la envolvente retrasa la pérdida de calor por los cerramientos, permitiendo que la energía que tenemos almacenada en nuestro espacio interior —gracias a la calefacción, refrigeración, equipos, actividad, materiales etc.— no se pierda.

A la hora de diseñar una fachada tenemos que tomar en cuenta la colocación correcta del aislamiento térmico, y también disminuir al máximo la existencia de cualquier puente térmico (Figura 66). El puente térmico es una zona donde se transmite más fácilmente el calor, pueden existir donde se encuentran puntos singulares o encuentros entre diferentes sistemas o elementos constructivos, por ejemplo: cuando el marco de la fachada acristalada se encuentra con el muro exterior. Por lo tanto, a pesar de que tengamos bien diseñados los componentes de la envolvente, si tenemos un puente térmico que estamos ignorando, va a haber intercambio de calor en esa zona, y esto puede generar patologías como: humedades, condensaciones, moho y desequilibrio térmico en el edificio.

Otro punto a tomar en consideración que impacta

el control térmico es la volumetría de la envolvente. Siguiendo los principios de los diseños de PassivHaus (Lewis, 2014) se recomienda que la envolvente del edificio debe de ser continua, evitando cualquier ruptura en la envolvente térmica del edificio para minimizar la pérdida de calor.

- **Control higrométrico:** Este elemento arquitectónico debe limitar el balance de humedad relativa y/o temperatura para mantenerlo por debajo de la saturación, controlando la transpirabilidad del edificio. Si existen condensaciones, lo ideal es que las mismas se encuentren dentro de unas condiciones que garanticen la evaporación sin comprometer la durabilidad de los materiales o la salubridad del edificio.

La calidad del aire interior juega un papel muy importante en la higiene del proyecto, es un agente importante para evitar enfermedades en los usuarios del edificio. Esta higiene puede garantizarse por medio de la renovación del aire interior introduciendo aire fresco por medio de aberturas en el diseño de la envolvente que permita la ventilación natural del espacio o por medio de un sistema de ventilación mecánica (Knaack, 2007).

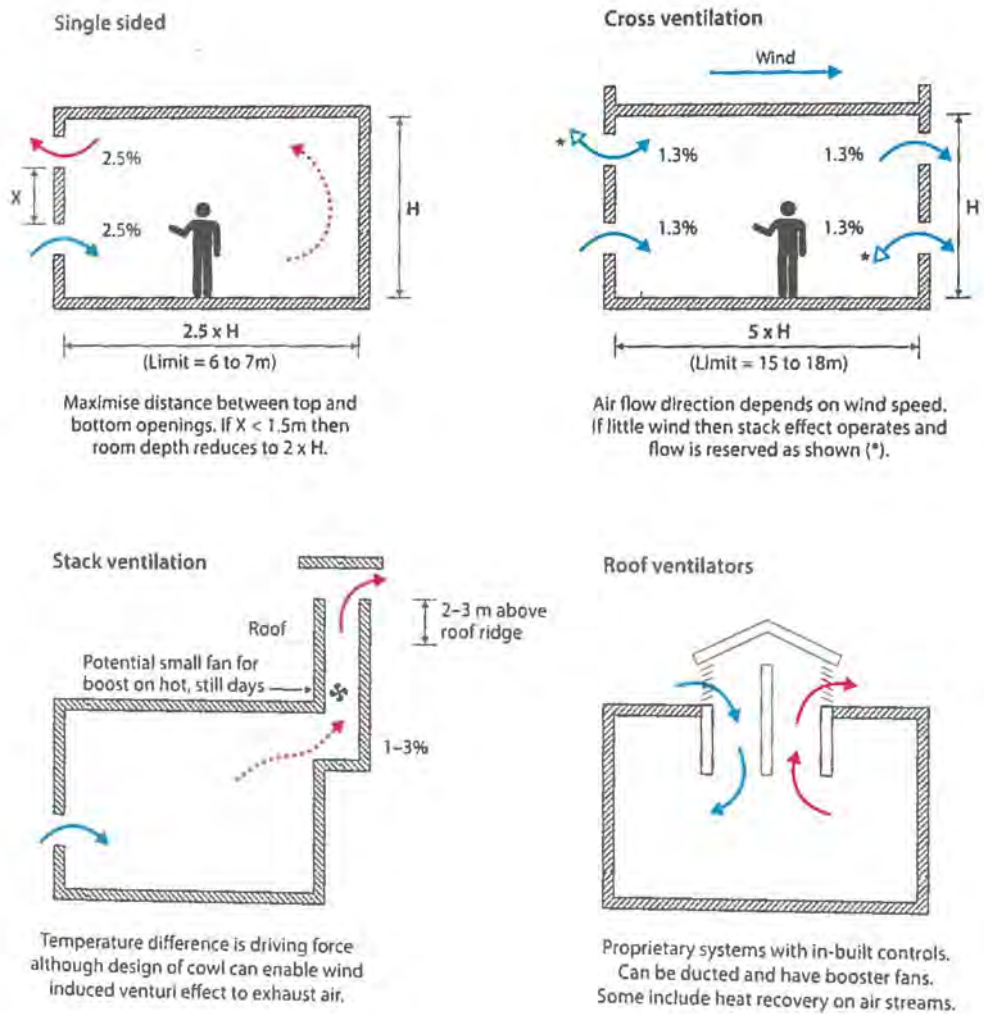
El diseño de la fachada puede ser un punto importante ya que nos puede dar la posibilidad de ventilar naturalmente los espacios interiores, y

Figura 67\_

**Título:** Ventilación Natural

**Descripción:** En esta imagen se demuestran gráficamente opciones para ventilación natural en edificios

**Fuente:** Clark, 2013



a su vez se recomienda evitar al máximo los puentes térmicos en la envolvente, ya que es en estos puntos donde se pueden generar más condensaciones. A su vez la composición del muro exterior tiene mucha importancia, pues la escogencia de los materiales y la correcta instalación de los mismos pueden propiciar humedades en la envolvente. Por ejemplo, los materiales aislantes térmicos con base de cal natural, tienen la propiedad de absorber la humedad de la fachada y evitar que se transfiera al ambiente interior.

- **Control de la ventilación/ higiene:** Como comentamos anteriormente la ventilación es un factor vital en el factor de higiene del edificio. Los usuarios influyen fuertemente el ambiente interior, ya que el cuerpo humano libera al aire que los rodea varios litros de agua en forma de vapor por medio de la respiración y transpiración, esto hace que los niveles de CO<sup>2</sup> suban (Figura 67).

La actividad que se desarrolle en el edificio también influye fuertemente a los niveles de ventilación e higiene que debe tener el edificio. Esto se debe a que un edificio en el que se desarrolle una actividad deportiva —por ejemplo, correr— tendrá más tendencia a tener niveles de CO<sup>2</sup> elevados, ya que los usuarios transpiran más cuando están haciendo ejercicio. En cambio, por ejemplo, en una biblioteca tendrá menor riesgo de tener

elevados niveles de CO<sup>2</sup> en el ambiente interior, ya que el usuario está en una actividad más pasiva.

Los niveles de CO<sup>2</sup> se deben mantener en un máximo entre 0.1- 0.15%. Lo que regula estos niveles es la ventilación, uniformando la temperatura, los niveles de humedad y el CO<sup>2</sup> (Knaack, 2007). La ventilación puede ser mecánica o natural, ambos formatos se pueden incorporar a la composición de la fachada, por lo tanto, es un punto importante que tomar en cuenta a la hora de proyectar el edificio.

Para generar ventilación natural podemos introducir ventanas practicables, huecos en las fachadas, rejillas, entre otros elementos que permiten que el usuario, manualmente o con una programación mecánica, introduzca renovaciones de aire al ambiente interior. La ventaja de generar ventilación natural es que el gasto de energía es o muy bajo o nulo.

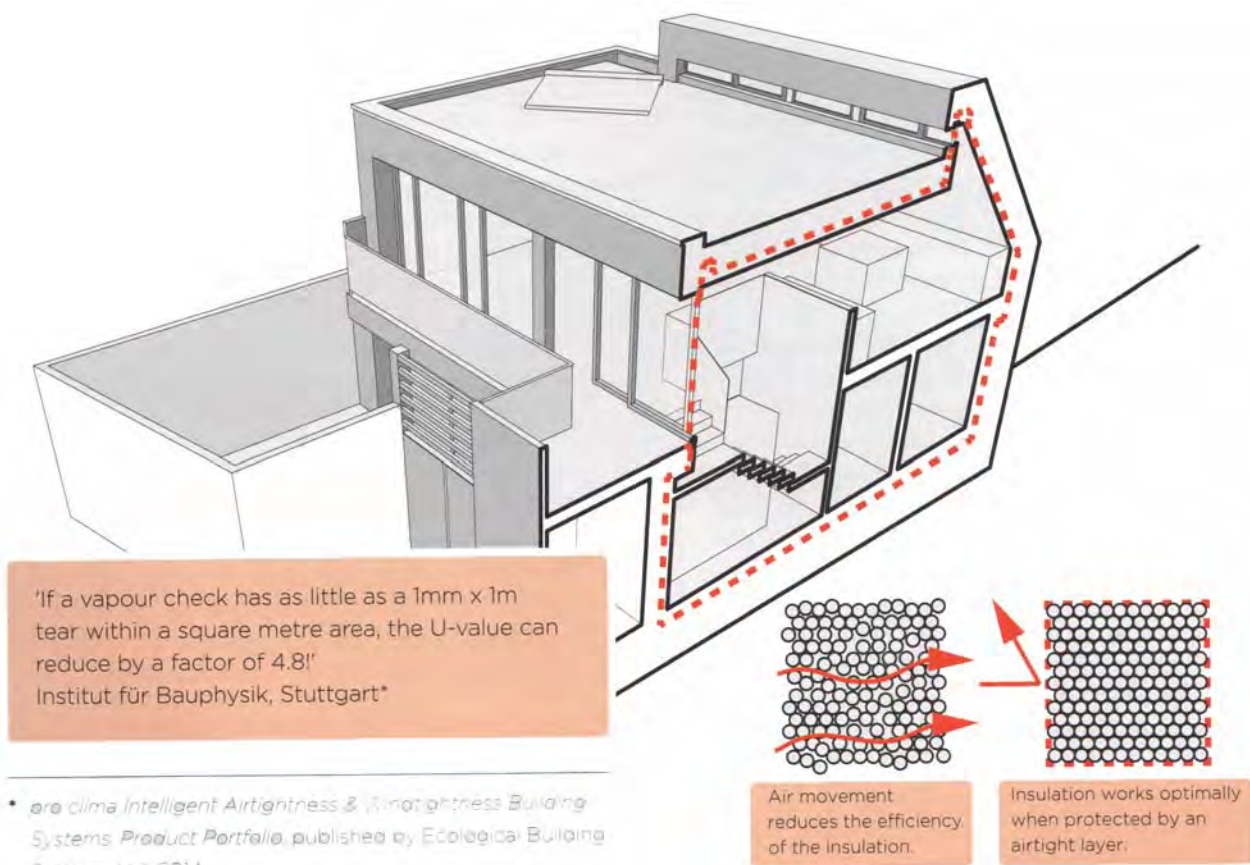
Para generar ventilación mecánica tenemos diferentes sistemas que consisten en ventiladores que se activan de manera mecánica cuando los parámetros de temperatura, ventilación o CO<sup>2</sup> no están dentro de los límites de la normativa. La ventaja de este tipo de ventilación es que está regulada, por lo tanto, asegura que los niveles de la

Figura 68\_

**Título:** Estanqueidad al aire

**Descripción:** Esta imagen demuestra como se debe de mantener continua la barrera que controla las infiltraciones del aire

**Fuente:** Lewis, 2014



normativa se cumplan, pero generan gasto energético, lo cual impacta la eficiencia energética del edificio.

- **Estanqueidad al agua y al aire:** La envolvente vertical actúa como pantalla ante el agua de lluvia y el aire exterior, impidiendo que los mismos penetren al espacio habitable, evitando que se comprometa la durabilidad de los elementos y materiales que componen la envolvente.

Es importante que las envolventes de un edificio sean estancas, ya que uno de los elementos que pueden generar muchas pérdidas de energía son las infiltraciones. Las infiltraciones son fracturas o defectos en la envolvente que permiten que el calor se transmita sin control. La capa de la barrera hermética cumple un papel importante para reducir la pérdida de calor, protegiendo al edificio, y evitando que tenga fugas de aire en la fachada, de modo que el muro exterior no tenga condensación intersticial (Figura 68).

Si la barrera de vapor y el aislamiento térmico no están bien instalados, y/o no cubren la totalidad de la fachada, tomando en cuenta los posibles puentes térmicos, el espacio interior del edificio podría sufrir humedades. Estas humedades pueden ocasionar la aparición de hongos en las superficies interiores del edificio. La única forma de

solucionar este tipo de problemas es rediseñar el lugar afectado, instalando correctamente la capa de aislamiento térmico y/o la barrera de vapor.

- **Control visual e iluminación natural:** Este requerimiento lo cumple la fachada vertical acristalada. El objetivo es relacionar el usuario con el ambiente exterior por medio de materiales translúcidos como por ejemplo el vidrio. A su vez esto ayuda con el ingreso de luz natural a los espacios interiores de los edificios (Knaack, 2007).

- **Control de visuales:** Uno de los objetivos de la envolvente es relacionar el usuario con el ambiente exterior. En general la composición de las fachadas deben estar diseñadas de tal manera que mantengan un buen equilibrio en la cantidad de acristalamiento que se coloca, ya que el vidrio es uno de los materiales con menor transmitancia térmica, lo que hace que el calor logre desplazarse con más facilidad, pero a la vez queremos mantener una buena relación entre el usuario y las visuales del ambiente exterior (Knaack, 2007).

El CTE estipula que para un edificio estándar ubicado en un clima con el de la ciudad de Barcelona, el porcentaje de acristalamiento de la fachada no debe de ser mayor de 30% para poder equilibrar el desempeño sostenible del edificio, y entrar en los parámetros de la normativa (CTE DBHE, 2016).

Figura 69\_

**Título:** Control Acustico

**Descripción:** Esta imagen representa la importancia que tiene la envolvente para controlar la acustica del edificio, evitando que los ruidos externos entren al edificio

**Fuente:** Jourda, 2012



o **Control de la iluminación natural:** Cuando un arquitecto proyecta un edificio es importante tomar en cuenta la cantidad de iluminación natural que logra entrar por las fachadas acristaladas, ya que esto puede impactar el gasto de energía que produce el edificio. En este punto también hay que tomar en cuenta lo comentado en el apartado anterior, buscando un equilibrio entre la energía que ahorramos al iluminar los espacios naturalmente, y la pérdida de energía que genera el acristalamiento por la baja transmitancia que tiene el vidrio.

• **Confort acústico:** El confort acústico en una habitación se ve influenciado por los sonidos transferidos desde el exterior al interior. La envolvente del edificio tiene que filtrar estos sonidos del exterior para evitar que el nivel de confort del espacio interior baje (Knaack, 2007) (Figura 69).

La ley del Ruido y el DB HR del CTE (CTE DBHE, 2016) estipula que los cerramientos deben garantizar unos niveles de protección acústica determinados para el usuario final. La exigencia de aislamiento acústico en las fachadas varía según el nivel de ruido al que está expuesta, dependiendo del contexto en el que está inserto el edificio.

En el Anexo 01 se hablará sobre estos requerimientos y la terminología que se maneja para describir los parámetros físicos que afectan la sostenibilidad del edificio por medio del funcionamiento de la fachada, complementando más este apartado y a su vez creando la base para el sistema de clasificación de los sistemas de envolvente vertical opaca desde el punto de vista de la sostenibilidad.

## 2. EL LUGAR, EL CLIMA Y EL INTERCAMBIO DE ENERGÍA

La envolvente de los edificios funciona como filtro entre el espacio interior y el ambiente exterior, como se explicó en el apartado anterior. La misma actúa como interfaz a través de la cual el aire y el calor pueden ser adquiridos y disipados. Como fue explicado anteriormente, ese elemento ayuda a proporcionar confort.

La fachada debe cumplir con los requisitos explicados antes, y en términos de sostenibilidad el confort térmico es uno de los principales. La mejor forma en la que se puede diseñar una fachada sustentable es buscar que la misma se adapte de mejor manera al clima local. Evitando que la misma trabaje de manera negativa para cumplir con los parámetros de control. Como, por ejemplo, en climas tropicales como en Venezuela,

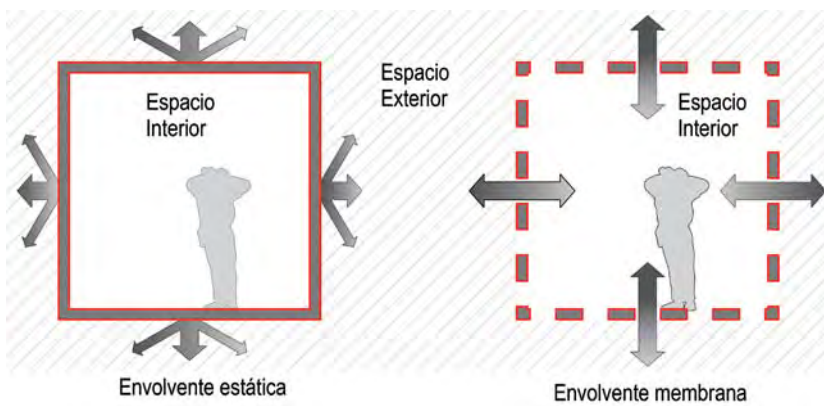


Figura 70\_  
**Título:** Envolvente estanca vs membrana.  
**Descripción:** Esta imagen ejemplifica como la envolvente de un edificio se puede adaptar mejor al clima local se actua como un membrana  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

encontramos muchos edificios de muro cortina, los cuales actúan como captadores de luz solar, calentando el espacio interior del edificio, que es lo que menos se necesita como respuesta a un clima tropical. Lo cual genera una necesidad de climatización excesiva, aumentando el consumo de energía e impactando negativamente el medio ambiente.

Tenemos que recordar que la envolvente de un edificio es un elemento complejo que no sólo se puede apoyar en los materiales en los que está compuesto, sino también puede tener sistemas pasivos o activos que ayudan a adaptarse mejor al clima local. Sobre estos sistemas hablaremos en el siguiente capítulo.

Existen muchos tipos de clima en el mundo, para esta investigación nos vamos a apoyar en la clasificación de Köppen (Figura 71). Debido a la gran cantidad de climas diferentes en el mundo, los arquitectos debemos de hacer una investigación previa al comienzo del diseño del edificio, para poder cumplir con la adaptación al clima de la mejor manera. Además de tomar en consideración la adaptación al clima local, debemos tomar en consideración que dependiendo de donde esté ubicado el proyecto podría haber microclimas que también actúen sobre nuestro edificio. Como, por ejemplo, el efecto de Isla de Calor (Anexo 1) que

existe en las ciudades más pobladas del mundo.

A su vez, las costumbres y recursos locales tienen impacto sobre el diseño de los edificios y por ende de la fachada. La arquitectura tiende a respetar o copiar sistemas constructivos tradicionales, los cuales generalmente son los mejores adaptados al clima local (Figura 72). También los materiales que se consiguen en cada localidad influyen de gran manera el diseño de la envolvente, y esto puede tener un impacto positivo a nivel de la triada del Desarrollo Sostenible, ya que trabajar con materiales locales reduce el impacto ambiental en la fase de producción y transporte de los materiales, también puede tener un impacto positivo a nivel social, generando fuentes de trabajo locales, y a nivel económico puede reducir el gasto de importaciones y traslados.

Una de las características más importantes que tiene que tener la envolvente del edificio para contribuir con el comportamiento sostenible del edificio es que sea una piel tipo membrana la cual se adapte al clima local, y permita la relación entre el ambiente interior y el exterior, ya que mientras más estanca y rígida sea, menos permitirá la adaptabilidad a los comportamientos extremos que pueda tener este clima (Figura 70).



Figura 71\_

**Título:** Clasificación de tipos de clima de Köppen

**Descripción:** Universidad de Melbourne. En esta imagen podemos notar no solo la diversidad de los tipos de climas que existen, si no también si

**Fuente:** EoEarth, 2011

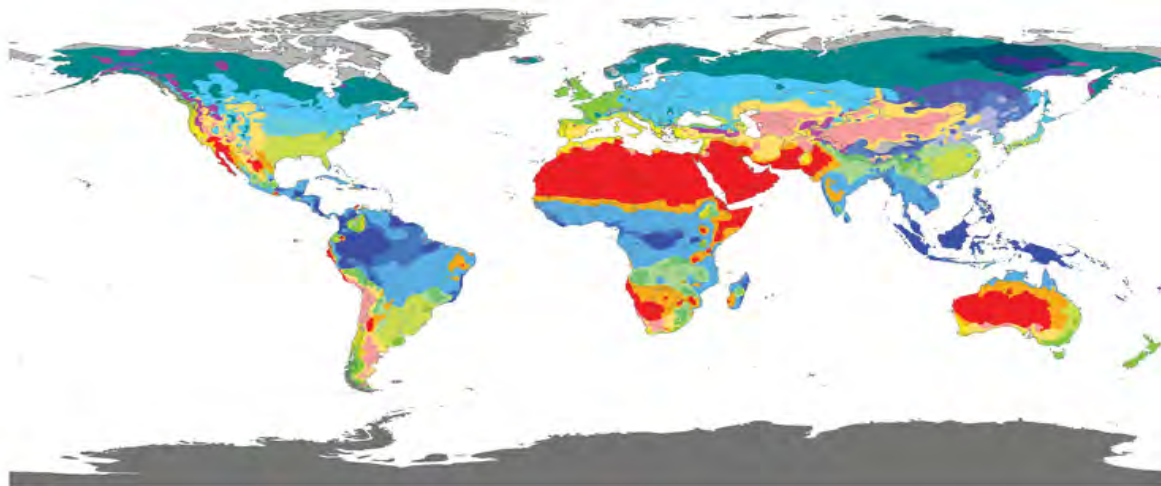
Figura 72\_

**Título:** Adaptabilidad al Clima en la Arquitectura

**Descripción:** En esta imagen se explican diferentes modalidades de envolvente exterior que se adapta al clima local, contribuyendo a que el edificio trabaje de manera pasiva.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

**World map of Köppen-Geiger climate classification**

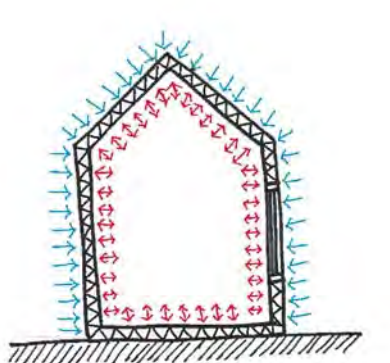


Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dwc	Dfc	
	BSk			Dsd	Dwd	Dwd	Dfd	

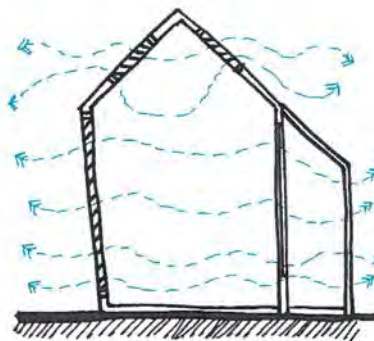
**DATA SOURCE :** GHCN v2.0 station data  
 Temperature (N = 4,844) and  
 Precipitation (N = 12,396)  
**PERIOD OF RECORD :** All available  
**MIN LENGTH :** ≥30 for each month.  
**RESOLUTION :** 0.1 degree lat/long

**Contact :** Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

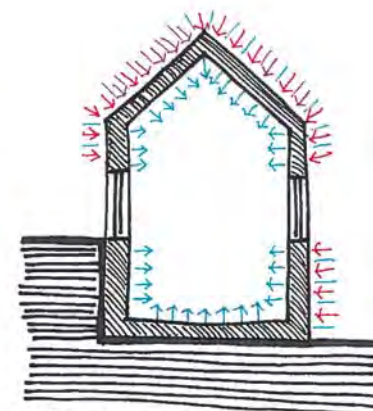
Figura 71\_



CLIMA FRÍO  
 UTILIZACIÓN DE AISLAMIENTO  
 TÉRMICO/ENVOLVENTE  
 HERMÉTICA.



CLIMA TROPICAL  
 VENTILACIÓN NATURAL//  
 ENVOLVENTE PERFORADA.



CLIMA CALDO  
 UTILIZACIÓN DE INERCIA  
 TÉRMICA// AMORTIZACIÓN  
 DE CALOR.

Figura 72\_

La envolvente debería responder a los cambios climáticos de su localidad, tratando de ser lo más flexible y adaptable posible para que pueda proporcionar confort al usuario, sin importar la época del año o los cambios climáticos que existan. A su vez, debería proporcionar una respuesta coherente al tipo de clima en el que va a funcionar.

Otro punto importante sobre la ubicación geográfica de la envolvente es cómo las culturas locales, sistemas constructivos y materiales autóctonos pueden representar un cambio en la forma en que se proyecta la fachada. Teniendo diferentes respuestas al clima y a la localidad. Los materiales autóctonos también pueden representar un ahorro de energía en la etapa de producción de material del ciclo de vida, ya que el transporte y explotación de la materia prima tiene menor impacto al medio ambiental. Sobre este punto se hablará con más detalle en el capítulo 01.

### **3. SISTEMAS PASIVOS Y ACTIVOS**

La envolvente arquitectónica puede incorporar elementos exteriores en la fachada para adaptarse mejor al clima local. Considerando a la fachada como más allá de un simple cerramiento, formando parte de un sistema global del cual está compuesto el edificio. En esta investigación vamos a clasificar estos elementos y vamos a analizar cuándo y cómo se deberían utilizar a nivel de su aporte a la reducción del consumo de energía.

Estos elementos pueden ser pasivos o activos, con esto queremos decir que en algunos casos estos elementos consumen energía para poder funcionar —Sistemas Activos—, pero en otro caso son elementos que brindan al edificio esa protección o adaptación al clima local sin requerir de energía para funcionar —Sistemas Pasivos—. A su vez, para saber utilizar la envolvente como herramienta del diseño sostenible, es importante tener claro cómo y cuándo utilizar estos elementos de apoyo, lo cual explicaremos a continuación.

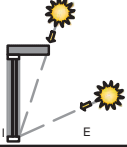
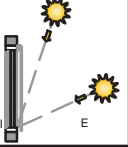
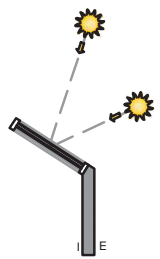
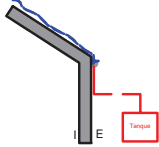
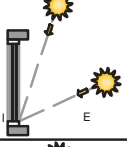
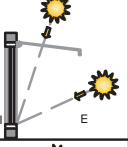
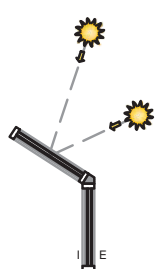
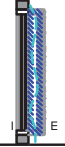
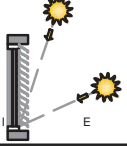
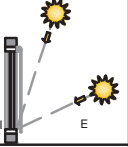
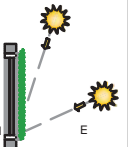
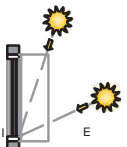
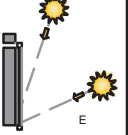
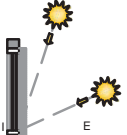
Para que el desempeño del edificio sea favorable el arquitecto debe tomar en cuenta todos los requisitos explicados anteriormente, y también la elección adecuada de los materiales constructivos que se van a utilizar tanto en el cerramiento como

Tabla 15\_

**Título:** Clasificación de Sistemas Pasivos

**Descripción:** En esta tabla se identifican los diferentes sistemas pasivos y activos que pueden acompañar y apoyar el funcionamiento de una fachada para mejorar el rendimiento sostenible de un edificio.

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

SISTEMAS PASIVOS			
INTERCAMBIO DE ENERGÍA		INTERCAMBIO DE AGUA	
PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN SOLAR		CAPTADOR DE RADIACIÓN SOLAR	CAPTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE AGUAS DE LLUVIA
FIJAS	ADAPTACIÓN A EL CLIMA PASIVO		
Voladizos 	Sistemas que están integrados por varias estrategias que utilizan el comportamiento del usuario para adaptarse al clima. 	Lucernarios 	Sistemas de recolección de aguas de lluvia que drenan naturalmente por la envolvente de edificio. 
Retranqueos 	Toldos 	Invernaderos 	Evaporación Pasiva Efecto botijo 
Lamas 	Persianas 		Vegetación 
Parasoles 	—	Muro Trombe 	—
Celosías 	—	—	—

en las aplicaciones activas o pasivas que tenga la envolvente. Tratando de buscar un equilibrio entre desempeño, reciclabilidad, materia prima, requisitos constructivos, etc. favoreciendo los materiales locales del lugar.

### **a. Sistemas Pasivas - SP - :**

Las SP son los elementos arquitectónicos que apoyan el desempeño de la envolvente sin utilizar energía ni agua para funcionar. La importancia y la complejidad de estos elementos dependen del nivel de diseño que el arquitecto le implante. Lo ideal es que sean elementos que se posicionen en el edificio después de un estudio exhaustivo del clima local, de los requerimientos del edificio según su ubicación, orientación y localidad.

Estos elementos pueden ser diseñados específicamente para el edificio o se puede utilizar cualquier aplicación prefabricada, de una amplia gama que ofrece el mercado tanto local como mundial. Lo único a tomar en consideración es que, al escoger un elemento que ya exista en el mercado, se debe estudiar si el mismo cumple con los requisitos que estamos evaluando para apoyar el desempeño del edificio.

Las SP se clasifican tomando en consideración los requisitos explicados en el apartado anterior, a su vez se considera cómo estos elementos reducen el intercambio de energía y de agua.

Estos elementos se clasifican en:

### **i. SP para gestionar el intercambio de energía:**

- **Protección de la radiación solar:** Se entiende por el apantallamiento de la superficie exterior, específicamente las ventanas o la capa exterior de la fachada ventilada, para el impacto de la captación de la radiación solar (Tabla 15).

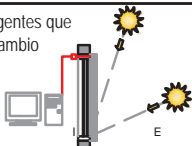
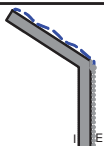
Este tipo de aplicación presenta tres limitantes en el caso de elementos vidriados: La necesidad de aportaciones térmicas en épocas frías, el objetivo de tener visuales directas y nítidas al exterior, y la gestión de luz natural en el interior (Paricio, 1997). Por lo tanto, cuando se diseñan, hay que tomar en cuenta estas variables y calcular bien sus dimensiones, posición y diseño para que tenga un mejor funcionamiento, dependiendo de las condiciones del edificio.

Tabla 16\_

**Título:** Clasificación de Sistemas Activos

**Descripción:** En esta tabla se identifican los diferentes sistemas pasivos y activos que pueden acompañar y apoyar el funcionamiento de una fachada para mejorar el rendimiento sostenible de un edificio.

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

SISTEMAS ACTIVOS		
INTERCAMBIO DE ENERGÍA	INTERCAMBIO DE AGUA	
ADAPTACIÓN A EL CLIMA ACTIVO	SISTEMAS FOTOCATÁLITICOS	SISTEMAS FOTOCATÁLITICOS
<p>Sistemas inteligentes que responden al cambio climático</p> 	<p>Utilización de materiales que realicen reacciones fotocatalíticas para purificar el aire</p> 	<p>Sistemas evaporación activa</p> 

Estos se pueden sub-clasificar en: sistemas de protección solar fijos, los cuales son elementos sujetos a la estructura principal de la envolvente que controlan la radiación de igual manera durante todo el año. Por ejemplo, podríamos tener celosías, lamas, voladizos, parasoles, etc.

La segunda sub-clasificación serían los sistemas que se adaptan al clima, a través de la cual se controla la radiación solar por medio de sistemas que el usuario o el ciclo de vida de la vegetación. Esto permite modificaciones para adaptarse mejor al clima local, obteniendo respuestas diferentes durante todo el año sin tener gastos de energía o agua para el mismo. Por ejemplo: toldos, persianas, vegetación, etc.

- **Captador de radiación solar:** Se entiende como la superficie que se diseña para dejar que el espacio interior sea calentado por la radiación solar. Hay que tomar en consideración la orientación del edificio, el clima local y la inclinación solar en las épocas de invierno, para ubicar los captadores en las áreas de la envolvente donde tengan mayor incidencia solar. Por ejemplo: galerías, invernaderos, etc (Tabla 15).

## ii. SP para gestionar el intercambio de agua:

- **Evaporación Pasiva:** Este sistema de envolvente trabaja a través de paneles de materiales porosos —por ejemplo, la cerámica—, los cuales filtran el agua por medio de los poros de la arcilla. Esta agua filtrada, cuando tiene contacto con el ambiente seco exterior, se evapora, produciendo un enfriamiento del ambiente que la rodea (UDAJ, 2009). La clave del enfriamiento está, en que la evaporación del agua exudada proviene del sistema de “botijo” que se utiliza tradicionalmente en la cultura de España y Árabe. El botijo es un recipiente de arcilla porosa española tradicional diseñado para contener agua. La misma, para evaporarse, extrae parte de la energía térmica del agua almacenada dentro del botijo. De esta manera el ambiente interior de los edificios que utilicen este sistema se ven afectados positivamente por este enfriamiento pasivo (Tabla 15).

- **La captación y recolección de aguas de lluvia:** Estos sistemas de envolventes son los que permiten la recolección de las aguas de lluvia para luego reutilizarlas dentro del sistema de aguas grises del edificio. Estos sistemas pueden ir desde lo más sencillo, teniendo sólo tanques de recopilación que estén conectados con los drenajes de aguas de lluvia, hasta sistemas más complejos,

donde la geometría de la envolvente del edificio está diseñada de cierta manera para que la recolección de estas aguas sea mayor, de modo que este recurso sea mejor aprovechando (Tabla 15).

Este tipo de aplicación debe ir de la mano de un estudio del clima local, para verificar si las condiciones ambientales son las óptimas para tomar ventaja de estos sistemas. Por lo tanto, si la localidad está ubicada en un clima más seco, tal vez no merece la pena la instalación de dicho sistema.

- **La humedad por medio de vegetación:** El efecto de evaporación de la fachada vegetal funciona por medio del enfriamiento por evaporación de las hojas y del suelo. Esto depende del tipo de planta, de la exposición de la misma, y el tipo de sistema constructivo que se le aplique, tomando en consideración que la humedad de esta piel vegetal sólo se dará por medio de sistemas de riego y/o a través de la capa de tierra compactada y la capa vegetal (Tabla 15).

Estudios arrojan que es más rentable y eficaz la evaporación por agua para el enfriamiento de un edificio. Vegetando las fachadas de un edificio ofrecemos un gran potencial de reducción de las temperaturas de las superficies de los edificios y aumenta la humedad interior por medio de la evapo-transpiración, mejorando su ambiente interior y

su comportamiento con los espacios de alrededor del edificio (Sheweka, 2012).

- **SP con Sistemas fotocatalíticos:** Se entienden como los que aplican en sus sistemas materiales una respuesta química que descontamina el medio ambiente, transformando el CO<sup>2</sup> en O<sup>2</sup>. Esta respuesta química se llama fotocatalisis (Fotocatalisis, 2011) (Tabla 15).

## **b. Sistemas Activas - SA - :**

Las SA se clasifican tomando en consideración el objetivo que tienen las mismas en cuanto al desempeño del edificio. Lo que hace que estos sistemas sean activos es que consumen energía para poder funcionar. Estos elementos se clasifican en:

### **i. SA para la producción de energía:**

Estos sistemas son los que integran mecanismos de producción de energía renovable directamente en el diseño de la envolvente. Dentro de esta categoría podemos incluir sistemas que utilizan la radiación solar o que utilizan la velocidad del viento para producir energía. Integrando de esta manera sistemas fotovoltaicos, solar térmicos o eólicos en la envolvente (Tabla 16).

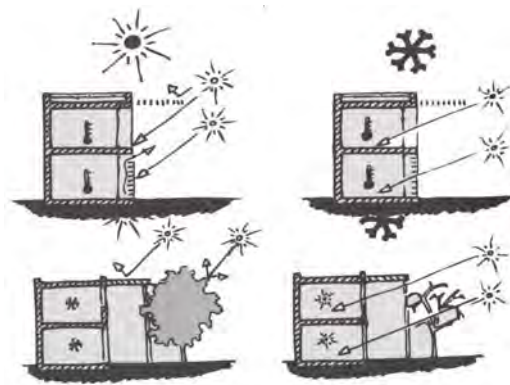


Figura 73\_

**Título:** Estrategias Pasivas

**Descripción:** En esta imagen se explica como se debe de tomar en consideración el funcionamiento de las aplicaciones pasivas durante el verano y el invierno

**Fuente:** Jourda, 2012

Los mismos pueden ser sencillos, que son los que sólo integran los sistemas dentro de la morfología del edificio, en superficies que no están utilizadas y en las orientaciones donde la producción sea mejor; o más complejos, donde se diseña la morfología de la envolvente del edificio para beneficiar al máximo esta producción.

## ii. SA para la adaptación al clima activa:

Se entiende como la habilidad de un sistema de cerramiento para adaptarse a las diferentes exigencias que tenga el clima de su localidad, soportando sus adaptaciones en sistemas secundarios que requieren un uso mínimo de energía para activarse. Estos sistemas son soportados por mecanismos electrónicos, sensores o motores, los cuales tienen la desventaja de requerir aún más mantenimiento que los sistemas pasivos (Tabla 16).

## iii. SA para gestionar el intercambio de agua/ Evaporación Activa:

Este sistema consiste en una red de tubos cerámicos que va adosada al exterior de la fachada, por los cuales corre agua de lluvia recolectada previamente en la cubierta del edificio (Nikken, 2011).

La evaporación del agua provoca que la temperatura de los tubos y del aire adyacente se reduzca dos grados centígrados, consiguiendo aportar en la disminución del consumo de energía de los sistemas de refrigeración de los espacios adyacentes, y también disipa el efecto isla de calor (Tabla 16).

## 4. CONCLUSIONES

Con este marco teórico se estructura la base para la investigación, planteando los temas principales necesarios para desarrollar tanto el sistema de clasificación de los sistemas de muro exterior desde el punto de su aporte al desempeño sostenible del edificio, como los análisis sostenibles del ciclo de vida de las tipologías para la creación de estudios comparativos.

Todos estos principios y requisitos se tienen en cuenta para desarrollar la clasificación de las envolventes según su funcionamiento en términos de sostenibilidad, concentrándonos en el impacto medio ambiental, social y económico, que se presentará en los siguientes capítulos de esta tesis. El diseño de la solución constructiva, la selección de los materiales constructivos y la orientación y ubicación en el edificio son algunas de las variables que se toman en consideración para medir el desempeño sostenible del edificio tomando en



cuenta la triada de la sostenibilidad.

Por lo tanto, el diseño de la envolvente del edificio responde a una amplia investigación en términos de funcionamiento y requiere del aporte de las diferentes disciplinas de la arquitectura. Es un elemento que busca no sólo una imagen atractiva, sino que también busca la mayor eficiencia del edificio. Es más que una piel, un sistema complejo, que tiene que resolver problemas de seguridad, de intercambio de energía, estanqueidad, humedades y condensaciones, manejo de residuos, mantenimiento, durabilidad, construcción, encuentros singulares, y estética.

La envolvente de un edificio debe de ser más que un cerramiento, debe de ser una membrana que se adapta al clima local, y para ello se recomienda utilizar materiales y técnicas de construcción locales de modo de lograr este objetivo. A su vez es importante que los arquitectos entendamos con mucha claridad la locación en la que estamos ubicando el edificio, y tomemos partida de los beneficios que nos puede brindar la misma. Que entendamos cuales deben ser las estrategias que debemos utilizar en nuestro diseño. Siempre teniendo en cuenta no sólo el ciclo de vida del edificio, sino también la triada del Desarrollo Sostenible, reduciendo al máximo el impacto negativo que pueden tener nuestros edificios sobre el

medio ambiental, la economía y la sociedad mundial y local.

Considerando la forma de trabajar de los sistemas de envolventes tradicionales y los sistemas de envolventes con avances tecnológicos, se propone una clasificación en donde se tomen en consideración todos estos aspectos. Este sistema de clasificación será explicado en el siguiente capítulo.



## REFERENCIAS:

- (Brundtland, 1987). UN. Título: Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427- Development and International Co-operation: Environment. Naciones Unidas. Oxford /Inglaterra. Editorial: Oxford University Press. 1987.
- (Clark, 2013) Clark, David. Título: What colour is your Building? Measuring and reducing the enery and carbon footprint of buildings. Londres, UK. 2013. Editorial: RIBA Publishing.
- (CPA, 2015). Título: A guide to understanding the embodied impacts of construction products. Londres, 2015. Editorial: CPA.
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (CTE - SI, 2014). Título: Código técnico de la edificación española (2014). Título: Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendios. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (Deplazes, 2009) Deplazes, Andrea. Título: Constructing Architecture Materials processes structures a handbook, second edition. Berlin / Alemania: Editorial DArch ETH. 2009.
- (Edwards, 2009) Edwards, Brian. Título: Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición ampliada. Barcelona /España. Editorial: Gustavo Gili, 2009.
- (EoEarth , 2011) Enciclopedia del planeta Tiera. Revisado: 2014. <http://www.eoearth.org/>.
- (Fotocatálisis. 2011) Título: Fotocatálisis, A. I. (2011). Título: Asociación Ibérica de la Fotocatálisis. Revisado: 05 18, 2011, Autor: Asociación Ibérica de la Fotocatálisis: <http://www.fotocatalisis.org/>.
- (Jourda, 2012). Jourda, Françoise-Helene. Título: Pequeño Manual del Proyecto Sostenible. Barceona., España. Gustavo Gili, 2012.
- (Knaack, 2007) Knaack, Ulrich. Título: Facades, principles of construction. Berlín/ Alemania: Birkhäuser, 2007.
- (Lewis, 2014) Lewis, Sarah. Título: PHPP Illustrated. Editorial RIBA Publishing. Newcastle upon Tyne/ UK. 2014.
- (Más Tomas, 2005) Más Tomas, Angeles. Título: Cerramientos de obra de Fábrica diseño y tipologías. Valencia/ España: Universidad Politécnica de Valencia, 2005.
- (Monjo, 2003) Monjo Carrió Juan, Título: Tratado de construcción Fachadas y Cubiertas Vol 1 y Vol 2. Madrid/España: Editorial Munilla-Leria, 2003.
- (Nikken, 2011) Título: Proyecto de edificio de oficinas para la sede de SONY en el distrito de Osaki en Tokyo Japón, Arquitectos Nikken Sekkei, 2011. <http://www.nikken.co.jp/en/projects/office/hq/sony-osaki-west-building.html>.
- (Paricio, 1997) Paricio, Ignacio. Título: La Protección Solar. Zaragoza / España: Bisagra, 1997.
- (Paricio, 2006) Paricio, Ignacio. Título: La fachada ventilada y ligera. Zaragoza / España: Bisagra, 2006. ISBN 9788493132057.
- (Passivhaus, 2017) Título: PassivHaus Trust. Revisado: Enero, 2017 <http://www.passivhaustrust.org.uk/>.
- (Sánchez, 2011) Sánchez Ana, Gutiérrez Otiz. Título: Fachadas, cerramientos de edificios. Madrid / España: Editorial el Duende. 2011.
- (San Miguel, 2007) San Miguel, Sandra. Título: Un Vitruvio ecológico, principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona / España: Gustavo Gili, 2007.

## REFERENCIAS:

- (Sheweka, 2012) Sheweka, Samar, Título: Green Facades as a New Sustainable Approach towards Climate Change. Egypto: SciVerse ScienceDirect, Energy Procedia. 2012. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- (Varios, 2015) El khouli, Sebastian; John, Viola; Zeumer, Martin. Título: "Sustainable Construction Techniques". Editorial Detail Green Books. Munich/Alemania. 2015.
- (Varios, 2009) Cuchí, Albert; Sagrera, Albert; López, Fabian; Wadel, Gerardo. Título: 29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, 2009.
- (UDAJ, 2009) Título: Artículo "refrigeración pasiva, efecto botijo, eficiencia energética" <http://gcp.dpa-etsam.com/?q=content/refrigeraci%C3%B3n-pasiva-efecto-botijo-ahorro-energ%C3%A1tica>.
- (UNEP, 2011) Título: Naciones Unidas. Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. UN Enviromental Program, 2011. <http://www.lifecycleinitiative.org>.



### **03. CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LAS TIPOLOGÍAS DE ENVOLVENTES:**

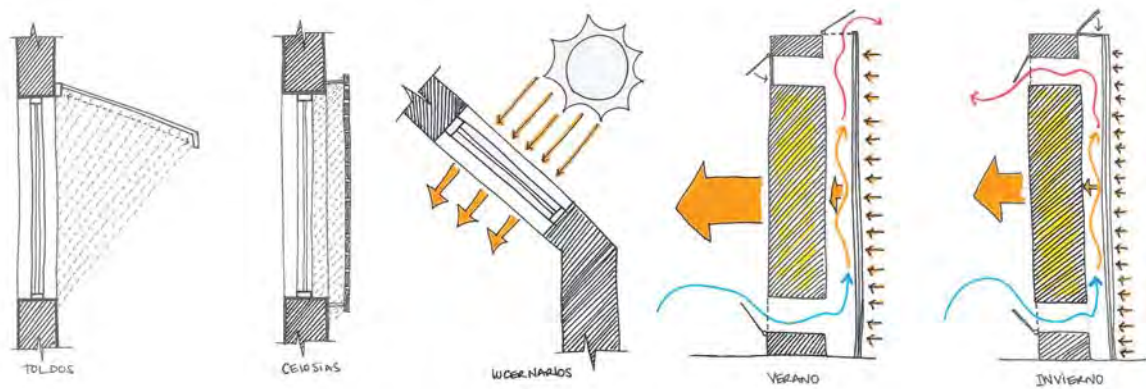
Abstract / Introducción	167
1. Sistema de clasificación y análisis de tipologías de sistema constructivo	169
2. Análisis de materiales aplicados a la envolvente	183
3. Proceso de selección de tipologías para el ACV comparativo	183
4. Conclusiones	193

Figura 74\_

**Título:** Sistemas Pasivos de envoltente

**Descripción:** En esta imagen se grafican algunas estrategias pasivas aplicadas a la envoltente vertical opaca

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



Nota:

Este artículo fue publicado en la revista "Science Journal of Civil Engineering and Architecture", desarrollado en el idioma Ingles. Para más información ir a la sección de "Publicaciones y Presentaciones Públicas" de este documento, o buscar la referencia bibliográfica:

2014, Science Journal of Civil Engineering and Architecture: Titulo: "Classification of opaque exterior walls of buildings from a sustainable point of view". Autor: Michelle Sanchez de Leon

# CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LAS TIPOLOGÍAS DE ENVOLVENTES:

## ABSTRACT

### CASTELLANO:

La envolvente arquitectónica es una de las claves para un buen funcionamiento del edificio en términos de sostenibilidad. Tomando esto en consideración, este capítulo se centra en armar un sistema de clasificación de los sistemas de envolventes, cruzando los conocimientos y parámetros de los sistemas constructivos con los requerimientos en términos de sostenibilidad. En esta parte del estudio se evalúa la importancia que tiene el diseño de la envolvente sobre la sostenibilidad del edificio y se analizan los parámetros que hacen que los sistemas constructivos se comporten de diferentes maneras en términos de sostenibilidad. A su vez, se explica el proceso de clasificación generado a partir de este análisis, que da como resultado un cuadro de categorización donde entran todos los sistemas constructivos de envolventes verticales opacas.

*Palabras Clave: sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior, construcción, sistema constructivo, eficiencia energética.*

### ENGLISH:

The architectonic envelope is one of the keys for the good building functioning in terms of sustainability. Taking into consideration, this chapter is focus on building a classification system of the envelope systems, crossing the knowledge and parameters of the construction systems with the requirements, in terms of sustainability. This part of the study evaluates the importance of the design of the envelope on the sustainability of the building and analyzes the parameters that make the construction systems behave in different ways in terms of sustainability. Additionally, it is explained the classification process generated from this analysis, which results in a categorization table where all constructive systems of vertical opaque envelopes enter.

*Key words: sustainability, facade, envelope, exterior wall, construction, constructive system, energy efficiency.*

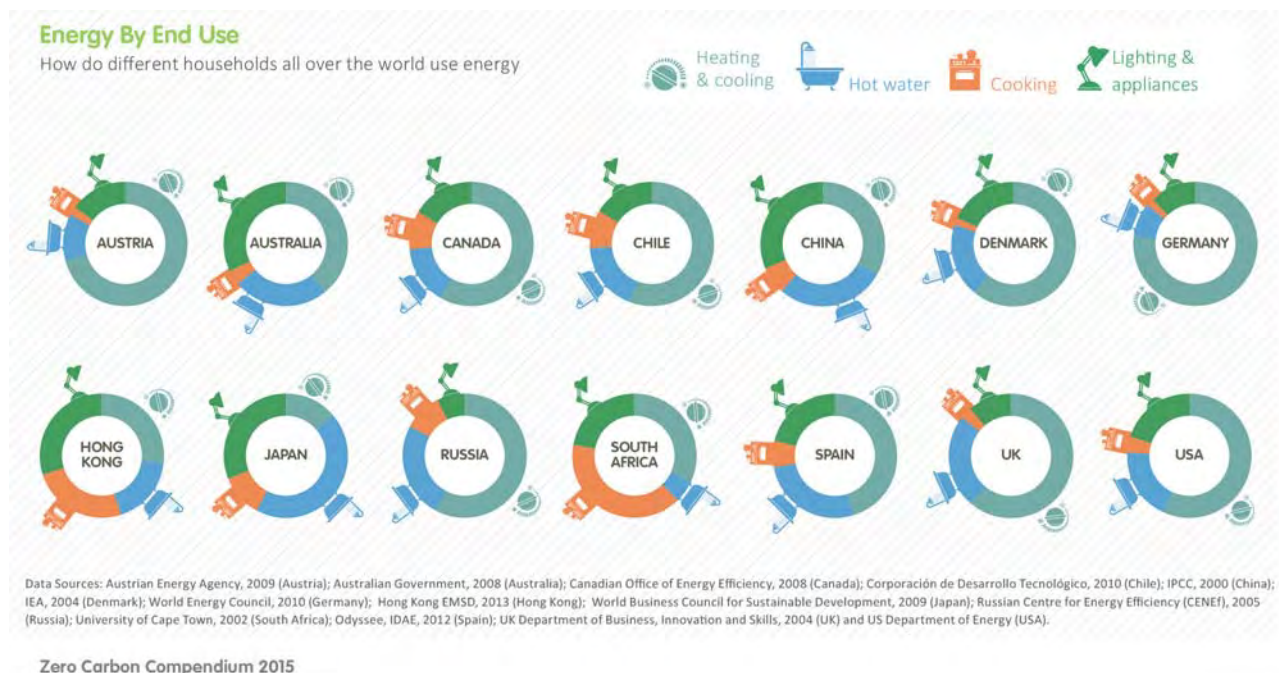


Figura 75\_

**Título:** ¿Cómo se usa la energía en las casa alrededor del mundo?

**Descripción:** En esta imagen se puede ver la diferencia entre la manera en que se consumo energía en diferentes países del mundo, ejemplificando como el clima y las costumbres locales alterar estos estandares.

**Fuente:** (Zero Carbon Hub, 2015)



# CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LAS TIPOLOGÍAS DE ENVOLVENTES:

Esta parte de la investigación nace de la necesidad de cruzar los parámetros y requerimientos de los sistemas constructivos con los sistemas que los mismos pueden tener a nivel sostenible sobre el edificio. Teniendo un nuevo sistema de clasificación de envolventes verticales opacas que nos permite analizar su funcionamiento en términos de sostenibilidad.

Considerando los parámetros explicados en el capítulo 2 y el Anexo 01 de esta investigación y las tipologías de sistemas constructivos que existen en el ámbito profesional de la arquitectura. Se tomaron todas estas inquietudes y parámetros en consideración y se planteó una nueva clasificación de los sistemas de muro exterior, teniendo como resultado una nueva mirada y la unificación de criterios.

## 1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS DE MURO EXTERIOR

La clasificación maneja las tipologías de los sistemas constructivos a nivel mundial con los procesos físicos —explicados anteriormente en el capítulo 2 y el Anexo 01— que afectan la eficiencia energética de un edificio. Tomando estos parámetros en consideración, se cruzaron los criterios de las tipologías de sistemas constructivos tomando

en cuenta tanto los sistemas más tradicionales, como los más innovadores. Estos criterios constructivos se trasponen con incorporación de materiales y componentes que ayuden al funcionamiento sostenible del edificio.

Los sistemas constructivos se dividen en dos clasificaciones principales, Mono hoja y Multi hoja, teniendo por un lado los parámetros de los sistemas constructivos que utilizan un sólo material para su funcionamiento —denominados Mono hoja— y por otro lado los sistemas que combinan varios materiales para aprovechar los beneficios de cada componente —llamados Multi hoja—.

En los parámetros de los procesos físicos, tenemos la incorporación de la inercia térmica, el aislamiento térmico y la cámara de aire. Estos elementos pueden mejorar la eficiencia energética de un edificio, siempre tomando en consideración el clima local y pueden también proyectar cómo mejorar la adaptabilidad de la fachada a dicho clima.

De esta manera se obtiene el cruce de conocimientos técnicos del ámbito constructivo con los del ámbito sostenible o con el impacto medio ambiental que los edificios producen. Este cruce de conocimientos aporta una nueva visión de estos parámetros, la cual puede contribuir a la futura selección de tipologías de envolvente opaca y

Tabla 17\_

**Título:** Primer paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior

**Descripción:** Cuadro de clasificación del sistema constructivo (Leyenda:

Sistema constructivo Mono hoja: A. Sistema constructivo Multi hoja: B)

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

Envolventes Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire
<div data-bbox="300 1070 485 1218" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Clasificación de tipologías de envolvente opaca</div>	<div data-bbox="512 792 687 869" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A Sist. Const. Monohoja</div>			
	<div data-bbox="512 1420 687 1496" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">B Sist. Const. Multihoja</div>			
Leyenda:	<div data-bbox="501 1962 528 1989" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></div> Monohoja <div data-bbox="501 1989 528 2016" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black;"></div> Multihoja	<div data-bbox="708 1962 735 1989" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black;"></div> Sin Inercia <div data-bbox="708 1989 735 2016" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffb6c1; border: 1px solid black;"></div> Con Inercia	<div data-bbox="906 1962 933 1989" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f4a460; border: 1px solid black;"></div> Sin Aislamiento <div data-bbox="906 1989 933 2016" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f0e68c; border: 1px solid black;"></div> Con Aislamiento Interior <div data-bbox="906 2016 933 2042" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f5deb3; border: 1px solid black;"></div> Con Aislamiento Central <div data-bbox="906 2042 933 2069" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #f5deb3; border: 1px solid black;"></div> Con Aislamiento Exterior	<div data-bbox="1114 1962 1141 1989" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></div> Sin Cámara de aire <div data-bbox="1114 1989 1141 2016" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></div> Con Cámara de aire Ventilada <div data-bbox="1114 2016 1141 2042" style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #e0ffe0; border: 1px solid black;"></div> Con Cámara de aire no ventilada

a su vez reducir el impacto medio ambiental que actualmente tienen los edificios.

### **a. Clasificación de sistemas constructivos**

El primer paso de la clasificación enuncia las dos grandes tipologías de sistemas constructivos. Las envolventes verticales opacas Multi Hoja o Mono Hoja (Tabla 17).

El sistema Mono Hoja está compuesto por un único material el cual tiene que responder a las funciones de confort, intercambio de energía y soporte. Normalmente son envolventes de materiales de origen pétreo, los cuales basan su desempeño en términos de intercambio de energía en la masa térmica que tenga el edificio. Teniendo en consideración la masa, el grosor y la transmitancia térmica del mismo, por ejemplo: piezas de muros de fábrica, tapial, bloque de piedra, etc. (Tabla 17).

El sistema Multi hoja está formado por varias capas especializadas de materiales distintos. Estos materiales constituyen el sistema constructivo de la envolvente, teniendo cada uno de ellos una función específica en el funcionamiento de la fachada, ya sea a nivel estructural, estético o sostenible. Los materiales que componen una fachada Multi hoja pueden ser muy variados, pero generalmente

como mínimo encontramos una capa que cumple con las funciones estructurales, y otras capas que cumplen con las funciones estéticas. Teniendo luego, dependiendo del clima, otras posibles capas que cumplen con el aislamiento térmico, la inercia térmica, la disipación de calor, el control de la radiación, control de humedades, barrera de vapor, protección al fuego, etc., dependiendo de cuál sea la configuración que se quiera diseñar para adaptarse al clima local (Tabla 17).

En cuanto a la adaptabilidad al clima, podemos notar que los sistemas constructivos Multi hoja son más versátiles que los Mono hoja, ya que al estar compuestos por varios materiales hacen que cada uno de ellos tenga una reacción física y una funcionabilidad diferente, permitiendo acondicionarse a los cambios de clima local. Adaptándose mejor, por ejemplo, a climas con estaciones marcadas durante el año, como pueden ser los climas que presentan invierno, primavera, verano y otoño, permitiendo que la fachada tenga una reacción diferente a cada clima, y de esta manera maximizar la capacidad de cada material para reaccionar de mejor manera ante estas fluctuaciones climáticas, esto las hace más sostenibles (Apéndice 01). Pero vale la pena mencionar que las fachada Multi hoja también pueden ser más complejas de construir y eso le añade coste en la etapa de producción, lo cual afecta el impacto económico.

Tabla 18\_

**Título:** Segundo paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior

**Descripción:** Cuadro de clasificación incorporación de la inercia térmica  
(Leyenda. Sin Inercia: A1 y B1. Con Inercia: A2 y B2).

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

Envolventes Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire
Clasificación de tipologías de envoltente opaca	A Sist. Const. Monohoja	A.1 Sin Inercia		
		A.2 Con Inercia		
	B Sist. Const. Multihoja	B.1 Sin Inercia		
		B.2 Con Inercia		
Leyenda:		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></span> Monohoja  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #999999; border: 1px solid black;"></span> Multihoja                 </div> <div> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcccc; border: 1px solid black;"></span> Sin Inercia  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ff9999; border: 1px solid black;"></span> Con Inercia                 </div> <div> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcc00; border: 1px solid black;"></span> Sin Aislamiento  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcc99; border: 1px solid black;"></span> Con Aislamiento Interior  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcc66; border: 1px solid black;"></span> Con Aislamiento Central  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcc33; border: 1px solid black;"></span> Con Aislamiento Exterior                 </div> <div> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff99; border: 1px solid black;"></span> Sin Cámara de aire  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff66; border: 1px solid black;"></span> Con Cámara de aire Ventilada  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffff33; border: 1px solid black;"></span> Con Cámara de aire no ventilada                 </div> </div>		

## **b. La incorporación de la inercia térmica**

El segundo paso de la clasificación es la incorporación o no de materiales con inercia térmica en la composición del sistema constructivo. Este proceso físico lo tomamos en cuenta ya que la presencia o no de inercia térmica en el sistema constructivo define una reacción directa que tiene el sistema ante el clima de la localidad. Trabajando con amortización energética sobre el intercambio de calor entre el espacio interior y el exterior.

La inercia térmica generalmente se presenta en materiales pesados, como por ejemplo: cerámico, tapial y derivados pétreos. Esto sucede porque la inercia dependerá de la masa, el calor específico y el coeficiente de conductividad térmica que tenga el material. Al final de este apartado se explicará con más detalles cuales son los materiales que funcionan con inercia térmica y sus parámetros técnicos, por medio de una tabla comparativa.

El beneficio que tiene este tipo de envolvente es que amortizan el calor, absorbiendo el mismo; generado por el intercambio de energía que se da durante el día, y cediendo este calor durante la noche. Esto funciona muy bien en climas variables, donde durante el día hay temperaturas elevadas y en la noche hay una disminución de

temperatura considerable. La incorporación de la inercia térmica apoya la sostenibilidad del edificio cuando se localiza en climas templados y cálidos, sobre todo si tiene marcadas diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas, pero no es tan recomendado para climas fríos o cálidos (Apéndice 1).

Cuando se trabaja con inercia térmica, no podemos trabajar con aislamiento interior, porque la capa de material aislante frenaría el intercambio de energía entre el material inerte y el espacio interior. Por lo tanto, si tenemos una fachada Multi Hoja que queremos que trabaje con inercia térmica, si necesitamos colocar aislamiento térmico como parte del sistema constructivo, debemos colocarlo hacia el exterior de la fachada.

Tomando todos estos parámetros en cuenta se clasifican los sistemas constructivos considerando si el sistema constructivo está compuesto por alguna capa con un material que tenga inercia térmica (Tabla 18).

Tabla 19\_

**Título:** Tercer paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior

**Descripción:** Cuadro de clasificación incorporación del aislamiento térmico (Leyenda. Sin Aislamiento: B1.1 y B2.1. Con Aislamiento Interior B1.2 y B2.2. 3. Con Aislamiento Central: B1.3 y B2. Con Aislamiento Exterior: B1.4 y B2.4).

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

Envolturas Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire
Clasificación de tipologías de envoltura opaca	A Sist. Const. Monohoja	A.1 Sin Inercia	B.1.1 Sin Aislamiento	
		A.2 Con Inercia	B.1.2 Con Aislamiento Interior	
			B.1.3 Con Aislamiento Central	
			B.1.4 Con Aislamiento Exterior	
	B Sist. Const. Multihoja	B.1 Sin Inercia	B.2.1 Sin Aislamiento	
			B.2.2 Con Aislamiento Interior	
			B.2.3 Con Aislamiento Central	
			B.2.4 Con Aislamiento Exterior	
		B.2 Con Inercia		

<b>Leyenda:</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>■ Monohoja</p> <p>■ Multihoja</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>■ Sin Inercia</p> <p>■ Con Inercia</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>■ Sin Aislamiento</p> <p>■ Con Aislamiento Interior</p> <p>■ Con Aislamiento Central</p> <p>■ Con Aislamiento Exterior</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>■ Sin Cámara de aire</p> <p>■ Con Cámara de aire Ventilada</p> <p>■ Con Cámara de aire no ventilada</p> </div> </div>
-----------------	---

### **c. La incorporación del aislamiento térmico**

El tercer nivel de la clasificación es la incorporación o no de materiales de tipo aislante térmico en la constitución del sistema constructivo, identificando a su vez la ubicación dentro de la composición del mismo. La importancia a nivel sostenible está identificada según el tipo de clima en el que se está trabajando, la presencia de materiales aislantes térmicos puede conseguir reducir considerablemente el flujo de intercambio de energía con rangos de pocos centímetros.

Lo que caracteriza un material aislante térmico en términos de intercambio de energía es el nivel de transmitancia térmica que tenga el mismo, ya que esto es lo que controla el intercambio de calor entre el interior y el exterior, lo cual es la relación entre el espesor del material y la conductividad térmica. Cuando hablamos de aislamientos térmicos hacemos referencia a materiales de baja conductividad térmica, del orden entre 0.013 a 0.07 W/m<sup>2</sup>K o inferior (Tabla 19).

Otro de los parámetros que se estudia es la ubicación de dicho material. Según el sistema constructivo el material aislante se puede encontrar ubicado en el interior, central o exterior de la envolvente. La importancia que tiene esta ubicación

es que en término de los parámetros físicos de un edificio, el aislamiento térmico ubicado hacia el exterior del sistema constructivo tiende a comportarse de mejor manera, ya que la capa de material estructurante que se ubica en el interior de la fachada protege al aislamiento de humificación, actuando como una barrera para el vapor —dependiendo del material— y eliminando los efectos de la condensación. De igual manera así es más fácil evitar los puentes térmicos (Varios, 2014) y la pared interior permanece caliente y seca a lo largo del año gracias a que el aislamiento térmico impide de mejor manera el intercambio de energía entre el interior y el exterior.

Sin embargo, existen proyectos en los que es imposible aplicar el aislamiento en la capa exterior, como por ejemplo cuando se hace una reforma en un edificio donde el límite exterior de la fachada no se puede alterar, por lo tanto, el aislamiento se tiene que instalar desde el espacio interior. En el caso del aislamiento ubicado en el interior, el proceso físico que se explicó anteriormente es al revés. Es decir, el muro exterior permanece más frío y el riesgo de que haya humedad en el sistema es mucho menor (Varios, 2014). Para evitar que esto pase hay que colocar una buena barrera de vapor en el sistema constructivo.



Tabla 20\_

**Título:** Cuarto paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior

**Descripción:** Cuadro de clasificación incorporación de la cámara de aire  
 (Leyenda. Sin Cámara de Aire: B1.1.1, B1.2.1, B1.3.1, B1.4.1, B2.1.1, B2.2.1, B2.3.1 y B2.4.1. Con Cámara de Aire Ventilada: B1.1.2, B1.2.2, B1.3.2, B1.4.2, B2.1.2, B2.2.2, B2.3.2 y B2.4.2. Con Cámara de Aire No Ventilada: B1.1.3, B1.2.3, B1.3.3, B1.4.3, B2.1.3, B2.2.3, B2.3.3, B2.4.3).

**Fuente:** Tabla popuesta y creada por autor de documento

Envoltentes Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire	
Clasificación de tipologías de envoltente opaca	A Sist. Const. Monohoja	A.1 Sin Inercia	B.1.1 Sin Aislamiento	B.1.1.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.1.2 Con Cámara de aire ventilada	
		B.1.1.3 Con Cámara de aire no ventilada			
		B.1.2 Con Aislamiento Interior		B.1.2.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.2.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.2.3 Con Cámara de aire no ventilada	
		B.1.3 Con Aislamiento Central	B.1.3.1 Sin Cámara de aire		
			B.1.3.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.1.3.3 Con Cámara de aire no ventilada		
		B.1 Sin Inercia	B.1.4 Con Aislamiento Exterior	B.1.4.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.4.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.4.3 Con Cámara de aire no ventilada	
	B.2.1 Sin Aislamiento		B.2.1.1 Sin Cámara de aire		
			B.2.1.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.2.1.3 Con Cámara de aire no ventilada		
	B.2 Con Inercia	B.2.2 Con Aislamiento Interior	B.2.2.1 Sin Cámara de aire		
			B.2.2.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.2.2.3 Con Cámara de aire no ventilada		
		B.2.3 Con Aislamiento Central	B.2.3.1 Sin Cámara de aire		
			B.2.3.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.2.3.3 Con Cámara de aire no ventilada		
	B.2.4 Con Aislamiento Exterior	B.2.4.1 Sin Cámara de aire	B.2.4.1 Sin Cámara de aire		
			B.2.4.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.2.4.3 Con Cámara de aire no ventilada		
B Sist. Const. Multihoja		B.1 Sin Inercia	B.1.1 Sin Aislamiento	B.1.1.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.1.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.1.3 Con Cámara de aire no ventilada	
	B.1.2 Con Aislamiento Interior			B.1.2.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.2.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.2.3 Con Cámara de aire no ventilada	
B.1.3 Con Aislamiento Central	B.1.3.1 Sin Cámara de aire				
	B.1.3.2 Con Cámara de aire ventilada				
	B.1.3.3 Con Cámara de aire no ventilada				
B.1 Sin Inercia	B.1.4 Con Aislamiento Exterior		B.1.4.1 Sin Cámara de aire		
			B.1.4.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.1.4.3 Con Cámara de aire no ventilada		
	B.2.1 Sin Aislamiento	B.2.1.1 Sin Cámara de aire			
		B.2.1.2 Con Cámara de aire ventilada			
		B.2.1.3 Con Cámara de aire no ventilada			
B.2 Con Inercia	B.2.2 Con Aislamiento Interior	B.2.2.1 Sin Cámara de aire			
		B.2.2.2 Con Cámara de aire ventilada			
		B.2.2.3 Con Cámara de aire no ventilada			
	B.2.3 Con Aislamiento Central	B.2.3.1 Sin Cámara de aire			
		B.2.3.2 Con Cámara de aire ventilada			
		B.2.3.3 Con Cámara de aire no ventilada			
B.2.4 Con Aislamiento Exterior	B.2.4.1 Sin Cámara de aire	B.2.4.1 Sin Cámara de aire			
		B.2.4.2 Con Cámara de aire ventilada			
		B.2.4.3 Con Cámara de aire no ventilada			
	Leyenda	■ Monohoja	■ Sin Inercia	■ Sin Aislamiento	■ Sin Cámara de aire
		■ Multihoja	■ Con Inercia	■ Con Aislamiento Interior	■ Con Cámara de aire Ventilada
				■ Con Aislamiento Central	■ Con Cámara de aire no ventilada
			■ Con Aislamiento Exterior		

Para controlar las humedades también podríamos especificar materiales aislantes térmicos a base de cal (EBS, 2016). Estos materiales absorben las humedades que puedan transmitirse desde el ambiente exterior al sistema constructivo, impidiendo que la misma se trasmita hasta el espacio interior. De esta manera se reduce la posibilidad de tener humedades, y mojo en el edificio (Tabla 19).

Los aislamientos térmicos son muy importantes para contrarrestar los intercambios de energías en las envolventes localizadas en climas fríos. Esto es porque durante el invierno la función de estos materiales es el de frenar el intercambio de energía, impidiendo que el calor de la hoja interior se decante hacia el espacio exterior. Al contrario de la inercia térmica, la incorporación de aislamiento térmico apoya a los edificios que están localizados en climas fríos y templados, donde la mayor cantidad del año se encuentran a temperaturas frías, ya que el edificio necesita resguardarse en contra de las temperaturas bajas y bloquear el intercambio de calor entre el ambiente interior y el exterior (Apéndice 1).

Tomando todos estos parámetros en cuenta se clasifican los sistemas constructivos considerando si el mismo está compuesto por alguna capa con un material aislante térmico y se identifica la ubicación del mismo dentro de la constitución del

sistema. Teniendo como posibles ubicaciones: hacia el interior del sistema, central y hacia el exterior. (Tabla 19).

#### **d. La incorporación de la cámara de aire**

El cuarto paso de la clasificación es la identificación de la existencia de una cámara de aire dentro de la composición del sistema constructivo. La presencia de la cámara de aire permite disminuir los efectos de la radiación solar, arrojándole sombra a la fachada, y ventilando las capas exteriores del sistema constructivo, haciendo que el aire exterior al que está expuesto la misma este a menor temperatura que el clima local.

Otro de los parámetros que se va a estudiar en esta fase es si en el sistema constructivo la cámara de aire es ventilada o no ventilada. En algunos sistemas constructivos las cámaras de aire no son ventiladas porque se toma en consideración solamente la transmitancia térmica del aire para frenar el intercambio de energía, esto funciona bien en climas fríos. Cuando estamos ubicados en climas cálidos, es importante ventilar la cámara de aire, ya que por convención natural refrescamos el aire de la cámara y logramos que la temperatura del aire exterior, que está en contacto con el edificio, sea menor que la del ambiente exterior (Tabla 20).

Tabla 21\_

**Título:** Clasificación de tipologías siguiendo la capacidad de adaptación al clima local

**Descripción:** Esquema de clasificación / Climas de incorporación

(Leyenda Sin espacio de aire: A.1, A.2, B1.1.1, B1.2.1, B1.3.1, B1.4.1, B2.1.1, B2.2.1, B2.3.1 y B2.4.1 Con brecha ventilado aire: B1.1.2, B1.2.2, B1.3.2, B1.4.2, B2.1.2, B2.2.2, B2.2.3 y B2.4.2 Con espacio de aire no ventilado: B1.1.3, B1.2.3, B1.3.3, B1.4.3, B2.1.3, B2.2.3, B2.3.3, B2.4.3).

**Fuente:** Tabla popuesta y creada por autor de documento

A- Tropical	B- Dry	C- Temperate			D- Continental			E- Polar
Af- Tropical Rainforest	Bsh- Subtropical Dry Semiarid (Steppe)	Cfa- Humid Subtropical	Csb- Coastal Mediterranean	Dfa- Humid Continental Hot Summer, Wet All Year	Dwa- Humid Continental Hot Summer, Wet All Year	ET- Tundra		
A2	A2	B.2.2.1 B.2.2.2 B.2.2.3	B.2.2.1 B.2.2.2 B.2.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	
B.1.1.1 B.1.1.2 B.1.1.3	B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3	B.2.3.1 B.2.3.2 B.2.3.3	B.2.3.1 B.2.3.2 B.2.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	
B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3		B.2.4.1 B.2.4.2 B.2.4.3	B.2.4.1 B.2.4.2 B.2.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	
Am- Tropical Monsoon	Bsk- Mid-latitude Dry Semiarid (Steppe)	Cfb- Marine - Mild Winter	Cwa- Dry Winter, Wet Summer	Dfb- Humid Continental Mild Summer, Wet All Year	Dwb- Humid Continental Mild Summer, Dry Winter	EF- Ice Cap		
A2	A2	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	
B.1.1.1 B.1.1.2 B.1.1.3	B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	
B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3		B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	
Aw- Tropical Wet and Dry	Bwh- Subtropical Dry Arid (Desert)	Cfc- Marine - Cool Winter		Dfc- Subarctic With Cool Summer, Wet All Year	Dwc- Subarctic With Cool Summer, Dry Winter	H- Highland Climate		
A2	A2	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3		B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	
B.1.1.1 B.1.1.2 B.1.1.3	B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3		B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	
B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3		B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3		B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	
	Bwk- Mid-latitude Dry Arid (Desert)	Csa- Interior Mediterranean		Dfd- Subarctic With Cold Winter, Wet All Year	Dwd- Subarctic With Cold Winter, Dry Winter			
	A2	B.2.2.1 B.2.2.2 B.2.2.3		B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3	B.1.2.1 B.1.2.2 B.1.2.3			
	B.2.1.1 B.2.1.2 B.2.1.3	B.2.3.1 B.2.3.2 B.2.3.3		B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3	B.1.3.1 B.1.3.2 B.1.3.3			
		B.2.4.1 B.2.4.2 B.2.4.3		B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3	B.1.4.1 B.1.4.2 B.1.4.3			

También podemos concluir que la incorporación de la cámara de aire ayuda a los edificios que están localizados en climas cálidos, en especial los tropicales y desérticos en donde encontramos temperaturas elevadas durante todo el año. A su vez apoya a los edificios ubicados en climas templados cuando encontramos elevadas temperaturas durante la época del verano, como serían los climas templados- mediterráneos. Esto sucede porque la cámara ayuda a reducir la temperatura del aire interior del edificio, ventilado la fachada, renovando el aire de la cámara, haciendo que la diferencia entre las temperaturas de intercambio entre exterior e interior sea menor (Apéndice 1).

Dentro del sistema de clasificación se identifica la presencia o no de esta cámara de aire. A su vez se identifica si esta cámara de aire es ventilada o no ventilada. Esta diferenciación existe ya que hay sistemas constructivos que sólo utilizan la cámara de aire para minimizar los efectos de la radiación sin ventilar el aire interior. (Tabla 20).

Luego de tener este sistema de clasificación claro, se contrasta con otro cuadro de clasificación donde se estudian todas las tipologías de sistemas constructivos de envolventes verticales opacas, y estas tipologías se ubican en el cuadro final llenando cada posibilidad de clasificación. De esta manera se verifica la veracidad de la misma y se

identifican los parámetros de selección.

### **e. Clasificación de Sistemas de Muro Exterior y la Capacidad de Adaptación al Clima Local**

Después de haber estudiado esta clasificación podemos darnos cuenta de que existen parámetros significativos. Estos parámetros hablan del comportamiento de cada sistema de muro exterior y su capacidad de adaptarse al clima local, así como los rangos de los valores de transmitancia —valor-U— del sistema, teniendo en cuenta los materiales que lo componen.

En cuanto a la capacidad de adaptación de la fachada al clima, se puede señalar que los sistemas de construcción Multi Hoja son más versátiles que la Mono Hoja, porque están compuestas de varios materiales que permitan reaccionar a los cambios climáticos de diferente manera, adaptándose mejor al clima local. Esto hace que sea más sostenible (Tabla 21).

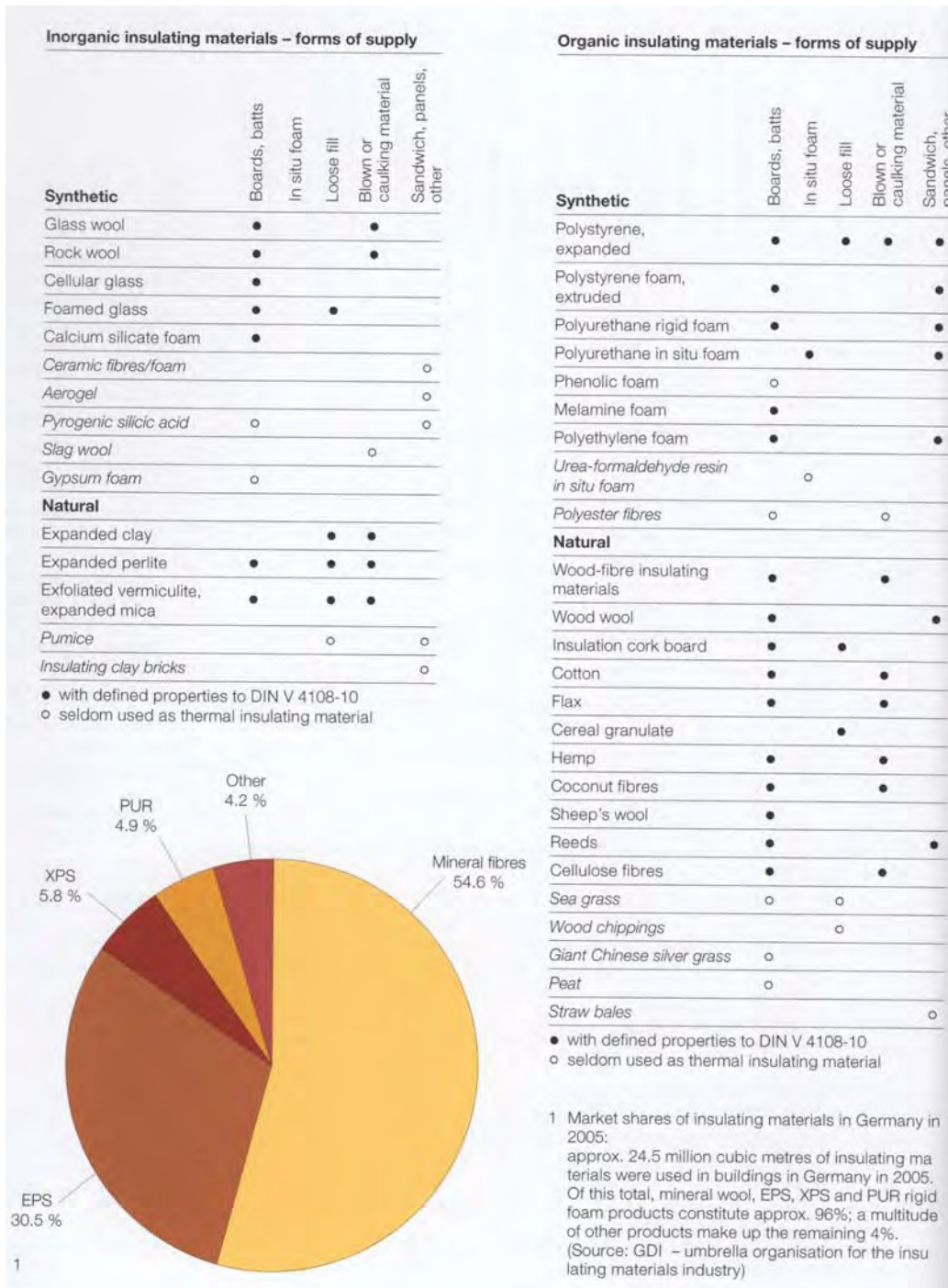
Las fachadas Multi Hoja combinan varios materiales, maximizando la capacidad y las virtudes de cada material por lo cual pueda adecuarse mejor al clima local, teniendo, por ejemplo, mejor adaptabilidad en climas que tienen varias estaciones

Figura 76\_

Título: Tipologías de Aislamiento Térmico

Descripción: En esta imagen explica los tipos de aislamientos térmicos que existen en el mercado. Esta tabla se tomo en consideración cuando se realizo la tabla de analisis de los materiales aislantes térmicos que se puede conseguir en el Apéndice 6

Fuente: Varios, 2008



marcadas durante el año, como el clima mediterráneo de Barcelona, donde tenemos cuatro estaciones climáticas marcadas, con mucha variación entre las temperaturas de invierno y verano. Estas fachadas buscan combinar materiales que tengan diferentes reacciones físicas a estos cambios climáticos, permitiendo un buen funcionamiento tanto en climas fríos como calientes. Esta adaptabilidad las hace más sostenibles que las fachadas Mono Hoja, por ejemplo: la cámara de aire, el aislamiento térmico (figura 76) y la inercia térmica.

Al mismo tiempo, se puede concluir que la incorporación de la inercia térmica es compatible con el rendimiento sostenible del edificio cuando se encuentra en climas templados y/o cálidos, especialmente si tiene diferencias notables entre las temperaturas diurnas y nocturnas, pero no es tan recomendable para climas fríos.

Por otra parte, incluir aislamiento térmico en la envolvente de los edificios mejora el rendimiento de los proyectos que se encuentran ubicados en climas fríos y/o templados, especialmente en los climas fríos donde hay temperaturas bajas la mayor parte del año, ya que ayuda a proteger el edificio contra el frío, y bloquea el intercambio de energía entre el interior y el exterior.

También podemos deducir que la inclusión de una cámara de aire ayuda a los edificios situados en climas cálidos, especialmente en clima tropical y/o en desierto, donde encontramos altas temperaturas durante todo el año. Al mismo tiempo apoya al edificio ubicado en climas templados, sobre todo en temporadas en el que podemos encontrar altas temperaturas durante el verano. Esto sucede porque la cámara de aire, si esta ventilada, ayuda a bajar la temperatura del espacio interior del edificio, renovando el aire en la cámara, y reduciendo la temperatura el aire exterior que está en contacto directo con el edificio, impidiendo la diferencia entre las temperaturas exterior e interior y el intercambio de energía.

Tomando en consideración todos los parámetros discutidos en los apartados anteriores de este capítulo; se realizó una tabla de clasificación de fachada según su adaptabilidad a diferentes climas. En esta tabla se identifica cuales sistemas constructivos pueden funcionar de mejor manera en diferentes tipos de climas, tomando en cuenta las tipologías de materiales y combinaciones de los mismos en cada sistema constructivo para identificar la capacidad de adaptarse de cada uno, los procesos físicos a los que reaccionan cada material y las temperaturas promedio locales de cada tipo de clima. La nomenclatura de los sistemas constructivos corresponde con los de la tabla

Tabla 22\_

**Título:** Selección de tipologías para aplicar el ASCV

**Descripción:** En esta imagen se resalta con un rectángulo rojo las tipologías seleccionadas para hacer el ASCV comparativo. Donde se demuestra la variedad de los sistemas constructivos seleccionados

**Fuente:** Tabla propuesta y creada por autor de documento

Envoltentes Opacas	1.- Sistemas Constructivos	2.- Inercia Térmica	3.- Aislamiento Térmico	4.- Cámara de aire	
Clasificación de tipologías de envoltente opaca	A Sist. Const. Monohoja	A.1 Sin Inercia	B.1.1 Sin Aislamiento	B.1.1.1 Sin Cámara de aire	
		A.2 Con Inercia		B.1.1.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.1.3 Con Cámara de aire no ventilada	
		B.1 Sin Inercia	B.1.2 Con Aislamiento Interior	B.1.2.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.2.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.2.3 Con Cámara de aire no ventilada	
		B.2 Con Inercia	B.1.3 Con Aislamiento Central	B.1.3.1 Sin Cámara de aire	
				B.1.3.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.1.3.3 Con Cámara de aire no ventilada	
		B Sist. Const. Multihoja	B.1 Sin Inercia	B.1.4 Con Aislamiento Exterior	B.1.4.1 Sin Cámara de aire
					B.1.4.2 Con Cámara de aire ventilada
					B.1.4.3 Con Cámara de aire no ventilada
	B.2 Con Inercia		E.2.1 Sin Aislamiento	B.2.1.1 Sin Cámara de aire	
				B.2.1.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.2.1.3 Con Cámara de aire no ventilada	
	B.2 Con Inercia		E.2.2 Con Aislamiento Interior	B.2.2.1 Sin Cámara de aire	
				B.2.2.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.2.2.3 Con Cámara de aire no ventilada	
	B.2 Con Inercia		E.2.3 Con Aislamiento Central	B.2.3.1 Sin Cámara de aire	
				B.2.3.2 Con Cámara de aire ventilada	
				B.2.3.3 Con Cámara de aire no ventilada	
	B.2 Con Inercia	B.2.4 Con Aislamiento Exterior	B.2.4.1 Sin Cámara de aire		
			B.2.4.2 Con Cámara de aire ventilada		
			B.2.4.3 Con Cámara de aire no ventilada		
Leyenda: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Monohoja</li> <li>■ Multihoja</li> <li>■ Sin Inercia</li> <li>■ Con Inercia</li> <li>■ Sin Aislamiento</li> <li>■ Con Aislamiento Interior</li> <li>■ Con Aislamiento Central</li> <li>■ Con Aislamiento Exterior</li> <li>■ Sin Cámara de aire</li> <li>■ Con Cámara de aire Ventilada</li> <li>■ Con Cámara de aire no ventilada</li> </ul>					

de clasificación anterior (Tabla 20).

A continuación, se presenta la tabla comparativa cruzando cada sistema constructivo en el tipo de clima en el que puede tener mejor adaptabilidad. La idea de esta tabla comparativa es que funcione como herramienta de diseño para arquitectos e ingenieros. Para ello estamos basándonos el sistema de clasificación de tipos de clima de Köppen, explicado en el capítulo anterior (EoEarth, 2011) (Tabla 20) (Apéndice 5).

## **2. ANÁLISIS DE MATERIALES APLICADOS A LA ENVOLVENTE**

Luego de escoger la tipología más eficiente para el edificio, los arquitectos debemos seleccionar los materiales que van a ser utilizados como componentes del sistema. Aunque esta investigación no se basa en la selección de dichos materiales. Las siguientes tablas comparativas se pueden utilizar, junto con la metodología de cálculo explicada en el capítulo 1 de este documento, para aplicarse a otros sistemas constructivos y materiales no estudiados en el ACV comparativo en el que se basa esta investigación.

Estas tablas comparativas estudian las diferencias técnicas entre diferentes materiales

constructivos —aislantes térmicos y materiales con inercia térmica—, (Apéndice 6) estas tablas son herramientas de diseño importantes para ser utilizadas por arquitectos, las cuales apoyarán la correcta selección de los materiales constructivos de la envolvente, tomando en consideración la energía incorporada a los materiales, el coste y los detalles constructivos que involucra cada material.

## **3. PROCESO DE SELECCIÓN DE TIPOLOGÍAS PARA HACER EL ACV COMPARATIVO**

Luego de tener definida esta clasificación se seleccionaron cinco tipologías tomando en consideración el sistema de clasificación, seleccionando unas tipologías por cada nivel de categoría que se estudió, para que de esta manera el estudio produjera datos comparativos más interesantes, tomando en consideración todos los parámetros físicos que se clasificaron (Apéndice 1) (Tabla 22 y 23).

Para este nivel del análisis se desarrollarán unas fichas de estudio sobre cada tipología seleccionada, concentrándose en definir su comportamiento en invierno y verano, su función en términos de sostenibilidad, y definiendo la importancia de cada capa del sistema constructivo. Igualmente se








Tabla 23\_

**Título:**Tabla Tipologías seleccionadas

**Descripción:** La siguiente tabla explica la selección de las tipologías base y los materiales que las componen

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

TIPOLOGIAS					
Componentes y materiales de las tipologías analizadas					
U	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	355 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
Isolante térmico	-	EPS	-	EPS	EPS
Camara de Aire	-	-	Aire Ventilada	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-
Isolamiento térmico	-	EPS	-	-	-
Hoja Interior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior	-	-	-	-	-
					

analizará la aportación técnica que tiene cada una de ellas, tomando en consideración sus contribuciones tanto en verano como en invierno, y las características técnicas que le brinda el material de cada capa de la envolvente al sistema.

Las tipologías seleccionadas son las siguientes:

### **i. Tipología A.2 - Envolvente pesada unicapa con inercia térmica, sin aislamiento térmico ni cámara de aire:**

Esta tipología se seleccionó pensando en tener datos comparativos de tipologías que sólo cuentan con la inercia térmica del material que la compone para compensar con los intercambios de energía entre el ambiente interior y exterior.

La escogencia de este sistema constructivo también nos permite tener en consideración sistemas constructivos que no son comunes en nueva construcción en Europa, pero que se utilizan en climas más cálidos. A su vez nos permite tener datos comparativos de sistemas constructivos unicapas.

La dificultad de analizar este material es reducir el valor de la U (Apéndice 7-a) para que pueda cumplir con los valores mínimos del CTE (CTE DBHE, 2016), ya que los materiales que naturalmente cuentan con Inercia Térmica son materiales que

tienen valores de transmitancia térmica elevados, lo cual hace que sea difícil reducir el valor de la U si no se combinan con otros materiales.

Por lo tanto, lo que se hizo fue buscar materiales inertes que tuvieran valores de transmitancia reducidos que nos permitan llegar al valor de la U deseado.

A continuación, se explicará en mayor profundidad el funcionamiento técnico del sistema por medio de la siguiente ficha (Ficha 01).

### **ii. Tipología B.1.3.1 - Envolvente ligera multicapa sin inercia térmica, con aislamiento térmico ubicado hacia el exterior del sistema constructivo, sin cámara de aire:**

Se seleccionó esta tipología porque es un sistema constructivo típico de construcciones de madera, siendo esta la única tipología de sistema constructivo ligero que se seleccionó. Aunque no hay mucha tradición de construcción ligera en madera, al ser un sistema constructivo que se utiliza mucho en el Norte de Europa, nos pareció interesante el potencial de datos comparativos. A su vez, es un sistema constructivo que solamente cuenta con el aislamiento térmico para contrarrestar los

intercambios de energía, y contribuir con el nivel de sostenibilidad del edificio.

Para igualar el valor de la U al mínimo permitido por el CTE (CTE DBHE, 2016) (Apéndice 7-a), se cuenta con dos capas de aislamiento térmico, la principal ubicada hacia en el centro del sistema, y una capa interior, junto con una estructura compuesta por láminas y perfiles de madera contrachapada.

A continuación, se explicará en mayor profundidad el funcionamiento técnico del sistema por medio de la siguiente ficha (Ficha 02).

### **iii. Tipología B.2.1.2 - Envolvente pesada multicapa con inercia térmica, sin aislamiento térmico, con cámara de aire:**

La selección de esta tipología recae en la idea de comparar sistemas constructivos que trabajaran con la inercia térmica y con la cámara de aire, sin contar con aislamiento térmico. Dicha tipología está compuesta por 2 capas de material inerte, separadas por una cámara de aire.

Para reducir el valor de la U (Apéndice 7-a) y cumplir con el CTE (CTE DBHE, 2016) se seleccionó

trabajar con materiales que tengan baja transmitancia térmica, pero que la composición y grosor del material nos permita trabajar con la masa térmica del mismo (Ficha 03).

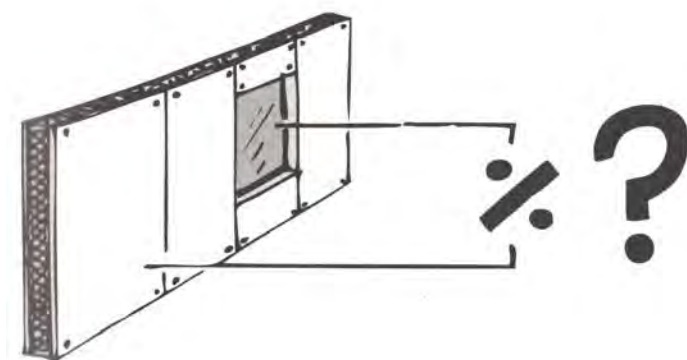
Aunque no es una tipología tradicional en España, se tomó en consideración para este estudio por el potencial que tienen de generar datos comparativos interesantes y a su vez tomar en consideración tipologías que son más tradicionales en climas cálidos, pero que aplicando materiales alternativos - como se hizo en esta investigación- pueden funcionar en climas mediterráneos, y generar beneficios a nivel sostenible.

### **iv. Tipología B.2.3.1 - Envolvente pesada multicapa con inercia térmica, con aislamiento térmico ubicado en el centro del sistema constructivo, sin cámara de aire:**

Esta tipología es tradicional en la construcción en España y Europa. Dicha tipología trabaja con la inercia, la última capa del material y con el aislamiento térmico, creando un equilibrio, en el que el material aislante reduce el intercambio de energía entre el interior y el exterior, y el material inerte trabaja con la masa térmica del mismo para almacenar el calor que la climatización del edificio genera.

**Título:** Proporción de fachada acristalada vs muro exterior  
**Descripción:** En esta imagen explica la correcta proporción entre la superficie de la fachada acristalada, contra la superficie de muro exterior.

**Fuente:** Jourda, 2012



Por lo tanto, esta tipología está compuesta por varias capas. La primera está compuesta por elementos prefabricados, en este caso es arcilla y es la que le da la fachada al edificio, la segunda es el aislamiento térmico, y la tercera es otra capa estructurante compuesta por materiales prefabricados en este caso de hormigón.

Ya que esta tipología es típica del ámbito de la construcción de España, es fácil cumplir con el mínimo valor de la U (Apéndice 7-a) del CTE (CTE DBHE, 2016), teniendo secciones y especificaciones de materiales comunes.

A continuación, se explicará en mayor profundidad el funcionamiento técnico del sistema por medio de la siguiente ficha (Ficha 04).

#### **v. Tipología B.2.3.2 - Envolverte pesada multicapa con inercia térmica, con aislamiento térmico ubicado en el centro del sistema constructivo, con cámara de aire:**

Esta tipología es tradicional en la construcción en España y Europa. Dicha tipología trabaja con la Inercia, la última capa del material, con el aislamiento térmico y con una cámara de aire ventilada, creando un equilibrio, en el que el material

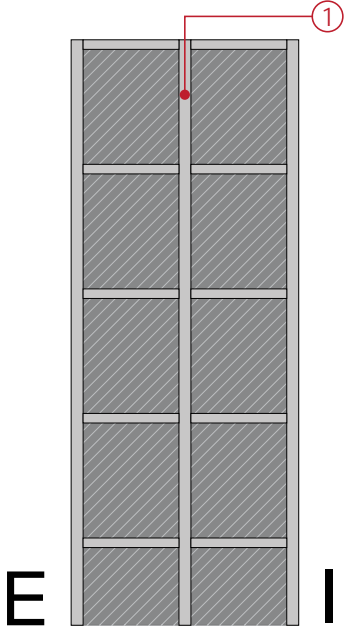
aislante reduce el intercambio de energía entre el interior y el exterior, el material inerte trabaja con la masa térmica del mismo para almacenar el calor que la climatización del edificio genera, y la cámara de aire reduce la temperatura del aire que está en contacto directo con la fachada.

Por lo tanto, esta tipología está compuesta por varias capas, la primera son elementos prefabricados, en este caso es arcilla, y es la que le da la fachada al edificio, una segunda capa que es la cámara de aire ventilada, otra capa que es el aislamiento térmico, y la tercera está compuesta por materiales prefabricados, en este caso de hormigón.

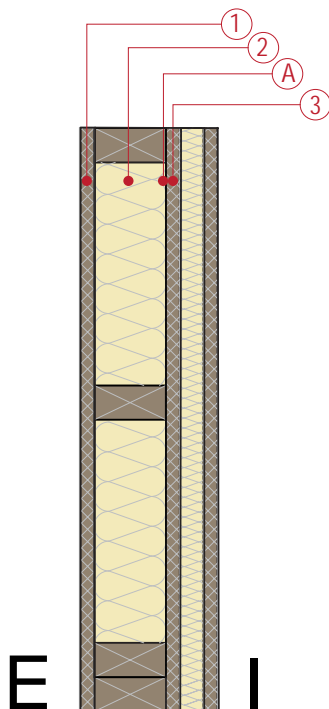
Ya que esta tipología es típica del ámbito de la construcción de España, es fácil cumplir con el mínimo valor de la U (Apéndice 7-a) del CTE (CTE DBHE, 2016), teniendo secciones y especificaciones de materiales comunes.

A continuación, se explicará en mayor profundidad el funcionamiento técnico del sistema por medio de la siguiente ficha (Ficha 05).

## A.2 - Envoltente pesada uni-hoja con Inercia Térmica

	<p><b>Composición del Sistema:</b></p> <p><b>0- Acabados / Revestimiento</b></p> <p><b>1- Hoja exterior y Hoja Interior</b></p> <p><i>Requisito técnico:</i> Como esta tipología es uni capa, existe una sola hoja que cumple con todas las funciones principales que debe de tener el Muro Exterior. Es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad, ya que debe garantizar la estanqueidad contra el agua del muro. A su vez, esta capa del sistema es la que le da el carácter estético al edificio. Con esta capa también se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Esta hoja es autoportante, por lo tanto esta capa no solo traslada los empujes horizontales pero también las cargas gravitatorias de su propio peso.</p> <p><i>Requisito sostenible:</i> Todo el control del intercambio de energía recae sobre la única capa del sistema. Esta tipología principalmente usa la Inercia Térmica como proceso físico para controlar el intercambio de energía, la misma amortigua el calor que absorbe la hoja exterior y los decanta al ambiente exterior.</p> <p><b>2- Resvetimiento Interior</b></p>
<p><b>Información Técnica:</b></p> <p><b>Soporte:</b> Este tipología de envoltente es autoportante. La resistencia del muro depende del material y el formato del que este compuesto.</p> <p><b>Confort:</b> Esta tipología equilibra los niveles de confort con la ayuda de la inercia térmica, amortiguando el calor que la hoja exterior recibe durante el día y decantandolo lentamente al ambiente interior. Este tipo de muro exterior funciona bien en climas cálidos, donde las temperaturas tienen a ser elevadas, a su vez tiene un mejor comportamiento cuando hay temperaturas bajas durante la noche y altas durante el día, ya que amortigua el frío que captura durante la noche y lo drena al ambiente interior durante el día, reduciendo la temperatura del ambiente interior, refrigerando el edificio de manera pasiva.</p> <p>El funcionamiento en climas frío depende del valor de resistencia térmica del material que la compone. Existen materiales como el Hormigón Celular o la Arcilla Térmica que tiene un valor de resistencia elevado, lo cual permite que la envoltente tenga un valor de la U bajo. De esta manera actúa parecido a un material aislante térmico, reduciendo el intercambio térmico entre el interior y el exterior; pero teniendo el doble funcionamiento al usar la inercia térmica a la misma vez. Por lo tanto, amortigua el calor que capta el muro exterior, y reduce el intercambio entre el exterior y el interior.</p> <p><b>Composición:</b> Los requerimientos de esta tipología recaen principalmente en una hoja. Generalmente son materiales de origen mineral y por lo tanto, son sistemas constructivos pesados.</p>	<p><b>Comportamiento Térmico:</b></p> <p><b>INVIERNO</b></p> <p>El funcionamiento invierno depende el valor de resistencia térmica del material que compone el sistema. Existen materiales como el Hormigón Celular o la Arcilla Térmica que tiene un valor de resistencia térmica elevado, lo cual permite que el material pueda también funcionar como un aislamiento térmico, reduciendo el intercambio de energía entre el interior y el exterior; mejorando el valor de transmitancia del element arquitectónico.</p> <p>Si el material que compone el Muro Exterior tiene un valor de resistencia térmica baja, esto impacta negativamente en el valor de la U del Sistema, generando que el funcionamiento en invierno sea negativo, absorbiendo demasiado frío durante el día y denando ese frío al ambiente interior, trayendo como consecuencia que el ambiente interior tenga una sensación térmica menor a los parámetros de confort.</p> <p><b>VERANO</b></p> <p>Esta tipología equilibra los niveles de confort con la inercia térmica durante el verano. Este sistema amortigua el calor que la hoja exterior recibe durante el día y lo drena lentamente al ambiente interior durante la noche. Este tipo de muro exterior funciona bien en climas calidos, donde las temperaturas tienen a ser elevadas, a su vez tiene un mejor comportamiento cuando hay temperaturas bajas durante la noche y altas durante el día, ya que absorbe el frío que captura durante la noche y lo drena al ambiente interior durante el día, refrigerando de manera pasiva el ambiente interior, reduciendo la temperature interior, ayudando que el edificio se mantenga en la media de confort</p>

## B.1.3.1- Envoltente sin inercia térmica; con aislamiento térmico; y sin cámara de aire



### Composición del Sistema:

#### 0- Acabados / Revestimiento

##### 1- Hoja exterior

**Requisito técnico:** Esta capa del sistema es la que está expuesta a agentes atmosféricos y la que tiene contacto directo con el ambiente exterior. Por lo tanto es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad, ya que debe garantizar la estanqueidad contra el agua del muro. A su vez, esta capa del sistema es la que le da el carácter estético al edificio. Esta hoja forma parte del Sistema de soporte de la envoltente.

**Requisito sostenible:** Al ser la primera capa del sistema parte de la radiación solar se refleja, esta reflexión depende del color que tenga el material del recubrimiento exterior. Esta hoja absorbe parte la radiación, la misma se calienta y vuelve a emitir la energía.

##### 2- Aislamiento térmico

**Requisito técnico:** Esta capa utiliza un material con una elevada resistencia térmica, con el propósito de reducir el flujo de energía a través de los cerramientos en los que se incorpora. El aislamiento térmico se queda encajado en el Sistema constructivo entre las dos laminas de madera contrachapada. Esta resistencia térmica va relacionada con la conductividad del material y el espesor del mismo.

**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el intercambio de energía que tiene el cerramiento, impidiendo que el ambiente interior y el exterior equilibren su calor. Al estar ubicada antes de la hoja interior, este tipo de material puede aportar más sobre el impedimento del intercambio de energía, ya que tiene contacto primero con el calor que trata

de equilibrarse desde el ambiente exterior al interior que las otras capas del cerramiento, retardando su intercambio.

##### a- Lamina semipermeable

**Requisito técnico:** Su colocación depende del tipo de material aislante que utilice el sistema, esta capa protegé al aislamiento térmico contra la humedad para garantizar su durabilidad.

**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el riesgo de humedades en el espacio interior generadas por condensaciones intersticiales en el muro exterior. Esto contribuye para reducir riesgos de problemas de salud que ayudan a mejorar el Impacto Social que puede tener el edificio. A su vez, al tener una capa que disminuye el riesgo de condensaciones, reducimos la necesidad de reemplazos o trabajos de mantenimiento, extendiendo la vida útil del muro exterior.

##### 3- Hoja Interior

**Requisito técnico:** Esta capa es la que le da el acabado final al espacio interior, es la última capa del sistema. Con esta capa también se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Puede ser de un material pesado o ligero, y según el tipo de material puede tener capacidad inerte o no.

La hoja interior es auto estable, apoyada de la estructura principal del edificio.

**Funcionamiento sostenible:** Dependiendo del valor de la U al que se quiera llegar, esta capa podría tener material aislante térmico, esto contribuye con el control del intercambio de energía entre el ambiente interior y exterior.

##### 4- Resvetimiento Interior

### Información Técnica:

**Soporte:** El sistema esta compuesto por una subestructura de madera contrachapada, con montantes y travesaños de madera rigidizadas por laminas ubicadas en el interior y el exterior de la subestructura.

Esta tipología esta compuesta por materiales ligeros, el soporte esta compuesta por una subestructura de madera contraenchapada o laminada. Esta subestructura soporta las capas de aislamiento térmico y los acabados. Dependiendo del material del que este compuesto la capa de aislamiento térmico este material puede ayudar a la rigidez de la envoltente.

**Confort:** Este sistema garantiza el confort térmico de los espacios interiores del edificio unicamente utilizando el material aislante térmico, por medio del cual se retrasan los intercambios de energía entre el espacio interior y el ambiente exterior. En este sistema en particular el material aislante está ubicado central en el esquema lo cual ayuda a impedir este intercambio de energía.

**Composición:** Esta tipología esta compuesta por varias capas, en el interior se puede conseguir una hoja de madera contrachapada laminada, en el medio se encuentra el aislamiento térmico y en el exterior otra capa de madera contrachapada laminada.

### Comportamiento Térmico:

#### INVIERNO

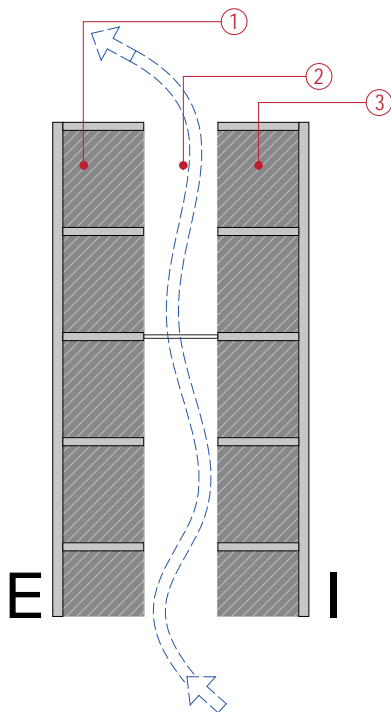
Esta tipología es típica de países con climas fríos, ya que la tipología se apoya en el aislamiento térmico, el cual esta ubicado en el centro de la composición del muro. Esto hace que la energía de la hoja interior se decante hacia el espacio interior.

Los aislamientos térmicos son muy importantes para contrarrestar los intercambios de energías en las envoltentes localizadas en climas fríos. Esto es porque durante el invierno la función de estos materiales es el de frenar el intercambio de energía, impidiendo que el calor de la hoja interior se decante hacia el espacio exterior. Al contrario de la inercia térmica, la incorporación de aislamiento térmico apoya a los edificios que están localizados en climas fríos y templados, donde la mayor cantidad del año se encuentran temperaturas frías, ya que el edificio necesita resguardarse en contra de las temperaturas bajas y bloquear el intercambio de calor entre el ambiente interior y el exterior

#### VERANO

Esta tipología no tiene elementos que la ayuden a adaptarse al climas cálidos veraniegos, por lo tanto tendría que apoyarse en sistemas alternativos que ayuden a contrarrestar el sobre calentamiento, teniendo elementos de protección contra la radiación solar, y elementos de ventilación natural que permitan que el cambios del aire interior.

## B.2.1.2 - Envoltente con inercia térmica y con cámara de aire ventilada



### Composición del Sistema:

#### 0- Acabados / Revestimiento

#### 1- Hoja exterior

**Requisito técnico:** Esta capa del sistema está expuesta a agentes atmosféricos y la que tiene contacto directo con el ambiente exterior. Por lo tanto es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad, ya que debe garantizar la estanqueidad contra el agua del muro. A su vez, la hoja exterior del sistema es la que le da el carácter estético al edificio. Esta hoja es autoportante, traslada esfuerzos horizontales a la hoja interior.

**Requisito sostenible:** Al ser la primera capa del sistema parte de la radiación solar se refleja, esto depende del color que tenga el material del recubrimiento exterior. Esta hoja absorbe parte de la radiación, la misma se calienta y vuelve a emitir la energía. La capa exterior garantiza el confort térmico del ambiente interior del edificio. Funciona como acumulador de energía por medio de la inercia térmica que tenga el mismo.

#### 2- Cámara ventilada

**Requisito técnico:** Esta capa generalmente es un espacio ventilado dentro de la solución constructiva. Las dimensiones de este espacio ventilado dependen de la solución constructiva. Esta capa se estructura dentro del espacio libre que deja la subestructura de la hoja exterior.

**Requisito sostenible:** Esta hoja retarda el intercambio de energía del ambiente exterior con el interior, y ventila la fachada, generando un refrescamiento de la misma. En verano actúa como

disipador de calor, evitando el recalentamiento. En invierno el aire que ventila en la cámara está controlado y por lo tanto la temperatura es un poco mayor a la del ambiente exterior, esto ayuda a controlar el intercambio de energía del edificio.

#### 3- Hoja Interior

**Requisito técnico:** Con esta capa también se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Esta compuesta por un material pesado con Inercia Térmica. La hoja interior es autoportante, apoyada de la estructura principal del edificio.

**Funcionamiento sostenible:** Esta capa garantiza el confort térmico del ambiente interior del edificio. Puede servir como acumulador de energía por medio de la inercia térmica que tenga el mismo y como aislamiento térmico.

#### 4- Revestimiento Interior

### Información Técnica:

**Soporte:** Frente a las cargas horizontales la hoja exterior está conectada a la capa interior por lañas para transmitir los empujes. Dos capas principales están compuestas por material inerte; son estructurantes. La capa de la cámara de aire ventilada, ubicada en el intermedio, necesita una subestructura para estabilizar el espacio interior.

**Confort:** Esta tipología equilibra los niveles de confort con la inercia térmica, la cual amortigua el calor que la hoja exterior recibe durante el día y lo drena lentamente al ambiente interior durante la noche. Este tipo de muro exterior funciona bien en climas cálidos, donde las temperaturas tienden a ser elevadas. A su vez, tiene un mejor comportamiento cuando hay temperaturas bajas durante la noche y altas durante el día, ya que amortigua el frío que captura durante la noche y lo drena al ambiente interior durante el día, reduciendo la temperatura del ambiente interior, ayudando que el edificio se mantenga en la media de confort.

**Composición:** Esta tipología está compuesta por hojas autoportantes con una cámara de aire entre ellas. La capa exterior e interior generalmente son materiales de origen mineral y por lo tanto, son sistemas constructivos pesados.

### Comportamiento Térmico:

#### INVIERNO

El funcionamiento invierno depende del valor de transmitancia térmica del material que lo compone. Existen materiales como el Hormigón Celular o la Arcilla térmica que tienen un valor de transmitancia alto, de esta manera ayuda a disminuir el intercambio de energía. Junto con el doble funcionamiento a usar la inercia térmica a la misma vez. Por lo tanto, amortiza el calor que capta el muro exterior, y reduce el intercambio entre el exterior y el interior.

Si el material que compone el Muro Exterior tiene un valor de transmitancia bajo, que impacta negativamente en el valor de la U del sistema, esto haría que el funcionamiento en invierno sea negativo, absorbiendo demasiado frío durante el día y drenando ese frío al ambiente interior, trayendo como consecuencia que el ambiente interior tenga una sensación térmica menor a los parámetros de confort.

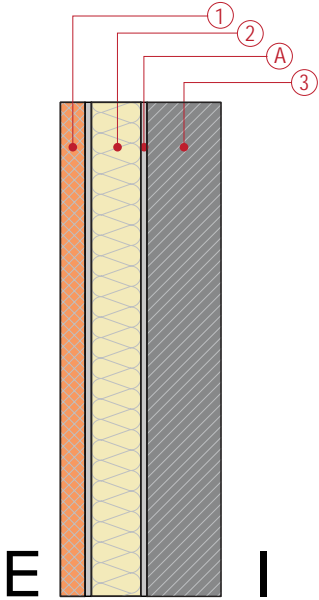
La capa de la cámara ventilada también contribuye en la temporada de invierno; el aire que ventila en la cámara está controlado y por lo tanto la temperatura un poco mayor a la del ambiente exterior, esto ayuda a controlar el intercambio de energía del edificio.

#### VERANO

Esta tipología equilibra los niveles de confort con la inercia térmica durante el verano. Este sistema amortigua el calor que la hoja exterior recibe durante el día y lo drena lentamente al ambiente interior durante la noche. Este tipo de muro exterior funciona bien en climas cálidos, donde las temperaturas tienden a ser elevadas, a su vez tiene un mejor comportamiento cuando hay temperaturas bajas durante la noche y altas durante el día, ya que absorbe el frío que captura durante la noche y lo drena al ambiente interior durante el día, refrigerando de manera pasiva el ambiente interior, reduciendo la temperatura interior, ayudando que el edificio se mantenga en la media de confort.

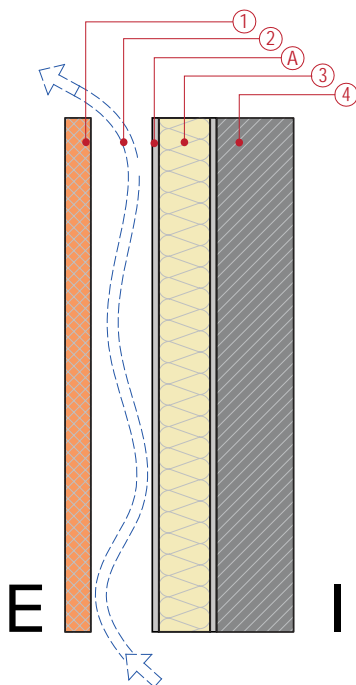
El aire de la cámara ventilada caliente, baja densidad, y asciende, iniciándose así el movimiento convectivo dentro de la cámara. Este aire caliente, al moverse, también se lleva con él parte de la carga térmica. Cumple como disipador de aire, funcionando por efecto chimenea. Evitan el recalentamiento de, impidiendo el intercambio de energía entre el interior y el exterior.

## B.2.3.1 - Envoltente con inercia térmica; con asilamiento térmico; y sin cámara de aire

	<p><b>Composición del Sistema:</b></p> <p><b>0- Acabados / Revestimiento</b></p> <p><b>1- Hoja exterior</b></p> <p><i>Requisito técnico:</i> Esta capa del sistema es la que está expuesta a agentes atmosféricos y la que tiene contacto directo con el ambiente exterior. Por lo tanto es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad, ya que debe garantizar la estanqueidad contra el agua del muro. A su vez, esta capa del sistema es la que le da el carácter estético al edificio.</p> <p><i>Requisito sostenible:</i> Al ser la primera capa del sistema parte de la radiación solar se refleja, esta reflexión depende del color que tenga el material del recubrimiento exterior. Esta hoja absorbe parte la radiación, la misma se calienta y vuelve a emitir la energía.</p> <p><b>2- Aislamiento térmico</b></p> <p><i>Requisito técnico:</i> Esta capa utiliza un material con elevada resistencia térmica, con el propósito de reducir el flujo de energía a través de los cerramientos en los que se incorpora. Esta resistencia térmica va relacionada con la conductividad del material y el espesor del mismo.</p> <p><i>Requisito sostenible:</i> Esta capa reduce el intercambio de energía que tiene el cerramiento, impidiendo que el ambiente interior y el exterior equilibren su calor. Al estar ubicada antes de la hoja interior, este tipo de material puede aportar más sobre el impedimento del intercambio de energía.</p>	<p><b>a- Lamina semipermeable</b></p> <p><i>Requisito técnico:</i> La importancia de esta barrera es impedir el traspaso del vapor de agua al aislante térmico, y de esta manera se mantenga seco.</p> <p><i>Requisito sostenible:</i> Esta capa reduce el riesgo de humedades en el espacio interior generadas por condensaciones intersticiales en el muro exterior. Esto depende de la cantidad de humedad y del tipo de clima local. Esto contribuye para reducir riesgos de problemas de salud que ayudan a mejorar el Impacto Social que puede tener el edificio. A su vez, al tener una capa que reduce el riesgo de condensaciones, disminuyendo la necesidad de reemplazos o trabajos de mantenimiento, extendiendo la vida útil del muro exterior.</p> <p><b>3- Hoja Interior</b></p> <p><i>Requisito técnico:</i> Con esta capa se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Puede ser de un material pesado o ligero. La hoja interior es autoportante, apoyada de la estructura principal del edificio.</p> <p><i>Funcionamiento sostenible:</i> Esta capa garantiza el confort térmico del ambiente interior del edificio. Dependiendo del tipo de material del cual esta compuesta la hoja, puede servir como acumulador de energía por medio de la inercia térmica que tenga el mismo.</p> <p><b>4- Resvetimiento Interior</b></p>
<p><b>Información Técnica:</b></p> <p><b>Soporte:</b> Las cargas horizontales la hoja exterior esta conectada a la capa interior por lañas para transmitir los empujes. Dos capas (exterior e interior) están compuestas por material inerte son estructurantes, dependiendo de la composición del mismo.</p> <p><b>Confort:</b> Este sistema garantiza el confort térmico de los espacios interiores del edificio por medio de la utilización del material aislante térmico, mediante el cual se retrasan los intercambios de energía entre el espacio interior y el ambiente exterior.</p> <p>Otro elemento que ayuda el control el confort térmico es la hoja interior esta compuesta por un material con inercia termica, esto permite que se utilice esta capa para amortiguar la energía del ambiente interior. Es necesario aclarar que si el aislamiento interior estuviera ubicado hacia el interior del sistema, esta tipología no podría utilizar a su favour la masa térmica de la hoja interior, porque el aislamiento impediría que la energía amortizara entrara al ambiente interior.</p> <p><b>Composición:</b> Esta tipología esta compuesta por dos hojas pesadas con una capa central de aislamiento térmico. Los materiales que pueden intervenir en la composición de este sistema constructivo son muy variado</p>	<p><b>Comportamiento Térmico:</b></p> <p><b>INVIERNO</b></p> <p>En invierno el aislamiento térmico situado en el centro del sistema dificulta el paso de la energía. Esto hace que la energía de la hoja interior se decante hacia el espacio interior. La energía térmica del espacio interior calienta la hoja interior.</p> <p>La hoja interior funciona como acumulador de energía con su inercia térmica dependiendo de la capacidad inerte que tenga el material de esta capa, y radiante constantemente a su alrededor.</p>	<p><b>VERANO</b></p> <p>La radiación solar (luz e IR de onda corta) incide en la hoja exterior. Parte de la radiación se refleja, en función del color, de la hoja exterior y la absorbe la hoja exterior, que se calienta, y vuelve a emitir la energía (ahora en sistema de infrarrojos de onda larga).</p> <p>El aislamiento térmico dificulta el paso de la energía restante a su través, hasta a la hoja interior. La hoja interior, dependiendo del tipo de material que tenga esta capa y de la inercia térmica que tenga esté material acaba de atenuar las oscilaciones de temperatura.</p>



## B.2.3.2 - Envoltente con inercia térmica; aislamiento térmico; y cámara de aire ventilada



### Composición del Sistema:

#### 0- Acabados / Revestimiento

##### 1- Hoja exterior

**Requisito técnico:** Esta capa del sistema es la que está expuesta a agentes atmosféricos y la que tiene contacto directo con el ambiente exterior. Por lo tanto es muy importante su impermeabilidad, resistencia y durabilidad. A su vez, esta capa del sistema es la que le da el carácter estético al edificio. Esta hoja se soporta por medio de una subestructura que se encuentra colgada de la estructura principal del edificio.

**Requisito sostenible:** Al ser la primera capa del sistema parte de la radiación solar se refleja, esta reflexión depende del color que tenga el material del recubrimiento exterior.

##### 2- Cámara ventilada

**Requisito técnico:** Esta capa generalmente es un espacio ventilado dentro de la solución constructiva. Las dimensiones de este espacio ventilado dependen de la solución constructiva. Esta capa se estructura dentro del espacio libre que deja la subestructura de la hoja exterior.

**Requisito sostenible:** Esta capa retarda el intercambio de energía del ambiente exterior con el interior, y ventila la fachada, generando un refrescamiento de la misma. En verano actúa como disipador de calor, evitando el recalentamiento. En invierno el aire que ventila en la cámara está controlado y por lo tanto la temperatura es mayor a la del ambiente exterior, esto ayuda a controlar el intercambio de energía del edificio.

##### a- Lamina semipermeable

**Requisito técnico:** Su colocación depende del tipo de material aislante que utilice el sistema, esta capa protege al aislamiento térmico contra la humedad para garantizar su durabilidad.

**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el riesgo de humedades en el espacio interior generadas por condensaciones intersticiales en el muro exterior. Esto contribuye para reducir riesgos de problemas de salud que ayuden a mejorar el Impacto Social que puede tener el edificio. A su vez, al tener una

capa que reduce el riesgo de condensaciones, reducimos la necesidad de reemplazos o trabajos de mantenimiento, extendiendo la vida útil del muro exterior.

##### 3- Aislamiento térmico

**Requisito técnico:** Esta capa utiliza un material con una elevada resistencia térmica, con el propósito de reducir el flujo de energía a través de los cerramientos en los que se incorpora. Esta resistencia térmica va relacionada con la conductividad del material y el espesor del mismo. La misma se soporta por medio de un sistema de anclaje el cual asienta este material a la hoja interior del sistema. Los elementos utilizados para el anclaje suelen ser de materiales plásticos para evitar que haya conductividad térmica por medio de ellos.

**Requisito sostenible:** Esta capa reduce el intercambio de energía que tiene el cerramiento, impidiendo que el ambiente interior y el exterior equilibren su calor. Al estar ubicada antes de la hoja interior, este tipo de material puede aportar más sobre el impedimento del intercambio de energía, ya que tiene contacto primero con el calor que trata de equilibrarse desde el ambiente exterior al interior que las otras capas del cerramiento, retardando su intercambio.

##### 3- Hoja Interior

**Requisito técnico:** Esta capa es la que le da el acabado final al espacio interior, es la última capa del sistema. Con esta capa también se controla el confort acústico y térmico, la estanqueidad al agua y la resistencia al fuego. Puede ser de un material pesado o ligero, y según el tipo de material puede tener capacidad inerte o no. La hoja interior es auto estable, apoyada de la estructura principal del edificio.

**Funcionamiento sostenible:** Esta capa garantiza el confort térmico del ambiente interior del edificio. Dependiendo del tipo de material del cual esta compuesta la hoja, puede servir como acumulador de energía por medio de la inercia térmica que tenga el mismo

##### 4- Revestimiento Interior

### Información Técnica:

**Soporte:** Frente a las cargas horizontales la hoja exterior esta conectada a la capa interior por láminas para transmitir los empujes. Dos capas están compuestas por material inerte, son estructurantes, dependiendo de la composición del mismo. La capa de la cámara de aire ventilada necesita una subestructura para estabilizar el espacio interior.

**Confort:** Este sistema garantiza el confort térmico de los espacios interiores del edificio por medio de la utilización del material aislante térmico, mediante el cual se retrasan los intercambios de energía entre el espacio interior y el ambiente exterior.

Otro elemento que ayuda al control del confort térmico es que la hoja interior está compuesta por un material con inercia térmica, esto permite que se utilice esta capa para amortiguar la energía del ambiente interior. Es necesario aclarar que si el aislamiento interior estuviera ubicado hacia el interior del sistema, esta tipología no podría utilizar a su favor la masa térmica de la hoja interior, porque el aislamiento impediría que la energía amortiguara entrara al ambiente interior.

**Composición:** Esta tipología está compuesta por dos hojas pesadas con una capa central de aislamiento térmico y la cámara de aire. Los materiales que pueden intervenir en la composición de este sistema constructivo es muy variado.

### Comportamiento Térmico:

#### INVIERNO

En invierno es la propia fachada ventilada la que actúa como un acumulador de calor, evitando así la pérdida de temperatura del edificio. A su vez, la estructura del edificio queda aislada de las variaciones de temperatura del ambiente exterior.

Dentro de la cámara ventilada, si bien hay cierta ventilación, el aire que ventila dentro de la cámara está controlado y por lo tanto su temperatura es menor que la del ambiente exterior, ya que ayuda para controlar el intercambio de energía entre el ambiente exterior y el interior.

El aislamiento térmico situado en la cara exterior de la hoja interior dificulta el paso de la energía a la cámara ventilada. Esto hace que la energía de la hoja interior se decante hacia el espacio interior. La energía térmica del espacio interior calienta la hoja interior. La hoja interior funciona como acumulador de energía con su inercia térmica dependiendo de la capacidad inerte que tenga el material de esta capa, y radia constantemente a su alrededor.

#### VERANO

La radiación solar incide en la hoja exterior. Parte de la radiación se refleja, en función del color de la hoja exterior. Parte de la radiación la absorbe la hoja exterior, que se calienta, y vuelve a emitir la energía tan hacia dentro como hacia fuera. A su vez, el tener la hoja exterior separada del aislante térmico, crea sombra sobre las capas que están más en contacto con el ambiente interior esto hace que la incidencia de la radiación solar no tenga tanto efecto en el intercambio de energía del ambiente interior.

El aire de la cámara ventilada caliente, baja densidad, y asciende, iniciándose así el movimiento convectivo dentro de la cámara. Este aire caliente, al moverse, también se lleva con él parte de la carga térmica. Cumple como disipador de aire, funcionando por efecto chimenea. Evitan el recalentamiento de, impidiendo el intercambio de energía entre el interior y el exterior. El aislamiento térmico dificulta el paso de la energía restante a su través, hasta a la hoja interior.

## 4. CONCLUSIONES

La descripción de estas clasificaciones de envolventes vertical opaca, según su comportamiento en términos de sostenibilidad, logra una visión global de todos estos sistemas y sus implicaciones en el comportamiento sostenible del edificio. Esto genera un nuevo panorama y una nueva mirada hacia la selección y el diseño de estas envolventes, ya que actualmente el entendimiento de estos sistemas se basa en clasificaciones sobre los procesos constructivos o los materiales de revestimiento. Esta categorización permite elegir los sistemas más adecuados de envolvente en relación al lugar, clima y parámetros ambientales, a la vez que permite valorar los materiales a través de su eficiencia constructiva y de acondicionamiento.

Igualmente, se reafirma la importancia que tiene la envolvente en cuanto al funcionamiento sostenible del edificio, y cómo un buen diseño de este elemento arquitectónico se puede utilizar como herramienta estratégica para generar un buen funcionamiento del edificio en todo su ciclo de vida, ya que es éste elemento el que controla los intercambios energéticos del espacio interior y el espacio exterior. Debido a esto, su buen funcionamiento es básico para generar el confort de los usuarios del edificio, y además apoyar la búsqueda de la reducción de demanda energética, la

utilización de agua y la producción de emisiones de CO<sup>2</sup> en los edificios.

A su vez, al unificar los criterios, se aporta un mejor entendimiento a nivel de su funcionamiento sostenible, tomando en consideración que se fusionaron la información de sistemas tradicionales con los innovadores. A su vez se unifican los conceptos sobre la arquitectura sostenible activa y pasiva, con los sistemas constructivos y sus implicaciones en el funcionamiento sostenible del edificio.

El aporte más importante de esta parte de la investigación es el buen entendimiento de cada tipología, para así evidenciar cómo funcionan, cómo contribuye con el rendimiento sostenible del edificio, y sobre qué latitudes y tipos de climas funcionan mejor. Los arquitectos podrán utilizar estos conceptos para diseñar de mejor manera sus proyectos futuros, tomando en consideración la importancia que tiene el buen funcionamiento de la envolvente, y las implicaciones que tienen sus diseños en la eficiencia de los edificios.

A su vez hay que tomar en consideración que luego de la selección por medio de este sistema de clasificación de la tipología de sistema constructivo que se va aplicar a un proyecto, hay que tomar en cuenta que la selección de los materiales que

van a componer este sistema también variará el nivel de sostenible que aporte ese elemento de la fachada al edificio.

Por ejemplo, existen materiales sintéticos que son muy flexibles a la hora de adaptarse al clima local, pero que tienen una carga muy grande de energía incorporada al material. Por lo tanto, aunque ayudan en la fase de uso del ciclo de vida del edificio, en la fase de producción de los materiales y posiblemente de transporte, no tiene aportes positivos, por lo tanto, hay que estudiar estos impactos y evaluar la mejor opción para el edificio.

Por lo tanto, la recomendación es que luego de la utilización de este sistema de clasificación para la selección del sistema constructivo, cuando se seleccionen los materiales finales que van a crear su composición, se soporte esta decisión con un análisis del ciclo de vida completo del edificio para identificar cual es la configuración que genera el menor impacto medioambiental, social y económico, y de esta manera lograr un edificio más sostenible.

## REFERENCIAS:

- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (EoEarth , 2011) Enciclopedia del planeta Tierra. Revisado: 2014. <http://www.eoearth.org>.
- (Jourda, 2012). Jourda, Françoise-Helene. Título: Pequeño Manual del Proyecto Sostenible. Barcelona., España. Gustavo Gili, 2012.
- (Varios, 2008) Pfundstein, Margit; Gellert, Roland; Spitzner, Martin; Rudolphi, Alexander. Título: Insulating Materials. Munich, Alemania, 2010. Editorial Detail .
- (Varios, 2014) Zirkelbach, Daniel; Kunzel, Hartwig. Titulo: Internal insulation of external walls: design guidelines and system selection. Revista Detail Green número 01/14. Múnich, Alemania. Editorial: Detail. 2014.



## **4. COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE**

Abstract / Introducción	199
1. Resultados Comparativos de ACV- Ambiental –Tipologías Base–	203
2. Resultados Comparativos de CCV- Económico –Tipologías Base–	214
3. Resultados Comparativos de ACV- Social –Tipologías Base–	223
4. Comparativa de la Totalización del ASCV	237
5. Pruebas de Ponderación	241
6. Conclusiones	243

Figura 78\_

**Título:** Tipologías seleccionadas

**Descripción:** En este capítulo se proporciona esta figura en todos los apartados para facilitar la lectura y la identificación de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por el autor de documento




















A.2	Envolvente pesada uni-capa con material con inercia térmica		<ul style="list-style-type: none"> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.1.2	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico y con cámara de aire ventilada		<ul style="list-style-type: none"> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.1.3.1	Envolvente ligera (madera) multi-capa con aislamiento térmico ubicado hacia el exterior sin cámara de aire		<ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Laminas de madera Contratechada</li> </ul>
B.2.3.1	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y sin cámara de aire		<ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Pieza cerámico</li> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.3.2	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y cámara de aire ventilada		<ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Pieza cerámico</li> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>

Figura 79\_

**Título:** Selección de Tipologías Base

**Descripción:** En esta tabla describe las tipologías seleccionadas como sistemas constructivos base

**Fuente:** Imagen creada por el autor de documento

Figura 79\_

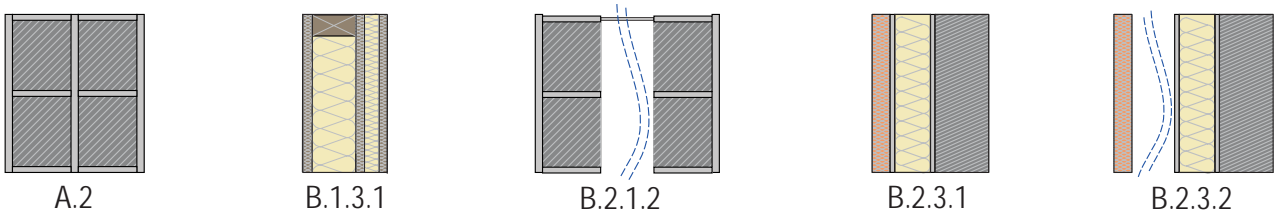


Figura 78\_

# COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE:

## ABSTRACT

### CASTELLANO:

Uno de los objetivos principales de esta investigación es generar datos comparativos sobre sistemas constructivos de muro exterior que nos permitan comprobar la metodología explicada en el Capítulo 1 de este documento, y a su vez, generar resultados que permitan medir el nivel de sostenibilidad de dichos elementos arquitectónicos, tomando en consideración la triada de la Sostenibilidad —Impacto Ambiental, Económico y Social—. En este Capítulo se explicarán los resultados generados por los análisis realizados sobre las cinco tipologías bases seleccionadas para esta investigación y expuestas anteriormente.

*Palabras Clave: sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior, construcción, sistema constructivo, eficiencia energética, Triada de la Sostenibilidad, Impacto Ambiental, Impacto Económico, Impacto Social.*

### ENGLISH:

One of the main objectives of this research is to produce comparison data on the constructive systems of exterior wall that allows us to verify the methodology explained in Chapter 1 of this document, and produce results that allow us to measure the sustainability level of such architectonic elements, considering the Triple Bottom Line—Environmental, Economic and Social Impact—. This Chapter will explain the results produced by the analysis made about the five base typologies selected for this investigation and explained above.

*Key words: sustainability, facade, envelope, exterior wall, construction, constructive system, energy efficiency, Triple Bottom Line, Environmental Impact, Economic Impact, Social Impact.*



Tabla 24\_

**Título:** Lista de materiales que componen las tipologías

**Descripción:** En la siguiente tabla se identifican las lista de los materiales que componen los sistemas constructivos que se van a estudiar a profundidad

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 80\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Tabla 25\_

**Título:** Tabla E.1 Transmitancia del elemento

**Descripción:** Esta tabla estipula el valor total de transmitancia del muro exterior de las nuevas edificaciones siguiendo los lineamientos del CTE DBHE 2016.

**Fuente:** CTE DBHE, 2016.

Tipo de Material	Materiales Bases	Materiales Alternativos
Material Aislante Térmico	EPS	Lana Mineral
		Fibra de Madera
Material con Inercia Térmica	Arcilla Térmica	Hormigón Celular
Material Estructurante	Madera Contrachapada	
	Bloque prefabricado de Hormigón	
	Ladrillo ceramico de arcilla	

Tabla 24\_

Transmitancia del elemento [W/m <sup>2</sup> K]	Zona Climática					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
$U_M$	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
$U_S$	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
$U_C$	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

$U_M$ : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 $U_S$ : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)  
 $U_C$ : Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla 25\_

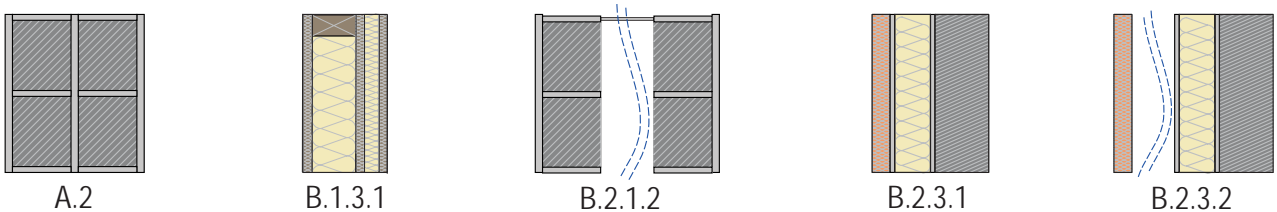


Figura 80\_

# COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE:

Las cinco tipologías seleccionadas para el estudio de ASCV se llamarán Tipologías Base —A.2, B.1.3.1, B.2.1.2, B.2.3.1, y B.2.3.2— (Tabla 24), sobre las cuales se generó una primera plataforma para la investigación. Aunque las tipologías de muro exterior seleccionadas son diferentes unas de otras, hay que identificar unos valores comunes para todas para que la comparativa entre todas las tipologías sea válida, y se estandarizan los cálculos.

Se decidió estandarizar los materiales que componen cada tipología. Tomando en consideración que hay una ilimitada cantidad de materiales constructivos que pueden utilizarse para constituir cada uno de los sistemas constructivos, se hizo una selección de los materiales bases que componen los sistemas constructivos para esta investigación, de esta manera se estandariza el estudio (Tabla 25) y los datos que arroja pueden ser comparados. Para esto se estudiaron los parámetros del mercado de la construcción de España, y se seleccionaron materiales que sean de fácil adquisición en el país y que, a su vez, nos permitieran llegar al valor de la U correspondientes para cumplir con los parámetros del CTE (CTE DBHE, 2016). En este capítulo nos concentraremos en estudiar las tipologías compuestas por los materiales bases.

Luego de estandarizar los materiales que componen cada tipología se buscó que cada opción de sistema constructivo cumpliera con los valores de transmitancia térmica recomendados por el Código Técnico de la Edificación de España —CTE—. Se tomó la decisión de igualar el valor de la U (Apéndice 7-a), haciendo que las cinco tipologías cumplan con los parámetros del CTE. Para de esta manera generar valores comparativos y verificables.

Para esta etapa se tomarán en consideración las recomendaciones planteadas en el documento del CTE DBHE (CTE DBHE, 2016). Donde se estipulan los niveles de transmitancia y valores de la U recomendable para los muros exteriores localizados en cada zona climática en España. Siguiendo los parámetros de la tabla B.1 del documento CTE DBHE (CTE DBHE, 2016), la zona climática de Barcelona es C2. Luego se consideraron los datos de la tabla E.1 del mismo documento, donde se estipula que el valor máximo de la U recomendado de los muros exteriores es  $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Tabla 25).

Con el valor máximo de transmitancia que debemos aplicar en los sistemas constructivos de muro exterior para una construcción localizada en Barcelona, se calculó el valor de la U de las cinco tipologías seleccionadas (Apéndice 7-a), igualando el valor de la transmitancia a  $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tabla 26\_

**Título:**Tabla Tipologías seleccionadas

**Descripción:** La siguiente tabla explica la selección de las tipologías base y los materiales que las componen

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 81\_

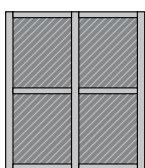
**Título:**Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

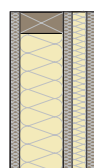
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

TIPOLOGIAS					
Componentes y materiales de las tipologías analizadas					
U	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	355 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
Aislante térmico	-	EPS	-	EPS	EPS
Camara de Aire	-	-	Aire Ventilada	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-
Aislamiento térmico	-	EPS	-	-	-
Hoja Interior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior	-	-	-	-	-

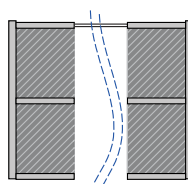
Tabla 26\_



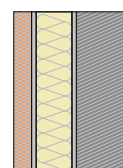
A.2



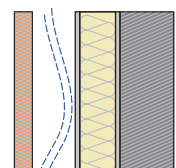
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 81\_

Para igualar este valor, se seleccionaron diferentes materiales que proporcionaran las propiedades físicas con las que funcionan cada uno de los sistemas constructivos, permitiendo a la misma vez que el valor de transmitancia sea igual o similar a  $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

La primera observación que se puede tener de esta parte de la investigación, es que al unificar el valor de la U de las cinco tipologías seleccionadas podemos notar como los sistemas constructivos, que no contienen aislamiento térmico en su composición, tienden a ser más gruesas que las tipologías que tienen aislamiento térmico. Teniendo sistemas constructivos 700 a 355 mm de grosor como la tipología A.2 y B.2.1.2; y tipologías de 434 a 334 mm de grosor como los sistemas B.2.3.1 y B.2.3.2; y por último la tipología B.1.3.1 de 200 mm de grosor. Estas diferencias tienen implicaciones a nivel de espacio interior, complejidad del sistema constructivo, volumen de materiales, etc. Esto tiene repercusiones en los impactos Ambientales, Económicos y Sociales que tienen estos sistemas constructivos.

Con esto establecemos los parámetros base del muro exterior, como elemento constructivo sobre el cual se enfoca esta investigación. Produciendo de esta manera datos comparativos entre estos sistemas, y pudiendo concluir cuál de ellos es más

óptimo para el tipo de clima y la tipología de edificio que estamos estudiando, tomando en consideración el nivel de sostenibilidad de cada tipología.

En la Tabla 26 se expone la composición de cada sistema constructivo y describiendo cada capa del mismo junto con el material que la compone.

## **1. RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACV- AMBIENTAL - TIPOLOGÍAS BASE -**

Para medir el impacto ambiental se propone utilizar la metodología del ACV- Simplificado –ACV– (ISO, 2006) (UNPE, 2011), (Anexo 1) para evaluar el comportamiento de estos elementos en todas las etapas del ciclo de vida del edificio que se seleccionaron para esta investigación –producción de materiales y uso–. Se comparan las tipologías de muro exterior pre-seleccionadas, teniendo en consideración el consumo de energía durante las etapas de producción de los materiales constructivos y la etapa de uso del edificio. Estos datos nos permiten totalizar el impacto ambiental que cada tipología de fachada tiene en el ciclo de vida del edificio.

Tabla 27\_

**Título:** Tabla explicativa de energía incorporada a los materiales

**Descripción:** En la siguiente tabla se explican los capítulos constructivos que se seleccionaron como muestra representativa. Siendo los capítulos resaltados en color amarillo los seleccionados para el estudio, resaltados en rojo los capítulos que forman parte de la composición de la envolvente vertical, pero que no se toman en consideración en este estudio, y encerrados en el cuadro rojo los capítulos en los que interviene la envolvente vertical opaca, que son los únicos que se van a alterar en el estudio de cada tipologías.

**Fuente:** SO, 2006

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior			
Albañilería	54.81	572.71	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10

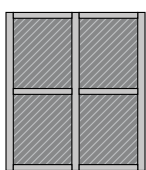
Figura 82\_

**Título:** Tipologías seleccionados

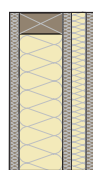
**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

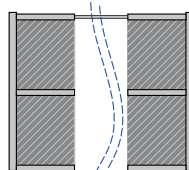
Tabla 27\_



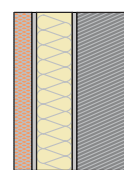
A.2



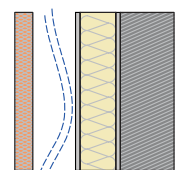
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 82\_

## **a. Etapa de Producción - Energía incorporada -**

La etapa de producción de materiales es en la que se estudia la energía incorporada a los materiales y consumida durante el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta el proceso de manufactura y transporte del producto final (Apéndice 2).

Para la fase de producción de materiales los datos sobre consumo de energía primaria se extraerán de las bases de datos del BEDEC (ITEC, 2011) y del ICE (ICE, 2008). Analizando y calculando los materiales aplicados a estas soluciones constructivas de envolventes verticales opacas y la energía incorporada que cada uno de ellos tiene.

Como se explicó en el Capítulo 1, para iniciar el estudio se construye un Modelo Box, tomando como referencia datos extraídos de dos proyectos de arquitectura. Para esta etapa, primero se estudiaron los datos extraídos del ACV realizado por la oficina Societat Orgànica – SO– (SO, 2006) sobre el edificio de Tossa de Mar, promocionado por INCASOL (INCASOL, 2000) y diseñado por la oficina de arquitectura de SAas (SAas, 2008). Tomando como referencia los datos que este estudio arroja sobre el edificio de referencias que incluye

los parámetros base que exige la oficina de INCASOL (INCASOL, 2000) en todos sus proyectos de vivienda plurifamiliar, tomando en consideración que puede ser una referencia representativa al ámbito de la construcción de viviendas plurifamiliares en España, y estandarizando los parámetros del sistema de evaluación.

Con estos datos se realizará un estudio de los capítulos constructivos que intervienen con nuestro Modelo Box (Tabla 27), aislando sólo los capítulos que actúan en esta porción representativa de un edificio de vivienda plurifamiliar. Apartando los datos que intervienen en la construcción de la fachada opaca, para luego generar comparativas variando los valores de energía incorporada a los materiales que interviene en cada tipología que se va a estudiar.

Luego de tener el Modelo Box para esta etapa del ciclo de vida y esta categoría de impacto listo, se aislaron los datos del impacto ambiental que generó la fachada, y se calculó la energía incorporada al material durante el proceso de producción de los materiales que intervino en cada tipología a estudiar.

Esto generó un resultado de impacto ambiental para cada tipología, lo cual produce datos comparativos en los que se puede ver con facilidad

Tabla 28\_

**Título:** Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en energía incorporada –kWh/m<sup>2</sup>–

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 01\_

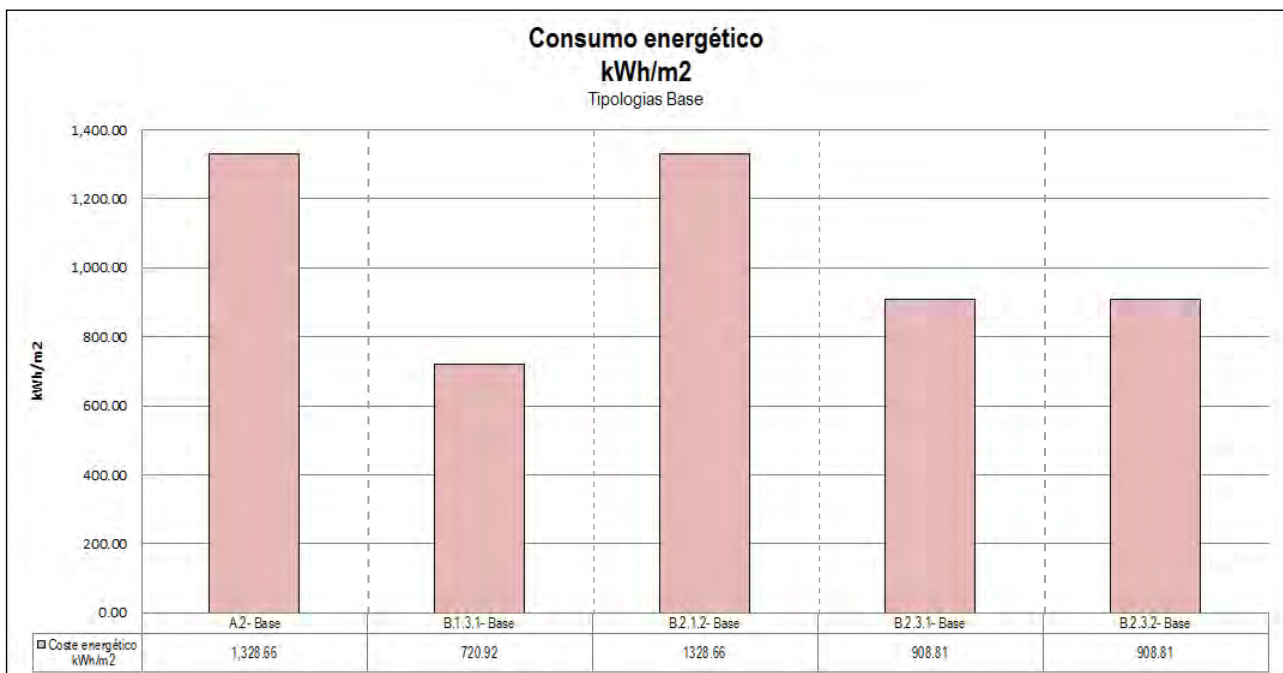
**Título:** Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–

**Descripción:** En estas gráficas se resumen de manera gráfica el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en energía incorporada –kWh/m<sup>2</sup>–

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Ambiental // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Energía Incorporada kWh/m <sup>2</sup>
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66
<b>B.1.3.1- Base</b>	<b>Madera Contrachapada + EPS</b>	<b>720.92</b>
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1328.66
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81

Tabla 28\_



Gráfica 01\_

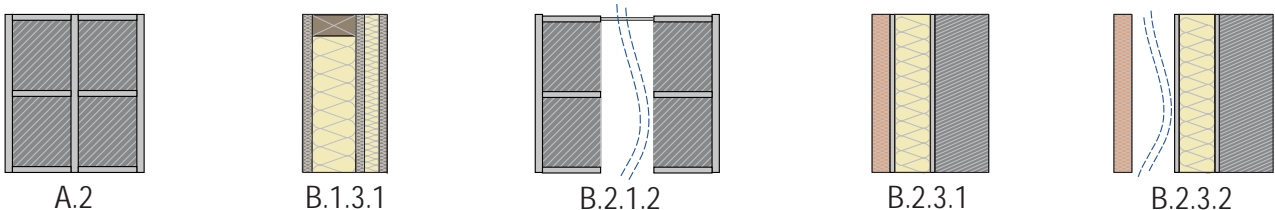


Figura 83\_

cual es el sistema constructivo que genera menor y mayor impacto ambiental durante esta etapa del ciclo de vida. Siempre tomando en cuenta que, aunque una tipología genere menos impacto ambiental en esta fase, tal vez al totalizar el impacto generado en todas las etapas del ciclo de vida, las tendencias pueden ser diferentes a las que esta etapa aislada arrojan, ya que la huella total es la sumatoria de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida.

El proceso a seguir fue el siguiente: Se analizó el sistema de envolvente, se calculó el peso de los materiales y se consultó la base de datos del BEDEC PR/PCT (ITEC, 2011), teniendo como referencia la base de datos de ICE (ICE, 2008). A partir de estos datos se obtuvieron los resultados del consumo de energía primaria generado en el proceso de fabricación del material material constructivo.

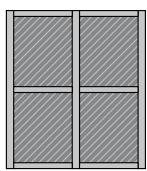
Las cifras de estas bases de datos son referencias tomando en consideración el impacto ambiental producido por la explotación de materia prima, la producción de materiales de construcción y el transporte de dichos materiales, teniendo en cuenta todo el impacto que se genera desde la cuna a la puerta —cradle to gate—. (BRE, 2008) (Anexo 01).

Después de haber estudiado la composición de los cinco sistemas constructivos que se seleccionaron para esta investigación, se pudo concluir que, como era esperado, el sistema B.1.3.1 es el que tiene menor impacto en esta etapa. Esto se debe a que el sistema es ligero, lo cual implica menos densidad de material, como se puede ver en la Tabla 28, y en las Gráficas 01. A su vez, la estructura del mismo está compuesta por materiales de origen natural, como la madera que es un producto renovable, reciclable, y en algunos casos reutilizable.

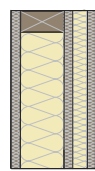
Hay que tener en cuenta que el tipo de material aislante térmico que compone las Tipologías Bases es Poliestireno Expandido —EPS—, la materia prima de este material tiene su origen en combustible fósil, por lo tanto, es de procedencia pétrea, tanto para la producción de este tipo de material, como para la extracción de su materia prima, se requiere la utilización de mucha energía, y se produce mucho CO<sup>2</sup>. Esto afecta negativamente las tipologías que trabajan con aislamiento térmico, por lo tanto, se podría investigar la opción de especificar otro tipo de material de origen natural que cumpla con los mismos parámetros.

Las tipologías que producen mayor impacto en esta etapa son la A.2 y la B.2.1.2, ya que los materiales que las componen son de origen mineral,

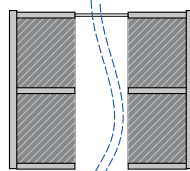




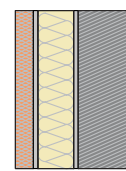
A.2



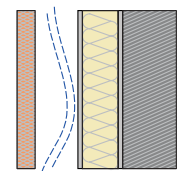
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

y requieren de mucha energía para ser procesados y para extraer la materia prima; por esta razón, estas tipologías tienen mucha energía gris. También son sistemas pesados lo cual representa más volumen de material utilizado para cumplir con los parámetros mínimos de valores de la U del CTE (CTE DBHE, 2016).

Luego de analizar la energía incorporada consumida durante la etapa de producción de materiales, se logró identificar algunas tendencias que se pueden aplicar a otras investigaciones.

- La utilización de materiales de origen natural reduce el impacto ambiental en esta etapa del ciclo de vida. Por lo tanto, siempre cuando podamos, debemos especificar materiales de origen natural de manera total o parcial en la composición de los sistemas constructivos. Esta tendencia ha sido documentada en muchísimas investigaciones previas a este estudio, pero en esta investigación se comprueba nuevamente, como se puede verificar en la Tabla 28, y en las Gráficas 01..

- La densidad de la composición del elemento constructivo puede tener un impacto sobre el nivel de huella ambiental durante esta etapa del ciclo de vida, como se expresa en la Tabla 28, y en las Gráficas 01.

Hay que tomar en cuenta que debemos tener el ACV completo para poder juzgar con claridad ¿Cuál tipología es más sustentable? y ¿Por qué?

Aunque una tipología tenga menor impacto en esta etapa del ciclo de vida, sólo representa en promedio un tercio del total del impacto ambiental producido durante todo el ciclo de vida.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 28, y en las Gráficas 01.

## **b. Etapa de Uso –Consumo de Energía–**

La etapa de uso es en la que se estudia la energía consumida durante la vida útil del edificio, tomando como referencia una vida útil promedio de 50 años (Apéndice 4). Para el cálculo del impacto ambiental en la etapa de uso del edificio se utilizó como referencia el proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Los datos técnicos de este proyecto se explicarán en el Apéndice 4 de este documento.

Para la construcción del Modelo Box se realizó un estudio espacial del proyecto de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Tomando como referencia la proporción de las habitaciones, altura y relación entre los espacios interiores, etc. A su vez, se tomaron en

consideración los capítulos o partidas de construcción que se seleccionaron en el modelo de la etapa de producción de materiales —explicados anteriormente—. Siendo estos datos estándares de la construcción de edificios de vivienda plurifamiliar en España, por lo cual la metodología y los resultados que esta investigación arroje se pueden utilizar como herramientas de diseño, o aplicar a futuras investigaciones.

Para finalizar la construcción del Modelo Box, se tomaron datos referenciales de sistemas de calefacción y refrigeración, niveles de confort, valores recomendados para la transmitancia de la envolvente, entre otros valores, del CTE (CTE DBHE, 2016) para de esta manera poder estandarizar el cálculo y asegurar que los sistemas de envolvente cumplen con la normativa de España.

Este Modelo Box es una porción representativa del edificio que contiene los capítulos constructivos necesarios para analizar el muro exterior como elemento arquitectónico y su contribución para la sostenibilidad del edificio. Para aplicar esta metodología a futuras investigaciones, el Modelo Box tiene que representar la porción del edificio que se quiere estudiar, o si se quiere analizar un edificio completo, el modelo debe representar todos los capítulos constructivos que incluye el caso de estudio.

Luego de tener el Modelo Box construido, se aísla el capítulo de la fachada y se cambian datos de envolvente, adaptándose a las tipologías constructivas seleccionadas para el análisis. El programa de simulación genera datos que reflejan el consumo energético durante un año de uso del edificio, y de esta manera, se obtienen resultados comparativos para cada uno de los cinco sistemas constructivos a estudiar.

Después de haber estudiado el desempeño de cada una de las tipologías, por medio de la simulación energética del Modelo Box, se puede notar que la tipología B.2.3.2 es la que tienen, menor impacto, como se puede ver en la Tabla 29, y en las Gráficas 02. Esto es gracias a que se adapta mejor al clima de la ciudad de Barcelona, el cual tiene cuatro estaciones bien marcadas. Por lo tanto, las inercias térmicas junto con la cámara de aire ventilada ayudan con el funcionamiento en los meses de verano, climatizando de manera pasiva y amortizando el frío del ambiente interior. Además, el aislamiento térmico ubicado en el centro del sistema constructivo, apoya al edificio a conservar la energía consumida para calefactar el espacio interior, reduciendo el consumo.

El sistema B.2.3.1 se comporta de manera parecida, teniendo la inercia térmica y el aislamiento térmico, por lo tanto, logra adaptarse al clima local, y

Tabla 29\_

**Título:** Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos son productos de una simulación energética y reflejan el consumo de energía durante un año de uso y durante los 50 años de vida útil. Este impacto se estudia en una categorías, Consumo de Energía –kWh/m<sup>2</sup>/año–

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 02\_

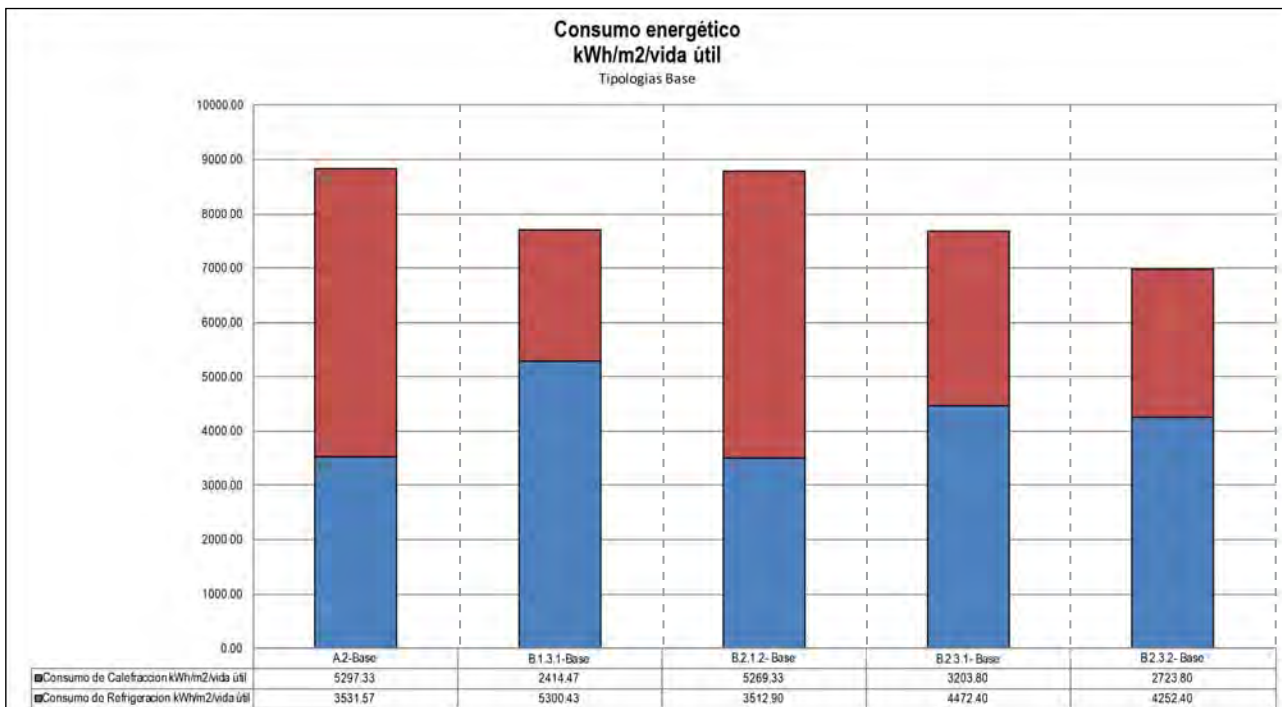
**Título:** Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–

**Descripción:** En estas figuras se resumen de manera gráfica el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en dos categorías, Consumo de Energía –kWh/m<sup>2</sup>/año–. Estos datos son productos de una simulación energética y reflejan el consumo de energía durante un año de uso. Teniendo en la primera figura se divide en el consumo entre refrigeración y calefacción; y la segunda figura se pueden ver la totalización de los consumos

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Ambiental // Etapa de Uso								
Tipología	Descripción	Consumo ratio por m2		Datos Anuales TOTAL kWh/m2/vida útil	Consumo ratio por m2 por 50 años		Datos TOTAL kWh/m2/vida útil	
		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/año	Consumo de Calefraccion kWh/m2/año		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/vida útil	Consumo de Calefraccion kWh/m2/vida útil		
A.2-Base	Termo Arcilla	-27.94	8.61	36.55	-1397.00	430.73	1827.73	
B.1.3.1-Base	Madera Contrachapada + EPS	-32.53	1.77	34.30	-1626.57	88.33	1714.90	
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	-27.43	8.21	35.64	-1371.50	410.73	1782.23	
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	-30.38	3.14	33.52	-1519.00	157.20	1676.20	
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	-29.76	3.10	32.86	-1487.83	155.03	1642.87	

Tabla 29\_



Gráfica 02\_

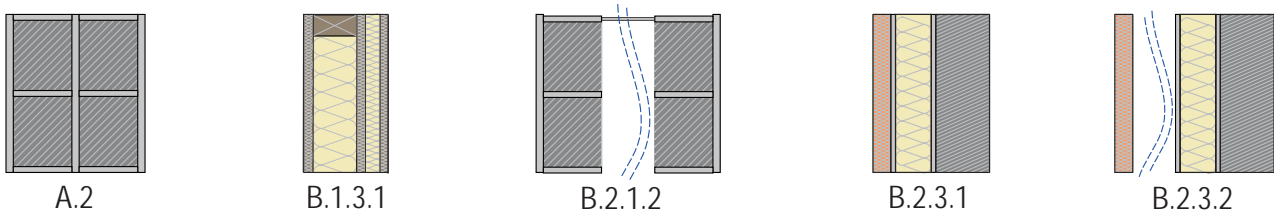


Figura 85\_

tiene un Impacto Ambiental reducido, comparado con el resto de las tipologías, pero de igual manera, como se dijo anteriormente, la que mejor se comporta es la tipología B.2.3.2, como se puede ver en la Tabla 29, y en las Gráficas 02.

Al contrario, la tipología A.2 es la que tiene mayor impacto en esta etapa del ciclo de vida. Este sistema es el que está compuesto por una sola capa de Arcilla térmica, siendo una tipología pesada que utiliza la inercia térmica del material para amortizar el calor que el muro exterior absorbe por medio de la radicación solar, como se puede ver en la Tabla 29, y en las Gráficas 02. Esto permite que haya una reducción en el consumo de energía durante los meses de verano, pero un incremento significativo durante los meses de invierno, ya que no tiene una estrategia que ayude a contrarrestar estos cambios climáticos.

El sistema constructivo de la tipología B.2.1.2 se comporta de manera parecida a la tipología A.2, como se puede ver en la Tabla 29, y en las Gráficas 02. Esta tipología tiene dos estrategias para ayudar el desempeño durante los meses de verano, trabajando con la inercia térmica y la cámara de aire. Pero de igual manera que con el sistema constructivo A.2, no tiene estrategia para mejorar el desempeño en invierno, haciendo que el

consumo de energía para calefactar el edificio sea elevado.

Al inverso, la tipología B.1.3.1 al ser un sistema ligero compuesto de madera contrachapada y aislamiento térmico; tiene una estrategia que reduce el consumo durante los meses de invierno, pero la misma incrementa el consumo en los meses de verano ya que no contrarresta las altas temperaturas casi constantes durante estos meses, como se puede ver en la Tabla 29, y en las Gráfica 02.

Luego de analizar el consumo de energía producido durante la vida útil del edificio, se logró identificar una tendencia que se puede aplicar a otras investigaciones.

- Para climas con cuatro estaciones marcadas, como es el clima mediterráneo; es necesario tener sistemas de Muro Exterior que puedan adaptarse a los cambios del clima local. Por esta razón, los sistemas de envolvente que sólo tienen una estrategia —la inercia térmica —para reducir el consumo de energía tienen a tener mayor impacto durante la vida útil del edificio. Comprobando la teoría explicada en el capítulo 2 de esta investigación, donde se explica como el muro exterior debe de funcionar como una membrana adaptable al clima local.

Tabla 30\_

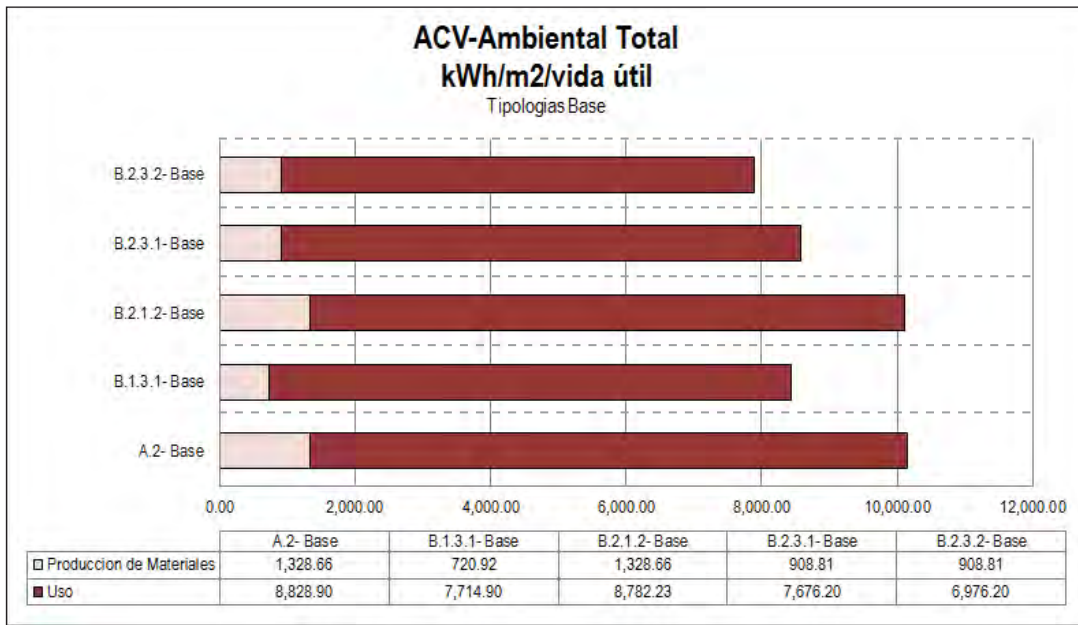
**Título:** Tabla resumen de resultados –Impacto Ambiental–  
**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Materiales y Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos reflejan en energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante el ciclo de vida del edificio. Este impacto se estudia en una categoría, Energía –kWh/m<sup>2</sup>–  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 03\_

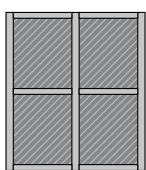
**Título:** Gráfica resumen de resultados –Impacto Ambiental–  
**Descripción:** En estas figuras se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Materiales y Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos reflejan en energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante el ciclo de vida del edificio. Este impacto se estudia en una categoría, Energía –kWh/m<sup>2</sup>–  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Ambiental // Totalización				
		Cant Años de Uso	50	
		Produccion de Materiales	Uso	
Numero de Box	Descripcion	Energía Incorporada kWh/m2	Consumo de Energía kWh/m2/vida útil	Total ACV-Ambiental kWh/m2
Box 1.0	Termo Arcilla	1,328.66	8,828.90	10,157.56
Box 2.0	Madera Contrachapada + EPS	720.92	7,714.90	8,435.82
Box 3.0	Termo Arcilla + Aire	1,328.66	8,782.23	10,110.89
Box 4.0	Bloque de ladrillo+EPS	908.81	7,676.20	8,585.01
Box 5.0	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81	6,976.20	7,885.01

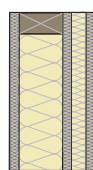
Tabla 30\_



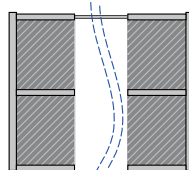
Gráfica 03\_



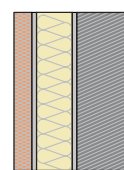
A.2



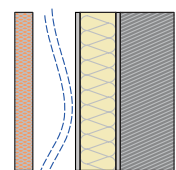
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 86\_

## c. ACV-Ambiental Totalización

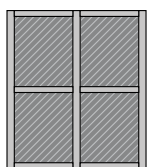
Luego de haber estudiado el impacto en la etapa de producción de materiales y la etapa de uso, se resumieron estos impactos ambientales producidos durante el ciclo de vida del edificio, totalizando esta categoría de impacto y sumando los resultados de cada etapa. Para poder obtener datos que sean de fácil comparación y además puedan ser aplicados a otras investigaciones, la unidad de medida será siempre representativa de un metro cuadrado de construcción —m<sup>2</sup>—. Esto se hace para que los datos sean fáciles de transferir a otras investigaciones y/o puedan ser aplicados a estudios totales de edificios.

En esta investigación la relación entre los datos de la etapa de producción de materiales y etapa de uso no es la normal para un ACV, que sería un poco más de un tercio del total para la producción de materiales, y más de la mitad para la etapa de uso. Esto sucede porque el estudio está basado en una porción representativa —Modelo Box—, esto hace que el impacto de energía incorporada sea menor porque hay muchos capítulos constructivos del edificio que no se están tomando en consideración.

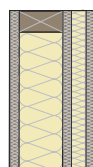
Al totalizar los resultados se identifica la tipología B.2.3.2 como la que produce menor impacto ambiental, ya que es la que mejor se adapta al clima local, y además la energía incorporada al material es media en comparación con las otras tipologías, como se puede ver en la Tabla 30, y en las Gráfica 03.

A su vez se identifica el muro exterior A.2 como el de mayor impacto, como se puede ver en la Tabla 30, y en las Gráfica 03, el cual tiene el peor desempeño durante la etapa de uso, ya que no se adapta a los cambios climáticos de Barcelona; y además es una tipología pesada estando compuesta por un material de origen mineral que tiene mucha energía incorporada. Por lo tanto, el impacto en las dos etapas que se están estudiando es muy negativo.

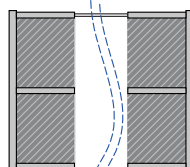
Uno de los parámetros que pueden alterar el rendimiento del muro exterior en el edificio es la selección de materiales que componen los sistemas constructivos. Si se eligen materiales que tengan un mejor desempeño y menor energía incorporada se puede reducir el impacto ambiental del sistema y del edificio. A su vez, se comprobó que los sistemas constructivos de un edificio, en especial el muro exterior, deben de ser flexibles y adaptables a cualquier cambio climático; no sólo para poder garantizar un mejor desempeño durante las



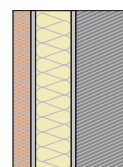
A.2



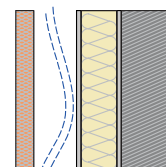
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

estaciones climáticas que tenga la región donde se localiza, sino también diseñar edificios que puedan resistir el cambio climático durante toda la vida útil del mismo.

De esta manera, se pueden identificar tendencias que nos ayuden a reducir el impacto ambiental en los edificios por medio de la mejora del rendimiento del sistema constructivo de muro exterior. Estas tendencias se resumirán en las pautas de diseño para proyectistas que se pueden conseguir en el apartado de las conclusiones de la investigación. En la Tabla 30, y en las Gráfica 03 se resumen los datos finales del estudio del ACV-A.

## 2. RESULTADOS COMPARATIVOS DE CCV ECONÓMICO –TIPOLOGÍAS BASE–

Para medir el impacto económico se va a utilizar una herramienta que se llama Análisis del Coste del Ciclo de vida Simplificado –CCV–, el cual sigue los mismos principios del ACV, pero enfocado en el estudio del valor económico que tiene cada elemento arquitectónico durante cada etapa del ciclo de vida.

Este estudio evalúa el gasto económico que se genera por la producción de materiales, y también

toma en consideración si existe algún ahorro económico generado gracias a la mejora a nivel de diseño de un elemento arquitectónico. Por ejemplo: si el edificio tiene alguna instalación fotovoltaica, este estudio toma en consideración, no sólo el gasto económico que genera la construcción de dicha instalación, sino también el ahorro económico que genera reduciendo el consumo de energía.

### a. Etapa de Producción de Materiales –Costo de producción de materiales y construcción €/m<sup>2</sup>–

Para analizar la Etapa de Producción de Materiales, nos concentramos en calcular el coste de la manufactura y procura de los sistemas constructivos. Para esta fase se contó con el apoyo de la base de datos del CYPE como principal fuente de análisis y con a base de datos de BEDEC para verificación de los mismos. Ambas bases de datos se explicaron anteriormente, junto con el proceso de selección de las mismas.

Para poder obtener datos que sean de fácil comparación y además puedan ser aplicados a otras investigaciones, la unidad de medida será siempre representativa de un metro cuadrado de construcción –m<sup>2</sup>–. Esto se hace para que los datos sean fáciles de transferir a otras investigaciones y/o

puedan ser aplicados a estudios totales de edificios.

Para generar datos de análisis comparativo con los otros impactos —Ambiental y Social—, se siguió la misma lógica que con el cálculo del Impacto Ambiental, teniendo presente los capítulos constructivos que se toman en consideración para Modelar el Box.

Los datos de coste de todos los capítulos constructivos que se utilizan para construir el Modelo Box se extrajeron del presupuesto de obra del Edificio Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Asilando los datos de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box, aplicando un factor de corrección, ya que el edificio del que se extrajo la información fue construido en el 2009, y hay que tomar en consideración la inflación y la fluctuación de los precios del mercado de la construcción de España, desde el momento en el que se generó el presupuesto hasta el momento en el que se realizó esta investigación.

Para obtener un factor de corrección coherente que factorice todos los cambios económicos que ha sufrido la industria desde el 2009 hasta el 2016, se estudiaron diferentes revistas especializadas y medición de presupuestos de obras actuales;

como son la revista Construc (CONSTRUC, 2016) y los Boletines Económicos de la Construcción de presupuestos (BEC, 2016) referentes a los años que se están estudiando —2009 al 2016—.

En base a estas dos revistas —Construc y Boletín Económico de la Construcción de Presupuestos—, se han comparado los presupuestos de obra similares a la tipología edificio que se está estudiando en este análisis, para valorar el factor de corrección: 1.10 en el total del presupuesto €/m<sup>2</sup>. Estos cálculos se explican con mayor detalle en el Apéndice 7-c de esta investigación.

Este factor de corrección se aplicó al coste total por metro cuadrado de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box, para de esta manera generar un Modelo Box base correspondiente a valores tangibles aplicables a esta investigación. Estandarizando de esta manera los datos que se extrajeron, para que esta metodología, y los resultados que la evaluación generen, puedan ser aplicados a cualquier investigación futura, o se utilicen como herramienta de diseño.

Luego de tener el Modelo Box listo, se aíslan los datos del impacto que genera la fachada, y se calcula el costo procura y manufactura de los materiales constructivos generados durante la etapa de producción de los materiales de cada una de



Tabla 31\_

**Título: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–**

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados –€/m<sup>2</sup>–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 04\_

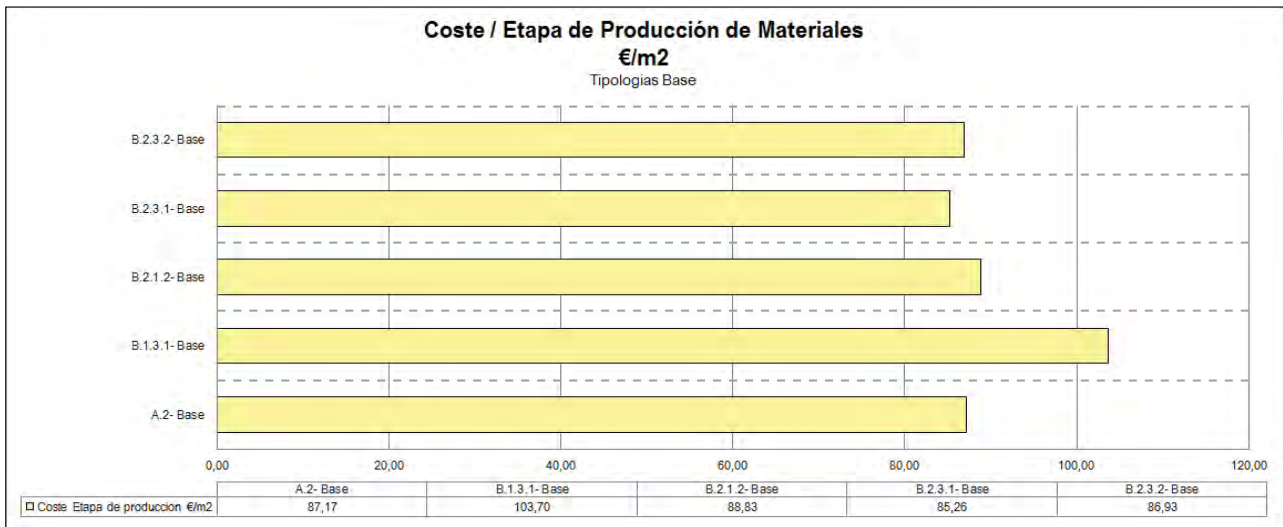
**Título: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–**

**Descripción:** En esta grafica resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados –€/m<sup>2</sup>–.

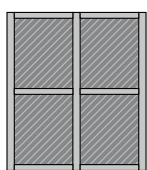
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de produccion €/m2
A.2- Base	Termo Arcilla	87.17
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	103.7
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	88.83
<b>B.2.3.1- Base</b>	<b>Bloque de ladrillo+EPS</b>	<b>85.26</b>
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86.93

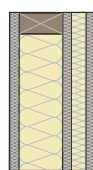
Tabla 31\_



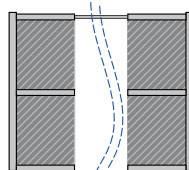
Gráfica 04\_



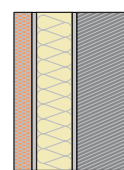
A.2



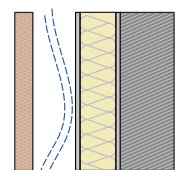
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 88\_

de las cinco tipologías seleccionadas para esta investigación. Esto generará un impacto económico por cada tipología, lo cual produce datos comparativos en los que se puede ver con facilidad cual es la tipología que tiene menor y mayor impacto durante esta etapa del ciclo de vida.

El proceso a seguir es el siguiente: Se estudia el sistema de envolvente que se quiere analizar, se estudia la composición de la tipología y los materiales de los que está compuesta, se calcula el peso y área de construcción de cada material y se consulta la base de datos del CYPE (CYPE, 2016), teniendo como referencia la base de datos de BEDEC PR/PCT (ITEC, 2011), que se explicó anteriormente. A partir de estos datos se obtienen **los resultados de la coste —€/m<sup>2</sup>— generada en la etapa del ciclo de vida que se está estudiando.**

Los datos de estas bases de datos son referencias tomando en consideración el impacto económico producido por la producción de materia prima, procura y producción de los materiales constructivos, teniendo en cuenta todo el impacto económico **que se genera desde la cuna a la puerta —cradle to gate—** (BRE, 2008) (Anexo 01).

Se puede identificar la tipología B.1.3.1 como la que produce mayor impacto durante esta etapa del ciclo de vida, esto es a pesar de ser un

sistema de fabricación prefabricado y automatizado, que generalmente abarata los costos en la etapa de producción, como se puede ver en la Tabla 31, y en las Gráficas 04. Esto se debe a que este sistema de construcción no es muy común en el ámbito de la construcción de España. Por lo tanto, la compañía que elabora y distribuye este sistema no tiene abarcado el mercado, por lo que la materia prima, en su mayoría, es importada, al igual que el producto final.

A su vez, la tipología con menor impacto económico es la B.2.3.1, como se puede ver en la Tabla 31, y en las Gráficas 04, ya que es el sistema constructivo de Muro Exterior clásico en el ámbito de la construcción de España, los elementos y materiales que lo componen son de fácil adquisición, producidos localmente. Lo cual abarata costes gracias a la fácil transportación de materia prima y producto final, y además, al tener abarcado el mercado, se pueden conseguir muchas ofertas muy competitivas de diferentes empresas manufactureras.

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se pueden identificar algunas tendencias claras que afectan negativa o positivamente el impacto Económico durante esta etapa del ciclo de vida.

Tabla 32\_

**Título:** Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados –€/m<sup>2</sup>–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 05\_

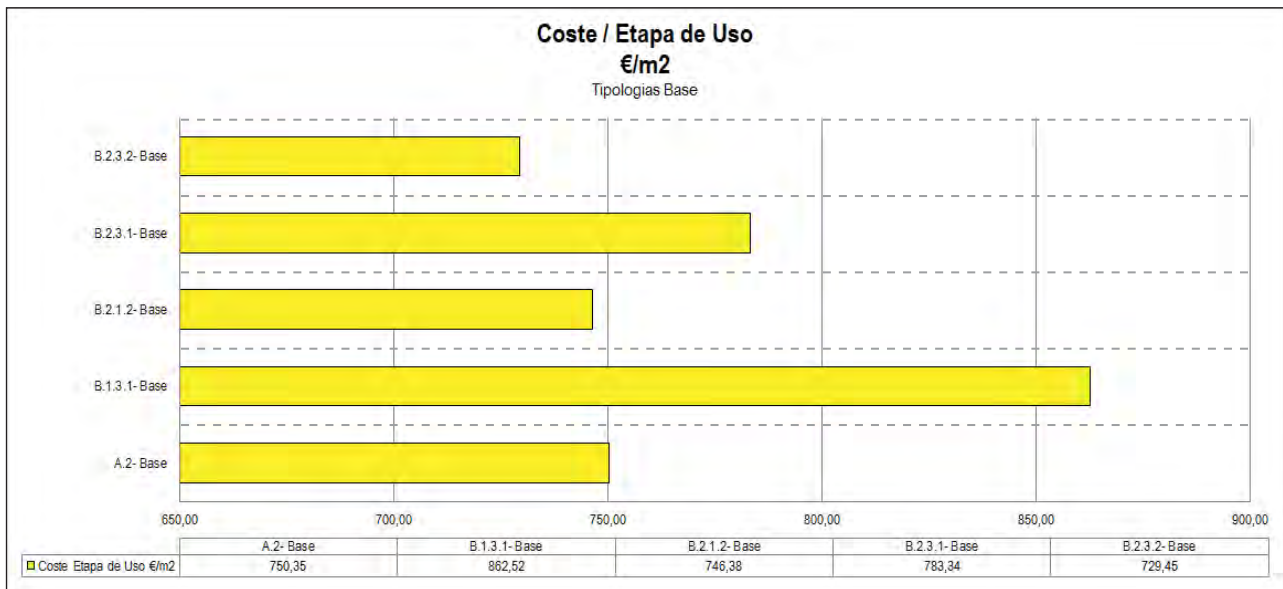
**Título: Gráfica 05: Gráfica 05: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–**

**Descripción:** En esta grafica resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados –€/m<sup>2</sup>–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico // Etapa de Uso		
Tipologia	Descripcion	Coste Etapa de Uso €/m2
A.2- Base	Termo Arcilla	750.35
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	862.52
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	746.38
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	783.34
<b>B.2.3.2- Base</b>	<b>Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada</b>	<b>729.45</b>

Tabla 32\_



Gráfica 05\_

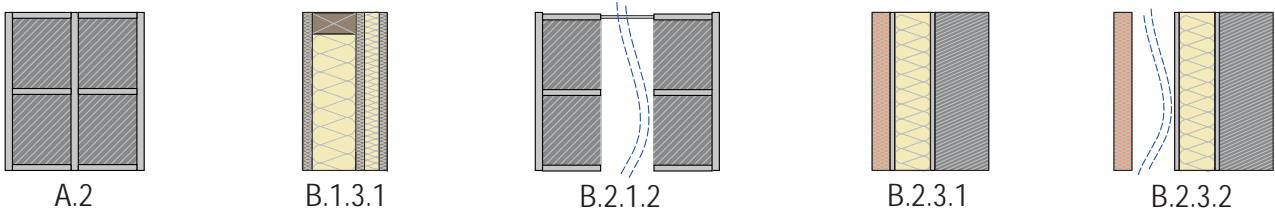


Figura 89\_

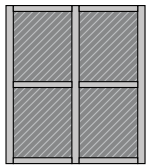
- Se puede identificar que mientras más capas tienen los sistemas, más costosos son, pues más materiales intervienen en el proceso de producción y ensamblaje del sistema constructivo.
- También se puede notar que la intervención de la cámara de aire hace que el sistema sea más costoso, añadiéndole complejidad.
- Existe una tendencia entre el coste del sistema y la densidad de los materiales del mismo: Los materiales más pesados tienden a ser más costosos que los materiales ligeros, ya que los procesos de transformación y extracción de la materia prima de estos materiales genera mayor coste.
- Por último, los materiales o sistemas constructivos que son más autóctonos o tradicionales de la región donde se está construyendo, tienden a ser menos costosos que sistemas constructivos no tradicionales. Esto se debe a que el mercado está armado de una manera donde existe mucha variedad de productos tradicionales a menor precio que los productos no tradicionales. Por lo cual, generalmente hay que recurrir a un proveedor especialista.

## **b. Etapa de Uso –Coste de Consumo de Energía €/m<sup>2</sup>–**

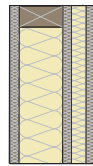
Para la etapa de uso se tomó en consideración el coste que genera el consumo de energía durante la vida útil del edificio. Para esta fase se contó con el apoyo de los resultados generados por los modelos de simulación energética que se realizaron para el ACV-Ambiental, explicados anteriormente. De esta manera se obtuvieron los datos de consumo de energía generados por refrigeración –electricidad– y por calefacción –gas–.

La referencia del coste promedio energético de gas natural y electricidad se extrajeron de los datos del Ministerio de Energía, Turismo, y Agenda Digital y el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía del Gobierno Español, donde se publica el Informe de Precios Energéticos Regulados (IDAE, 2016).

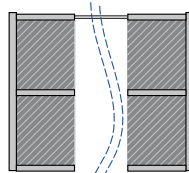
Luego de tener el Modelo Box base construido, se aisló el capítulo de la fachada y se cambiaron las tipologías constructivas para crear datos comparativos. El programa de simulación generó datos que reflejan el consumo energético durante un año de uso del edificio, diferenciando entre refrigeración y calefacción; luego se contrarrestan estos datos con el coste de la energía eléctrica y el gas natural, y con los 50 años de vida útil del edificio.



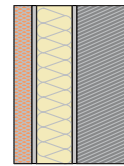
A.2



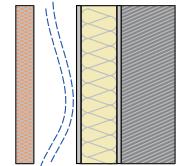
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Luego de analizar los resultados que arrojó la metodología, se pudieron identificar como las envolventes que tienen menor impacto económico en esta etapa del ciclo de vida, las que, trabajando con inercia térmica y/o cámara de aire, contribuyen a reducir el consumo energético en los meses de verano. Esto pasa gracias a que el coste de la energía eléctrica es casi tres veces más costoso que el Gas natural.

Tomando esto en consideración, podemos ver que, en esta etapa, la tipología que tiene menor impacto es la B.2.3.1, como se puede ver en la Tabla 32, y en las Gráficas 05, ya que trabaja con inercia térmica y la cámara de aire ventilada en los meses de verano; y con aislamiento térmico en los meses de invierno. Reduciendo el consumo en los meses de verano, y por lo tanto restringiendo el gasto de energía eléctrica para refrigeración; y disminuyendo el consumo en los meses de invierno, por lo tanto reduciendo el gasto de gas natural para calefacción.

Es interesante resaltar el comportamiento de las tipologías B.2.1.2 y A.2, como se puede ver en la Tabla 32, y en las Gráficas 05. Estos sistemas trabajan con inercia térmica, sin aislamiento, lo cual hace que exista una reducción significativa de energía durante los meses de verano, pero en los meses de invierno, como no tienen una estrategia

que evite el intercambio de calor durante este periodo, el consumo de energía es mucho mayor que el resto de las tipologías.

Pero al analizar el impacto económico, se puede identificar que al ser significativa la reducción del consumo de energía durante los meses de verano, se disminuye de manera notable el coste de energía, esto pasa gracias a que este es casi tres veces más costoso que el gas natural.

A su vez, se puede identificar que la tipología que tiene mayor impacto económico, es la tipología B.1.3.1, como se puede ver en la Tabla 32, y en las Gráficas 05, ya que sólo se apoya en el aislamiento térmico para mejorar el rendimiento del edificio. Esto pasa porque, aunque hay una reducción del consumo en los meses de invierno, el gasto de energía eléctrica durante los meses de verano es mucho mayor, para compensar el recalentamiento, y afecta negativamente el rendimiento del edificio y de la tipología.

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se puede identificar una tendencia clara que afecta negativa o positivamente el impacto económico durante esta etapa del ciclo de vida.

• Gracias a que el coste de la energía eléctrica es casi tres veces mayor al coste de la energía de gas natural; se puede identificar que las tipologías que reducen el consumo energético en los meses de verano —dependiendo del clima— producen menor impacto, ya que reducen el consumo de la energía eléctrica. Al contrario, las tipologías que no tienen estrategias que reduzcan el consumo de electricidad tiene un impacto negativo durante esta etapa.

### c. CCV-Económico Totalización

Una vez que se obtiene el total de impacto de cada una de las etapas debemos totalizar el CCV-Económico sumando cada uno de los impactos —producción de material y uso—. De esta manera podemos obtener el total de coste generado por cada tipología de muro exterior. Para poder obtener datos que sean de fácil comparación y además puedan ser aplicados a otras investigaciones, la unidad de medida será siempre representativa de un metro cuadrado de construcción —m<sup>2</sup>—. Esto se hace para que los datos sean fáciles de transferir a otras investigaciones y/o puedan ser aplicados a estudios totales de edificios.

Al totalizar los resultados se identificó que la tipología B.2.3.2 es la que produce menor impacto económico teniendo un 15% menos de impacto,

lo cual se ve reflejado en la Tabla 33 y la Gráfica 06, ya que es de las tipologías que producen menor impacto durante las dos etapas del ciclo de vida estudiadas. Teniendo un coste razonable en términos de fabricación de los materiales gracias a que es un sistema constructivo común en la localidad, y reduciendo de manera significativa el coste de energía tanto de gas natural como eléctrica.

El comportamiento de la tipología A.2 y B.2.1.2 ejemplifica por qué se tiene que estudiar todo el ciclo de vida, como se puede ver en la Tabla 33, y en las Gráficas 06 y no sólo una etapa aislada. Los equilibrios entre los impactos de cada una de las etapas es lo que refleja el verdadero impacto, y también aporta pistas de donde hacer cambios al sistema para reducir el impacto. Como estrategias de reducción de impacto, se podría buscar otro material diferente a la Arcilla térmica que fuera menos costoso, pero que cumpla con los parámetros de transmitancia del CTE (CTE DBHE, 2016).

A su vez, se identificó la tipología B.1.3.1 como la que produce mayor Impacto Económico, en un promedio de un 15% más, como se puede ver en la Tabla 33, y en las Gráficas 06 ya que a pesar que tiene un impacto reducido en la etapa de Producción de Materiales, el impacto negativo que

Tabla 33\_

**Título:** Tabla resumen de resultados - Impacto Económico -

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante todo el ciclo de vida, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m²—.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 06\_

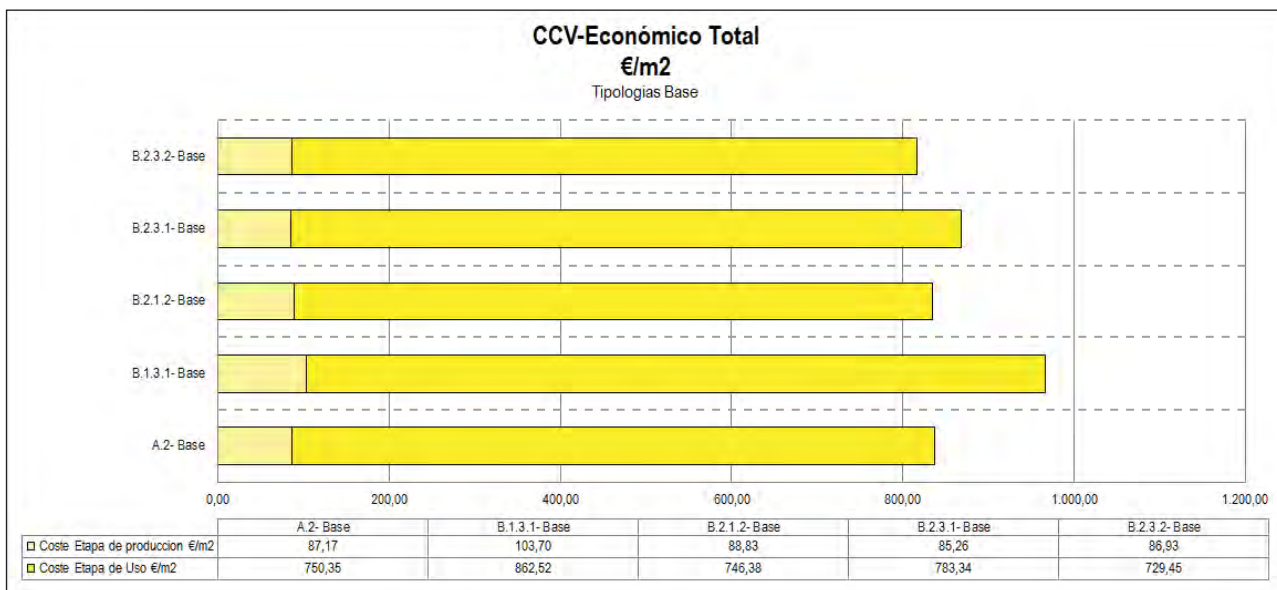
**Título:** Gráfica resumen de resultados - Impacto Económico -

**Descripción:** En esta figura se resumen el total del impacto económico producido durante todo el ciclo de vida, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m²—.

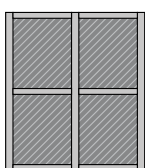
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico // Totalización				
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m2	Coste Etapa de Uso €/m2	Coste Total €/m2
A.2- Base	Termo Arcilla	87.17	750.35	837.52
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	103.7	862.52	966.22
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	88.83	746.38	835.21
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85.26	783.34	868.60
<b>B.2.3.2- Base</b>	<b>Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada</b>	<b>86.93</b>	<b>729.45</b>	<b>816.38</b>

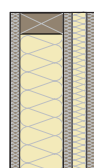
Tabla 33\_



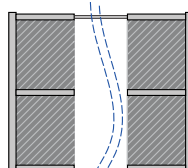
Gráfica 06\_



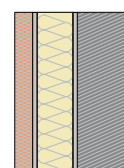
A.2



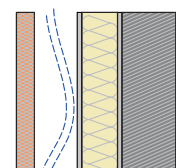
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 91\_

tiene durante la etapa de uso sobrepasa el ahorro generado en la etapa de Producción de Materiales. Por lo tanto, para mejorar el impacto de esta tipología, se deberán combinar estrategias que reduzcan el consumo energético en los meses de verano. Estos datos se pueden verificar en la Tabla 33 y Gráfica 06.

En este análisis es importante mencionar que el grosor de la tipología puede tener un impacto económico negativo o positivo, si se toma en consideración el área vendible del edificio. Esto se debe a que una tipología como la B.2.1.2 que tiene como grosor 700 mm reduce el área vendible total del edificio de manera considerable cuando se compara con la tipología B.1.3.1 la cual tiene como grosor total 170 mm. Como se explicó en la metodología de la investigación, Capítulo 01, este dato no se tomó en cuenta durante este análisis, pero es importante mencionarlo ya que se puede considerar en futuras investigaciones.

De esta manera se pueden identificar tendencias que nos ayuden a reducir el Impacto Económico en los edificios por medio de la mejora del rendimiento del sistema constructivo de Muro Exterior. En la Tabla 33 y la Gráfica 06 se resumen los datos finales del estudio del CCV.

### **3. RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACV-SOCIAL -TIPOLOGÍAS BASE-**

El impacto social es el más difícil de medir, y actualmente no existen bases de datos del sector de la construcción con indicadores de tipo social, verificadas en las cuales basar el estudio. Tampoco existen investigaciones científicas verificables que podamos tomar como referencia. Por lo tanto, lo que se propone en esta investigación es basarnos en la metodología que se explica en el documento de las Naciones Unidas (UNPE, 2011), aplicando dicha metodología de estudio al ámbito de la construcción.

De esta forma, tendremos datos de Impacto Social en las etapas del ciclo de vida que se quieren estudiar en esta investigación, y también podremos tener el Impacto Social total de cada tipología de muro exterior seleccionada para esta investigación.

Teniendo esto en consideración se propone estudiar para la etapa de producción de material, la Responsabilidad Social Corporativa –RSC– de las compañías manufactureras de los materiales de construcción que intervienen en cada tipología de muro exterior, la metodología que se utilizó se



Tabla 34\_

**Título:** Tabla resumen de resultados

**Descripción:** En esta figura se resumen el análisis realizado para estudiar el impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 92\_

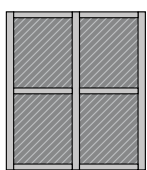
**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

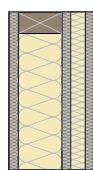
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Stakeholders	Categorías de impacto	Empresa: Tabicosa Material: Termo Arcilla	Empresa: Garnica Material: Madera contrachapado	Empresa: BASF Material: Aislamiento EPS	Empresa: Malpesa Material: Bloque prefabricado de arcilla	Empresa: Valderrivas Material: Bloques prefabricado de hormigon
Empleados	Seguridad Laboral	-	-	-	X	X
	Libertad sindical y negociacion colectiva	-	-	-	-	-
	Evasión de trabajo infantil	-	X	X	X	X
	Salario justo	X	X	X	-	X
	Igualdad de oportunidades	-	-	X	-	-
	Beneficios laborales	-	-	X	X	X
	Respeto de derechos humanos	X	X	X	X	X
	Ofertas de trabajo	-	X	X	-	-
	Compromiso de formacion	-	X	-	-	-
	Declaracion de mision con los empleados	-	X	-	-	X
Comunidad Local	Declaracion de mision con la comunidad	-	X	X	-	X
	Codigo etico	-	X	-	-	X
Consumidor	Certificado de calidad	-	-	X	X	X
	I+D Investigacion	-	X	X	-	-
Medioambiente	Certificado Medioambiental	-	X	X	X	X
	Compromiso Ambiental	-	X	-	X	X
Sociedad	Fundacion/ Charities	-	-	X	-	X
	RSC Resposabilidad Social Corporativa	-	X	X	-	X
		<b>02 / 18</b>	<b>12 / 18</b>	<b>12 / 18</b>	<b>07 / 18</b>	<b>13 / 18</b>
Raiting		<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

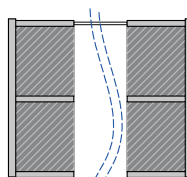
Tabla 34\_



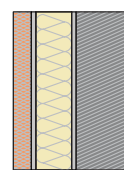
A.2



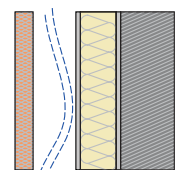
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 92\_

Tabla 35\_

**Título:** Tabla de sistema de evaluación del RSC

**Descripción:** Sistema de puntuación para ponderar el Impacto Social, Luego de tener la puntuación total de cada empresa se corrobora su nivel de impacto siguiendo los datos de esta tabla, teniendo como 1 menor y 5 mayor impacto.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Raiting	
0 - 3	5
4 - 7	4
8 - 11	3
12 - 15	2
16 - 18	1

explicó en detalle en el Capítulo 01 de este documento.

Para la fase de uso del ciclo de vida, se calcularon los niveles de confort del ambiente interior — temperatura interior— del edificio que cada muro exterior genera, tomando como referencia los perfiles de uso descritos en el CTE (CTE DBHE, 2016), explicado en detalle en la metodología de este documento.

### a. Etapa de Producción de Materiales –RSC–

Como se explicó en el Capítulo 01, Para calcular el impacto social en la etapa de producción de material, se seguirá la metodología descrita en el documento "Towards a Life Cycle Sustainable Assessment: Making informed choices on products" de las Naciones Unidas (UNPE, 2011). Esta metodología evalúa la RSC de cada empresa fabricante de materiales que intervienen en productos.

Primero se analizaron los materiales que intervienen en la composición de cada una de las tipologías y se seleccionaron empresas manufactureras para cada material (Tabla 34 y 35). Estas empresas seleccionadas son reconocidas en el ámbito de la construcción de España como pioneras en el mercado de cada material. La selección de estas

empresas se explica en mayor profundidad en la metodología.

Luego de haber seleccionado las empresas se analizaron las informaciones públicas que cada una tenía, buscando evidencia de los impactos positivos. A continuación, se darán un listado de ejemplos que representan evidencias conseguidas para poder asignarle un punto de impacto positivo —una equis X— a cada empresa en la Tabla 34:

- **Seguridad Laboral:** Primero se buscó la ubicación del industrial para verificar en qué país se encuentran ubicadas y bajo que normativas trabajan. Hay que tomar en consideración que una industria ubicada en España se guía por normativas locales y europeas que regulan la seguridad laboral. Pero si la industria está ubicada en China o la India, las normativas de seguridad laboral son más flexibles y menos fiscalizada. Por lo tanto, la localidad de la industria y el entendimiento de la normativa local es muy importante para asignar puntos impactos positivos o negativos en esta categoría.

A su vez, algunas empresas publicadas en sus páginas webs sus pólizas que hablaban del compromiso de dichas empresas a garantizar la seguridad laboral, e incluso se consiguió en algunas declaraciones de los días que llevaba la

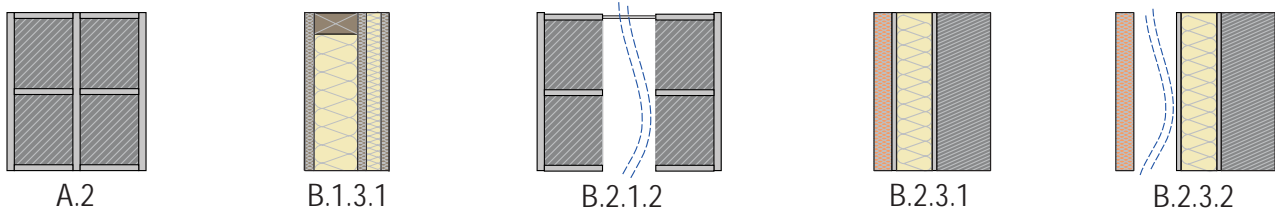


Figura 93\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

empresa sin un accidente laboral.

Las empresas a las que se le asignaron puntos positivos son Rockwool, y Malpesa. Porque son las que se consiguió evidencia directa de que están regularizando y monitorizando la seguridad laboral en todas sus industrias y en todo el proceso de manufactura del material constructivo.

• **Libertad sindical y negociación colectiva:** En esta categoría se analizó la existencia de sindicatos formales los cuales negocian y cuiden del bienestar de los trabajadores de dichas empresas. Para este punto no se consiguió información en ninguna de las empresas que producen los materiales que intervienen en las tipologías bases.

• **Evasión de trabajo infantil:** En esta categoría lo que se busca es evidencia de que la empresa no trabaja con esclavitud moderna infantil. La ubicación geográfica y las normativas en la que se basan las empresas habla mucho sobre esto. El problema de la esclavitud moderna infantil está localizado en lugares del mundo como: China, India, algunos países de África y Latino América. Pero para asignar la puntuación positiva se tiene que conseguir evidencia publica de que la empresa garantiza que haya protección infantil en todo su proceso de producción.

La única empresa de la cual no se pudo conseguir información pública al respecto es Tabicesa, esta empresa es de menor escala que las otras, la escala de la empresa limita un poco la información que tienen publicada. Por lo tanto, no quiere decir directamente que esta empresa trabaja con trabajo infantil, pero tampoco se le puede asignar un punto positivo si no se consigue evidencia certificable.

• **Salario justo:** Para esta categoría se busca evidencia que hay un proceso de evaluación de salarios, comparándolos con los valores del mercado, e igualando o mejorando el salario de sus empleados. En este caso para Tabicesa, Garnica y BASF, se consiguió declaraciones públicas donde especifican el proceso de evaluación de los salarios.

• **Igualdad de oportunidades:** En esta categoría se analiza si existe igualdad de oportunidades para hombres y mujeres dentro de la empresa. Para esto lo que se hizo fue analizar los puestos directivos que hay en la empresa durante —este estudio se hizo durante el año 2016—, y se estudió cuantos puestos directivos tiene la empresa, y cuántos de ellos son llenados por mujeres y cuántos por hombre, analizando el porcentaje de mujeres dentro de la mesa directiva. Si el porcentaje es mayor a 40% se les asignó el impacto positivo a dichas empresas.

Tabla 36\_

Material	Empresa
Termo Arcilla	Tabicesa
Hormigon Celular	CEMEX
Madera contrachapado	Garnica
Aislamiento EPS	BASF
Bloque prefabricado de arcilla	Malpesa
Bloques prefabricado de	Valderrivas

**Título:** Tabla de listado de empresas vs materiales estudiados  
**Descripción:** El listado de empresas de manufactura de materiales constructivos que fueron analizadas para esta etapa de la investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

La única empresa que logró tener un punto positivo en esta categoría es BASF. Esto deja mucho que desear del resto de empresas y es definitivamente un punto a mejorar para todas.

- **Beneficios laborales:** Para este punto se estudiaron los beneficios laborales de los trabajadores de cada empresa, no solo el listado de beneficios, si no también si los empleados forman parte del proceso de negociación. Las únicas empresas que no pudieron calificar son Tabicesa y Garnica, porque los beneficios son limitados, y no se consiguió evidencia de que los empleados forman parte del proceso de negociación.

- **Respecto a los derechos humanos:** En esta categoría se estudia si las empresas siguen normativas para garantizar el respeto a los derechos humanos, y a su vez la localización geográfica de las industrias que forman parte del proceso. En este caso, todas las empresas tienen declaraciones, y evidencia que verifican el cumplimiento de los derechos humanos en el proceso de fabricación de sus productos.

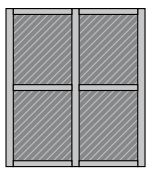
- **Ofertas de trabajo:** Para otorgar este impacto positivo se analizaron si para el momento del estudio la empresa tenía ofertas de trabajo, lo cual evidencia el aporte positivo sobre la comunidad local, generando fuentes de empleo. En este caso

la mitad de las empresas no tenían ofertas de trabajo para el momento en que se realizó el estudio.

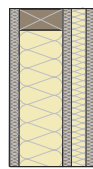
- **Compromiso de formación:** En esta categoría se analiza si las empresas tienen un programa de formación académica y técnica para sus empleados, mejorando el nivel de conocimiento de los mismos. Esto se puede verificar por medio de declaraciones públicas, programas internos o externos de cursos, y/o tener el certificado de ISO 9001 que certifica la calidad de sus productos, y unas de las cláusulas especifica el compromiso de formación. Este punto solo se le asignó Garnica, ya que se consiguió evidencia especificada anteriormente.

- **Declaración de misión con los empleados:** Para este punto se estudió si hay una declaración de misión pública que especifique a los empleados y su bienestar. En este caso, Garnica y Valderrivas fueron las empresas de las que se consiguieron declaraciones formales publicadas en sus páginas webs.

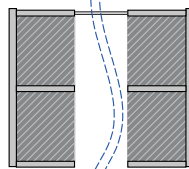
- **Declaración de misión con la comunidad:** En esta categoría se buscan identificar declaración de misión públicas dirigidas hacia las comunidades locales y/o mundiales. A su vez, se identificaron programas de ayuda brindados por las compañías a la comunidad local, planes de apoyo a



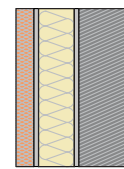
A.2



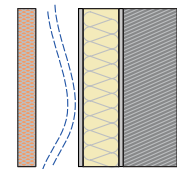
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

fundaciones sin fines de lucro, etc. Se pudo conseguir evidencia pública para justificar el impacto positivo en la mitad de las empresas estudiadas como se refleja en la Tabla 33.

- **Código ético:** Para este punto se identifican pólizas y regulaciones que justifiquen códigos de ética para la empresa, como podrían ser: misiones publicadas por la compañías en su página web, certificaciones como la ISO 9001 que cubre los procedimientos de verificación de la calidad de los productos, teniendo un apartado de ética. Se logró conseguir esta información en pocas compañías.

- **Certificado de calidad:** Existen varios programas de certificaciones de calidad para los diferentes productos, como podría ser por ejemplo el ISO 9001. Por lo tanto, se asigna el punto de impacto positivo únicamente cuando se consigue certificados de programas que validen la calidad de los productos, en específico de los productos que componen los sistemas constructivos. La mayoría de las empresas tienen algún tipo de certificado de calidad, pero se pudo identificar que mientras más grande en escala sea la empresa se consigue mayor información con respecto a la calidad de sus productos.

- **I+D Investigación:** En esta categoría se analiza si la empresa tiene algún programa de Investigación y Desarrollo, para garantizar que sus productos sean pioneros en el mercado. Si la empresa tiene algún programa parecido generalmente lo publica en su página web, estos programas pueden ser relacionados con una universidad o centro de estudio, o pueden tener su propio departamento en la empresa. Sobre esta información se consiguió poca documentación, por lo cual solo dos empresas lograron tener la puntuación positiva

- **Certificado Ambiental:** Existen varios programas de certificados ambientales que evalúan la huella ecológica de la empresa, como por ejemplo el ISO 14001, para esta categoría se buscaron certificados que evaluaran la huella ecológica de la empresa, con la idea de evaluar el compromiso sostenible de la misma. La mayoría de las empresas tiene algún tipo de certificado que evalúa su nivel de sostenibilidad, enfocado en el impacto ambiental. También se pudo identificar que es más difícil conseguir esta información cuando las empresas son más pequeñas.

- **Compromiso Ambiental:** En esta categoría se identifica misiones públicas que las empresas tengan sobre su compromiso a la reducción del impacto medio ambiental, evaluando su compromiso a reducir la huella ecológica. La mayoría de las

empresas que tienen algún tipo de certificado ambiental, y tienen publicada una misión hacia el medio ambiente.

- **Fundaciones o Charities:** Se evalúa el compromiso que la empresa tiene con la sociedad, evaluando su apoyo y soporte a fundaciones sin fines de lucro. Esto estudia el compromiso que la empresa tiene con la sociedad mundial y local, y su conciencia social. Pocas empresas están relacionadas directamente con fundaciones, si se puede identificar que las empresas más grandes son las que tienen mayor contacto con fundaciones, e incluso en algunos casos su misma fundación.

- **RSC:** En esta categoría se evalúa si la empresa tiene una póliza para la Responsabilidad Social Corporativa, si este término es mencionado en alguna publicación y si existe una misión clara al respecto. En esta categoría de impacto se puede ver que la mitad de las empresas tiene algún tipo de documentación que hable al respecto. Encontrándose con más facilidad y mayor claridad en las empresas transnacionales.

Luego se analizaron los indicadores de impacto de cada agente involucrado, se coloca un equis —X— en la tabla 34 cada vez que se consigue evidencia de impactos sociales positivos para cada indicador, tomando en consideración que todos los

tomando en consideración que todos los indicadores tienen la misma importancia, siguiendo los parámetros explicados en la metodología del documento de la UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011).

Luego del análisis se puede concluir que, las tipologías A.2 y B.1.2.1 son las que tienen mayor impacto, esto se debe a que la empresa Tabicesa es una empresa mediana que no tiene establecidas muchas estrategias para reducir sus impactos sobre: La sociedad, el medio ambiente, los consumidores, la comunidad local y los empleados. Además, estas tipologías sólo cuentan con un material —Arcilla térmica— hace que el impacto en esta etapa y en esta categoría solamente dependa de una única empresa.

La tipología B.1.3.1 es la que tiene menor impacto, teniendo un promedio de dos sobre cinco, como se puede ver en la Tabla 37, y en las Gráficas 07 y 08. Esto se debe a que las empresas que fabrican los materiales que componen estas tipologías son empresas internacionales de gran escala, las cuales tienen diferentes sistemas y procedimientos para tener un impacto positivo sobre la comunidad que las rodea —siempre y cuando la materia prima también sea local—, los empleados de sus empresas, y sobre la sociedad mundial.

Tabla 37\_

**Título:** Tabla resumen de resultados - Etapa de Producción, Impacto Social-

**Descripción:** En esta figura se resumen el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 07\_

**Título:** Gráfica resumen de resultados - Etapa de Producción, Impacto Social-

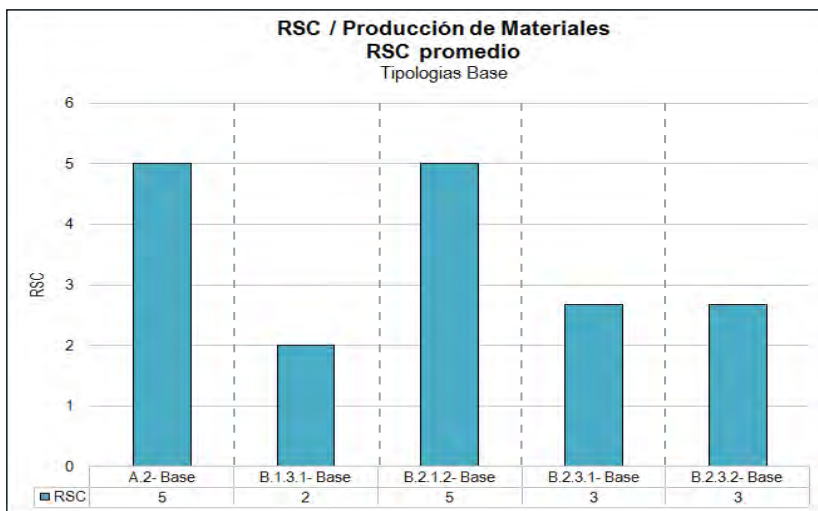
**Descripción:** En esta figura se resumen de una manera gráfica el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

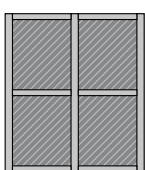
ACV-Social // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Raiting
A.2- Base	Termo Arcilla	5
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	5
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo + EPS	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo + EPS + Camara ventilada	3

ACV-Social // Etapa de Producción de Materiales			
Tipología	Descripción	Raiting por materiales	Raiting promedio
A.2- Base	Termo Arcilla	5	5
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada	2	2
B.1.3.1- Base	EPS	2	
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	5	5
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.1- Base	EPS	2	
B.2.3.1- Base	Bloque de Hormigon	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.2- Base	EPS	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de Hormigon	2	

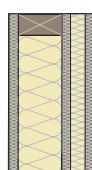
Tabla 37\_



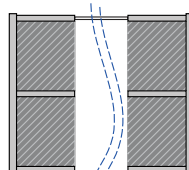
Gráfica 07\_



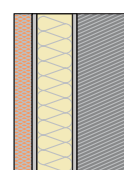
A.2



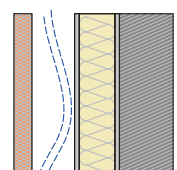
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 95\_

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se puede identificar algunas tendencias claras que afectan negativa o positivamente el impacto Social durante esta etapa del ciclo de vida:

- Podemos ver que mientras la empresa sea más grande, el impacto social es menor. Esto se debe a que mientras la empresa grandes y establecidas poseen más estrategias y normativas que regulan algunas de las categorías de impacto social. Dichas empresas tienen sistematizado más certificados y protocolos que logran evidenciar y abarcar el impacto social en sus procesos de manufactura.
- Hay que tomar en consideración que este estudio podría ser más profundo si se tuviera acceso a información de las empresas que no sea pública. Por ejemplo, trabajar con una empresa local de pequeña escala, no siempre representara un impacto negativo, porque hay que tomar más cosas en consideración; como que tal vez al ser pequeña, la empresa aún no tiene todos los certificados regulares que requiere para poder calificar por algún impacto, pero tal vez tiene estrategias, menos formales, para mitigar algún impacto, y dichas estrategias no formales muchas veces no son información pública.

- Para mejorar estos impactos a nivel de estado o país, se deberían de exigir ciertos certificados que justifiquen dichas categorías de impacto, para de esta manera estandarizar las pólizas y lo compromisos que todas las empresas, sean grandes o pequeñas, ofrecen. De esta manera se regula el impacto social, y no queda de parte de cada empresa justificar sus impactos, si no es parte de una normativa local. La manera en la que normalmente esto se toma en consideración, es que para cualquier obra pública se exigen tener ciertas normativas y certificados para que las empresas puedan licitar, de esta manera el gobierno local se muestra como pionero para demostrar el valor que la estandarización de la evaluación de la RSC de una empresa debería tener.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 37, y en las Gráficas 07 y 08.

## **b. Etapa de Uso –Confort–**

Para la fase de Uso del ciclo de vida, se decidió calcular el confort térmico —temperatura interior— que genera cada tipología de muro exterior. Siendo esta categoría de impacto la que está relacionada directamente con la envolvente térmica de un edificio. Se utiliza el mismo Modelo Box y programa de simulación que se utilizó para el Impacto Ambiental y Económico, siguiendo los mismos parámetros del modelado.



Gráfica 08\_

Título: Gráfica resumen de resultados - Etapa de Producción, Impacto Social -

Descripción: En esta figura se resumen de una manera gráfica el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material ocasionado por cada material que componen los sistemas constructivos bases. Cada tono de azul representa una tipología de muro exterior. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

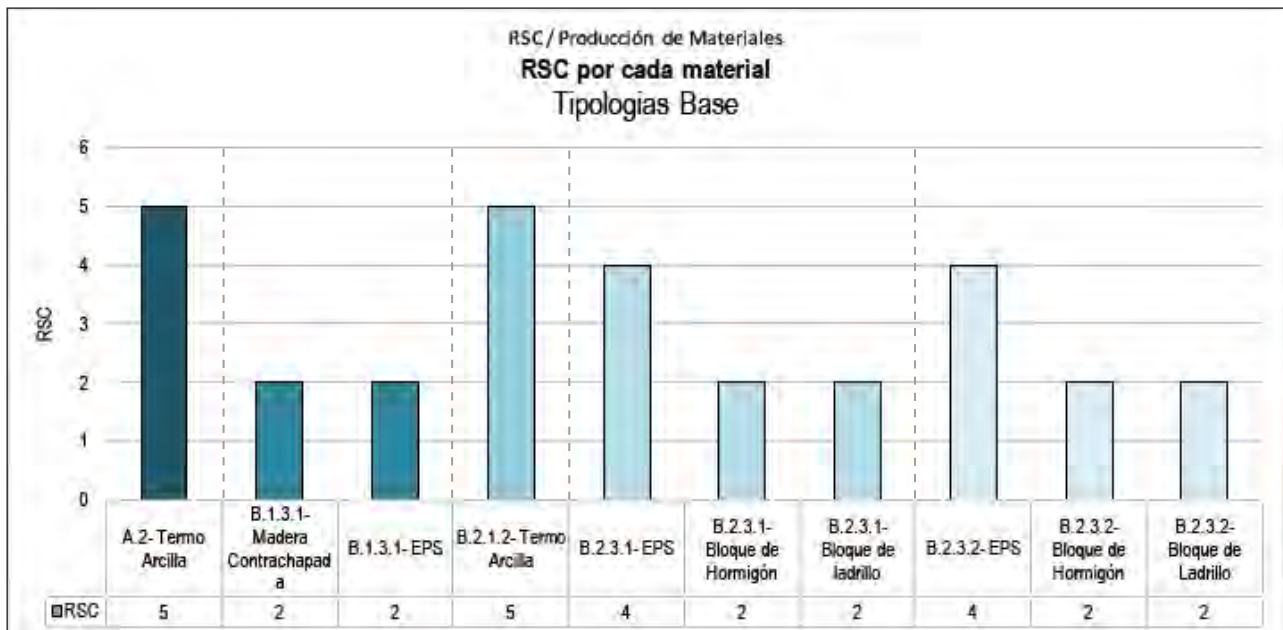
Fuente: Imagen creada por autor de documento

Tabla 38\_

Título: Perfiles de Uso

Descripción: Esta tabla esta extraída del CTE CBHE- 2016. Estos datos se tomaron en consideración para el desarrollo de este modelo de simulación. Estos parámetros también se utilizan para el estudio del Impacto Ambiental

Fuente: CTE DBHE, 2016



Gráfica 08\_

### C.1 Perfiles de uso

Las siguientes tablas recogen los perfiles de uso normalizados de los edificios (solicitaciones interiores) en función de su uso, densidad de las fuentes internas (baja, media o alta) y periodo de utilización (8, 12, 16 y 24h):

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Iluminación (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Equipos (W/m²)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Ventilación verano<sup>1</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
<b>Ventilación invierno<sup>2</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> En régimen de verano, durante el periodo comprendido entre la 1 y las 8 horas, ambas incluidas, se supondrá que los espacios habitables de los edificios destinados a vivienda presentan una infiltración originada por la apertura de ventanas de 4 renovaciones por hora. El resto del tiempo, indicados con \* en la tabla, el número de renovaciones hora será constante e igual al mínimo exigido por el DB

<sup>2</sup> El número de renovaciones hora, indicado con \* en la tabla, será constante e igual al calculado mínimo exigido por el DB HS.

Tabla 38\_

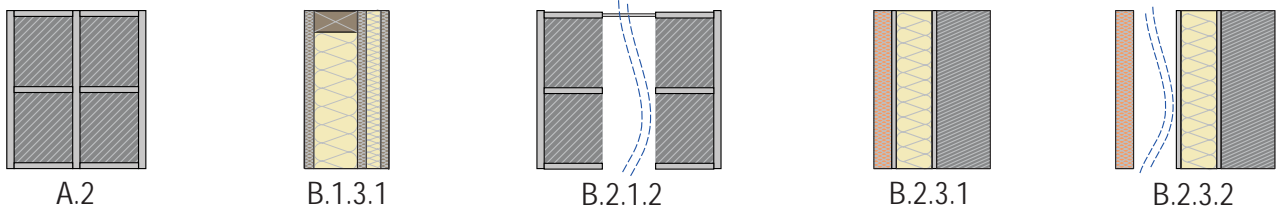


Figura 96\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Lo complicado de medir niveles de confort es que depende del usuario del edificio y su sensibilidad al calor o al frío. Por lo tanto, en esta investigación, tomamos como base los niveles de confort propuestos por el CTE (CTE DBHE, 2016) (Tabla 38). Comparando estos niveles de confort, se puede llegar a un análisis comparativo de las tipologías seleccionadas y a su vez una visión global sobre la etapa de uso y el Impacto Social que cada una genera.

Esto se hará tomando en consideración una serie de datos referenciales que el CTE tiene sobre los diferentes perfiles de uso para un edificio residencial (CTE DBHE, 2016) (Tabla 38). Estos niveles de uso nos dan parámetros de temperatura de consigna los cuales reflejan en el modelo de cálculos, las horas de desconfort que el edificio puede generar. Esto se calcula tomando en cuenta todos los sistemas del edificio junto con los parámetros de uso que un edificio de vivienda debería tener, dando como resultado una cantidad de horas de desconfort para verano y otra cantidad de horas para invierno.

Cada tipología tiene un resultado diferente de totales de horas de desconfort que se puede comparar con facilidad. Estos datos de horas de desconfort que genera la simulación energética son referentes a un año de uso del edificio.

Por lo tanto, para tener el impacto durante toda la etapa de uso, se debe multiplicar por los 50 años de vida útil del edificio (BRE, 2008). Con estos resultados podemos analizar cual tipología tiene menor o mayor impacto social durante esta etapa del ciclo de vida.

Analizando los resultados se puede llegar a la conclusión que la tipología que tiene menor impacto es B.2.3.2, como se puede ver en la Tabla 39 y en la Gráfica 09. La cual genera menos horas de desconfort durante invierno y verano, como se explicó en la sección de esta investigación del Impacto Ambiental durante la etapa de Uso, la tipología B.2.3.2 es la que se adapta de mejor manera al clima de Barcelona, España. La incorporación de inercia térmica, cámara de aire ventilada, y aislamiento térmico en un mismo sistema constructivo, permite que la envolvente apoye el performance del edificio durante cualquier cambio del clima, adaptándose a las temperaturas de invierno y de verano.

A su vez, la tipología que tiene mayor impacto es la A.2, como se puede ver en la Tabla 39 y en la Gráfica 09. Como se explicó en el apartado sobre el Impacto Ambiental en la etapa de uso, como esta tipología está compuesta por un solo material, no le permite adaptarse a los cambios de clima, generando más horas de desconfort durante invierno y verano.

Tabla 39\_

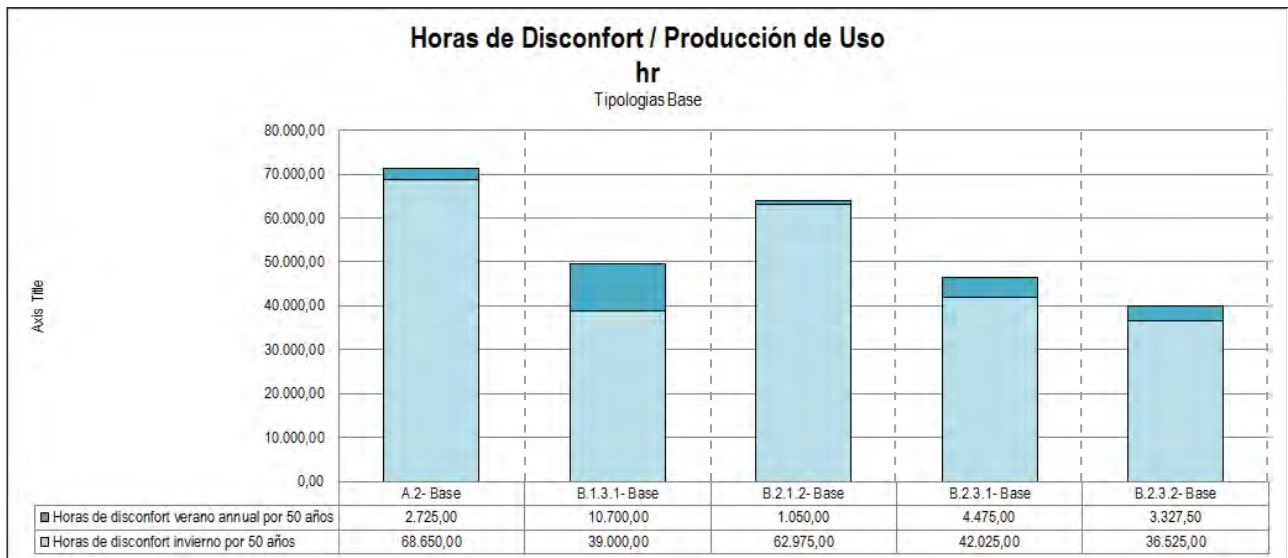
**Título:** Tabla resumen de resultados - Etapa de Uso, Impacto Social-  
**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort.  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 09\_

**Título:** Gráfica resumen de resultados -Etapa de Uso, Impacto Social -  
**Descripción:** En esta figura se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort-  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Social // Etapa de Uso						
Tipología	Descripción	Horas de discomfort invierno anual	Horas de discomfort verano anual	Horas de discomfort invierno por 50 años	Horas de discomfort verano anual por 50 años	Total de horas de discomfort, por 50 años
A.2- Base	Termo Arcilla	1,373.00	54.50	68,650.00	2,725.00	71,375.00
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	780.00	214.00	39,000.00	10,700.00	49,700.00
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,259.50	21.00	62,975.00	1,050.00	64,025.00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	840.50	89.50	42,025.00	4,475.00	46,500.00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	730.50	66.55	36,525.00	3,327.50	39,852.50

Tabla 39\_



Gráfica 09\_

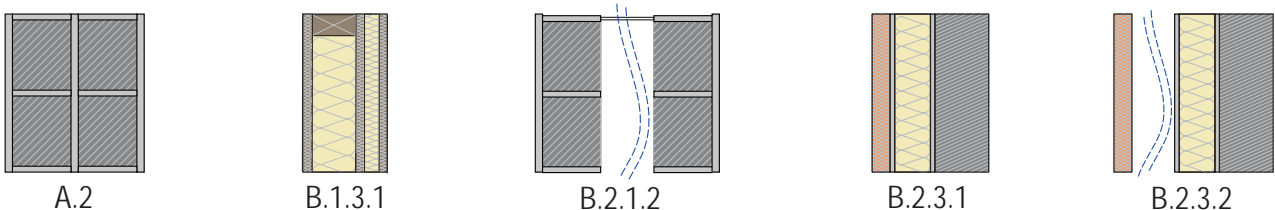


Figura 97\_

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se pueden identificar algunas tendencias claras que afectan negativa o positivamente el Impacto Social durante esta etapa del ciclo de vida.

- Para climas con cuatro estaciones marcadas, como es el clima mediterráneo; es necesario tener sistemas de Muro Exterior que puedan adaptarse a los cambios del clima local. Por esta razón, los sistemas de envolvente que solamente tienen una estrategia para reducir el consumo de energía tienen a tener un coste de energía elevado durante la vida útil del edificio. Comprobando la teoría explicada en el capítulo 2 de esta investigación, en la que se explica cómo el muro exterior debe de funcionar como una membrana adaptable al clima local.

- Podemos identificar una correlación entre los resultados del consumo energético y los resultados de las horas de discomfort. Logramos ver que las tipologías de envolvente que generan menos consumo energético también generan menos horas de discomfort.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 39 y en la Gráfica 09.

### c. ACV- Social Totalización

El impacto social es el más difícil de medir, ya que toma en consideración una serie de variables que pueden ser intangibles, y a su vez no se cuentan como metodologías, herramientas o bases de datos aplicables al ámbito de la construcción. Por lo tanto, en esta investigación nos concentraremos en la Responsabilidad Social Corporativa de las empresas manufactureras y en los niveles de confort térmico —temperatura interior— que pueden generar las diferentes tipologías de muro exterior sobre el usuario del edificio.

El análisis del impacto social es muy diferente al del impacto ambiental y económico; esto se debe a que los impactos que esta produce están estudiados en diferentes unidades de medida. Por lo tanto, los resultados no se pueden acumular, ni se pueden sumar. Esto evita que se pueda dar un resultado total de este impacto, al menos que se genere una unidad de medida o de puntuación que logre identificar los niveles de impacto de cada etapa.

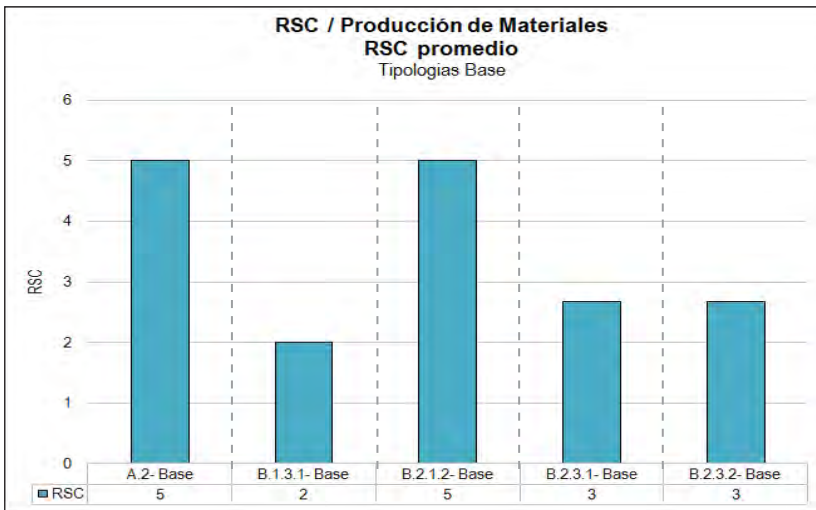
Entonces, el Impacto Social no se puede totalizar, ya que los valores generados para ambas etapas están en diferentes unidades de medida. Pero si se puede identificar por separado cual tipología tiene menor y mayor impacto en cada etapa,

Gráfica 10 y 11\_

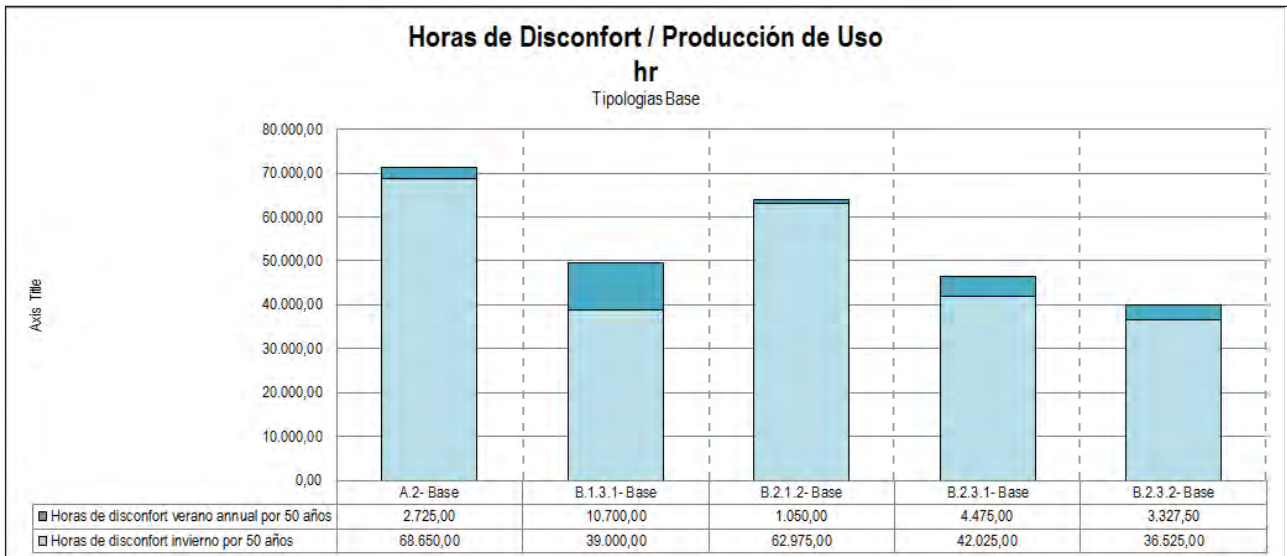
Título: Gráfica resumen de resultados

Descripción: En la figura de la izquierda se resumen de una manera gráfica el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa —RSC—. En la figura de la derecha se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort-

Fuente: Imagen creada por autor de documento



Gráfica 10\_



Gráfica 11\_

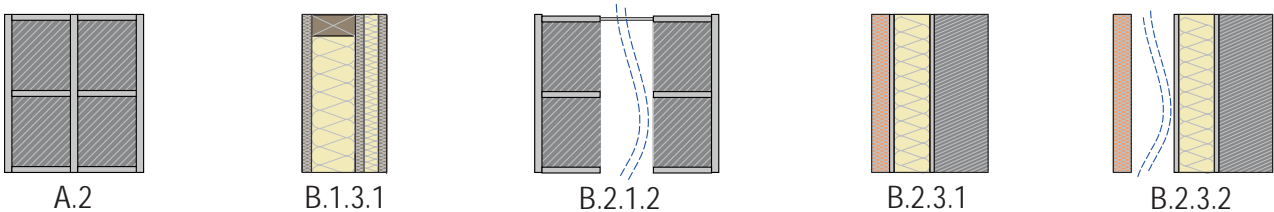


Figura 98\_

y de esta manera verificar cual tiene mejor rendimiento a nivel de Impacto Social.

Pero a su vez se pueden identificar algunas tendencias simplemente comparando las tablas totales de cada etapa del ciclo de vida:

- No hay una relación directa entre el impacto producido en la etapa de Producción de Materiales y la etapa de uso, se puede identificar que cada tipología tiene niveles de impactos diferentes en ambas etapas.
- De igual manera, se puede ver que las tipologías que generar mayor impacto en ambas etapas son la A.2 y la B.2.1.2; esto se debe a razones diferentes para cada etapa del ciclo de vida, las cuales se mencionaron anteriormente.
- Se puede identificar que las tipologías B.2.3.2 y B.1.3.1 son las que producen menor impacto. La B.2.1.2 produciendo impactos reducidos en ambas etapas, y la B.1.3.1 siendo la que produce menor impacto en la etapa de Producción de Materiales, lo cual genera un balance con el impacto en la etapa de Uso.

En las gráficas 10 y 11 se puede identificar las tendencias de cada tipología en cada etapa del ciclo de vida. Por medio de este nuevo sistema de

puntuación se evaluó la totalización del impacto Social. Estos resultados se explicarán a continuación, en el siguiente apartado.

## 4. COMPARATIVA DE LA TOTALIZACIÓN DEL ASCV

Al finalizar toda la etapa de cálculo de esta investigación se concluye la misma, ponderando todos los totales de cada uno de los impactos en cada una de las etapas estudiadas en esta investigación. Dichos totales se ajustan a un sistema de evaluación comparativo, donde se le asignan números del uno al cinco, siendo uno el de menor impacto y cinco el de mayor impacto. Tomando esto en consideración, se comparan todos los cálculos generados por cada sistema constructivo que se analizó y el sistema de evaluación le asigna un número menor o mayor, dependiendo del nivel de impacto, a cada tipo de impacto, etapa y sistema constructivo.

Se ha procurado generar un sistema de puntuación, explicado con mayor detalle en el Capítulo 1 de este documento, donde no sólo se resume el nivel de impacto para cada categoría y para cada etapa estudiada, sino también se le den puntuaciones del uno al cinco para cada una de ellas. Vale la pena recordar que el sistema de puntuación valora cada categoría de impacto de igual

Tabla 40\_

**Título:** Tabla resumen de resultados - ASCV-

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort.

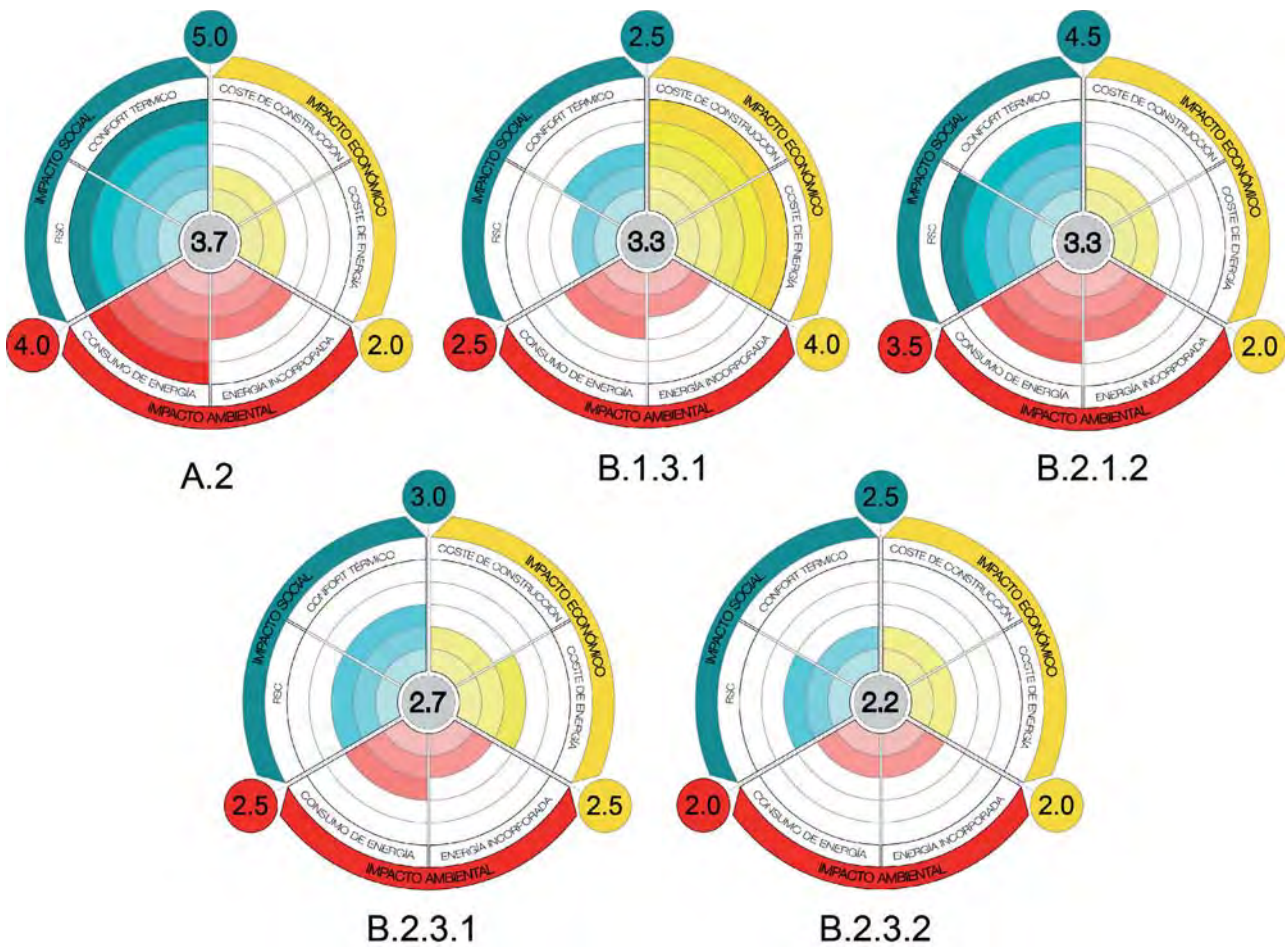
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 12\_

**Título:** Eco Brújula comparativas

**Descripción:** En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de cada tipología Base utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripción	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66	8,828.90	87.17	750.35	5	71,375.00
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	720.92	7,714.90	103.70	862.52	2	49,700.00
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,328.66	8,782.23	88.83	746.38	5	64,025.00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81	7,676.20	85.26	783.34	3	46,500.00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81	6,976.20	86.93	729.45	3	39,852.50

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social		TOTAL ASCV
Tipologías Bases		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	
Tipología	Descripción							
A.2- Base	Termo Arcilla	3	5	2	2	5	5	3.7
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2	3	5	5	2	3	3.3
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	3	4	2	2	5	4	3.3
B.2.3.1- base	Bloque de ladrillo+EPS	2	3	2	3	3	3	2.7
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2	2.2

Tabla 40\_

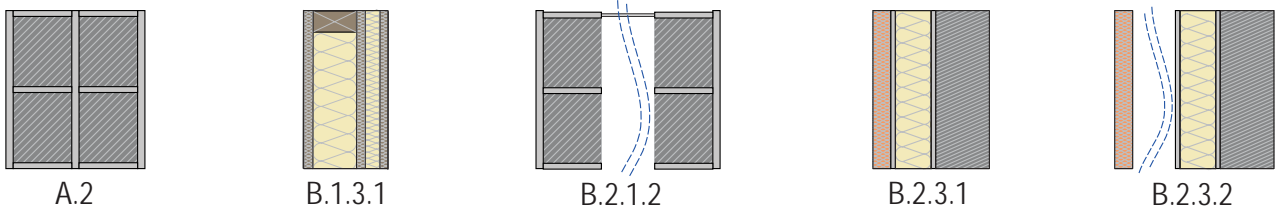


Figura 99\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

manera, basándose en la definición del Desarrollo Sostenible y la Triada de la Sostenibilidad, la cual explica que la sostenibilidad es la búsqueda del equilibrio entre las tres categorías de impacto – Ambiental, Económico y Social–.

Siguiendo el sistema de puntuación se genera la tabla 40 y la Gráfica 12, en la que se resumen los resultados de impacto para cada categoría y para cada etapa estudiada. Vale la pena recordar que el sistema de puntuación valora cada categoría de impacto de igual manera, basándose en la definición del Desarrollo Sostenible y la Triada de la Sostenibilidad, la cual explica que la sostenibilidad es la búsqueda de las tres categorías de impacto –Ambiental, Económico y Social–.

A su vez en la tabla 40 y la Gráfica 12 se encuentra la totalización del ASCV que, en este caso, siguiendo la metodología, representa el promedio de la puntuación generada por cada categoría de impacto. Al finalizar toda esta comparativa se crea una manera gráfica de resumir los cálculos generados y tener la evaluación sostenible de cada sistema constructivo que se analizaron en esta investigación. Tomando esto en consideración se creó una “Eco Brújula” en la que se puede visualizar de manera rápida y fácil el impacto generado por cada sistema constructivo en cada etapa del ciclo de vida.

Esta Eco Brújula funciona, presentando en color amarillo el impacto económico, en azul el impacto social y en rojo el impacto ambiental. Cada clasificación de impacto se divide en la cantidad de etapas del ciclo de vida que se estudiaron –en este caso dos– y se visualiza el nivel de impacto del uno –menor impacto– al cinco –mayor impacto– desde el centro de la circunferencia hasta el borde de la misma. En el centro del círculo se puede visualizar un número que resume el nivel de impacto Sostenible total, y al lado de cada impacto se resume la totalización de cada categoría, utilizando los mismo colores que se le asignaron a cada una de ellas.

Este elemento gráfico se ideó para resumir esta metodología de cálculo en particular, convirtiéndose así en una de las contribuciones de esta investigación; y se puede aplicar a cualquier investigación futura, añadiendo la cantidad de etapas del ciclo de vida que se necesite, según los parámetros de análisis.

Al tener el resultado final de nivel de sostenibilidad de cada sistema constructivo, podemos concluir que la tipología B.2.3.2 es la que nos sólo tiene mejor nivel de sostenibilidad, sino que también es la que tiene un mejor balance entre las tres categorías de impacto. Esto se debe a que es la tipología que mejor se adapta al clima, y



Tabla 41\_

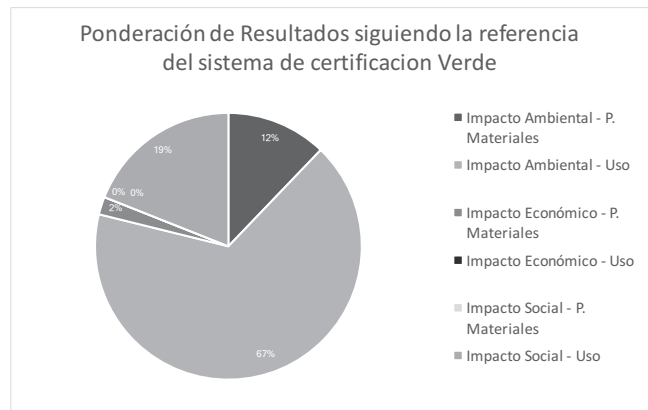
**Título:** Tabla resumen de resultados - ASCV- ponderación de resultados

**Descripción:** En esta tablas se plantea un análisis de ponderación de resultados extrayendo porcentajes de ponderación de otros estudios o sistemas decertificación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

**PONDERACIÓN DE RESULTADOS SIGUIENDO LA REFERENCIA DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN VERDE**

Ponderación de esultados siguiendo la referencia del sistema de certificación Verde	
Impacto Ambiental - P. Materiales	11.35%
Impacto Ambiental - Uso	62.23%
Impacto Económico - P. Materiales	2.01%
Impacto Económico - Uso	0%
Impacto Social - P. Materiales	0%
Impacto Social - Uso	17.72%
<b>Total</b>	



Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente				Economico				Social				TOTAL ASCV
		P.Materiales	Ponderación (11.35%)	Uso	Ponderación (62.23%)	P.Materiales	Ponderación (2.01%)	Uso	Ponderación (0%)	P.Materiales	Ponderación (0%)	Uso	Ponderación (17.72%)	
Tipología	Descripcion													
A.2- Base	Termo Arcilla	3.00	0.34	5.00	3.11	2.00	0.04	2.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.89	4.25
A.2- Mejora	Hormigón Celular	5.00	0.57	4.00	2.49	1.00	0.02	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	0.71	3.35
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2.00	0.23	3.00	1.87	5.00	0.10	5.00	0.00	2.00	0.00	3.00	0.53	3.70
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	1.00	0.11	3.00	1.87	5.00	0.10	4.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	3.35
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	2.00	0.23	3.00	1.87	5.00	0.10	4.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	3.53
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	3.00	0.34	4.00	2.49	2.00	0.04	2.00	0.00	5.00	0.00	4.00	0.71	3.81
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	5.00	0.57	4.00	2.49	1.00	0.02	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	0.71	3.35
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	2.00	0.23	3.00	1.87	2.00	0.04	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.53	3.02
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	2.00	0.23	3.00	1.87	2.00	0.04	3.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	2.86
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	2.00	0.23	3.00	1.87	2.00	0.04	1.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.18	2.36
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2.00	0.23	2.00	1.24	2.00	0.04	2.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	2.42
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	2.00	0.23	2.00	1.24	2.00	0.04	2.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	2.42
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	2.00	0.23	1.00	0.62	2.00	0.04	1.00	0.00	3.00	0.00	2.00	0.35	1.98

**PONDERACIÓN DE RESULTADOS DANDOLE DIFERENTES PORCENTAJES A CADA ETAPA DEL CICLO**

Ponderación de resultados asignandole un porcentaje a cada etapa	
Etapa de Producción de Materiales	31.00%
Etapa de Construcción	3.00%
Etapa de Uso	64.00%
Etapa de Derribo	2.00%
<b>Total</b>	

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente				Economico				Social				TOTAL ASCV
		P.Materiales	Ponderación (31%)	Uso	Ponderación (64%)	P.Materiales	Ponderación (31%)	Uso	Ponderación (64%)	P.Materiales	Ponderación (31%)	Uso	Ponderación (64%)	
Tipología	Descripcion													
A.2- Base	Termo Arcilla	3.00	0.93	5.00	3.20	2.00	0.62	2.00	1.28	5.00	1.55	5.00	3.20	4.93
A.2- Mejora	Hormigón Celular	5.00	1.55	4.00	2.56	1.00	0.31	2.00	1.28	1.00	0.31	4.00	2.56	3.84
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2.00	0.62	3.00	1.92	5.00	1.55	5.00	3.20	2.00	0.62	3.00	1.92	4.65
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	1.00	0.31	3.00	1.92	5.00	1.55	4.00	2.56	3.00	0.93	2.00	1.28	4.21
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	2.00	0.62	3.00	1.92	5.00	1.55	4.00	2.56	3.00	0.93	2.00	1.28	4.43
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	3.00	0.93	4.00	2.56	2.00	0.62	2.00	1.28	5.00	1.55	4.00	2.56	4.49
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	5.00	1.55	4.00	2.56	1.00	0.31	2.00	1.28	1.00	0.31	4.00	2.56	3.84
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	2.00	0.62	3.00	1.92	2.00	0.62	3.00	1.92	3.00	0.93	3.00	1.92	3.67
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	2.00	0.62	3.00	1.92	2.00	0.62	3.00	1.92	3.00	0.93	2.00	1.28	3.50
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	2.00	0.62	3.00	1.92	2.00	0.62	1.00	0.64	3.00	0.93	1.00	0.64	2.79
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2.00	0.62	2.00	1.28	2.00	0.62	2.00	1.28	3.00	0.93	2.00	1.28	2.96
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	2.00	0.62	2.00	1.28	2.00	0.62	2.00	1.28	3.00	0.93	2.00	1.28	2.96
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	2.00	0.62	1.00	0.64	2.00	0.62	1.00	0.64	3.00	0.93	2.00	1.28	2.41

utiliza materiales de fácil obtención en el mercado de España, reduciendo el impacto ambiental, económico y el social.

A su vez podemos destacar que las tipologías que tienen peor rendimiento sostenible es la A.2. El sistema A.2 está compuesto por un solo material, lo cual no le permite adaptarse a los cambios climáticos locales, además el material del que está compuesto es particular y no es de uso común en el mercado de la construcción de España. Por lo tanto, genera un gran impacto, sobre todo en la categoría social y ambiental, viendo la eco brújula que se genera al resumir sus resultados podemos notar lo poco equilibrada que es esta tipología a nivel sostenible.

Es interesante resaltar que las tipologías B.1.3.1 y B.2.1.2 tienen el mismo nivel de sostenibilidad. Podemos notar que la tipología B.2.1.2 tiene un mal desempeño en términos de impacto social y medio en impacto ambiental, pero un muy buen desempeño en términos de impacto económico. Esto sucede porque este sistema constructivo está constituido por un material lo cual no le permite adaptarse a los cambios climáticos locales, a vez el material del que está compuesto es particular y no es de uso común en el mercado de la construcción de España; esto impacta a nivel social y ambiental. A su vez, el material del que

está compuesto producido por una empresa de mediano o baja escala, lo cual impacta negativamente el RSC.

Al contrario, el sistema B.1.3.1 no es típico de la región de estudio, no se logra adaptar a los cambios de temperatura del clima local, y además al ser un sistema atípico el coste de la misma es muy elevado. Por lo tanto, luego de estudiar la eco brújula que generó sus resultados, podemos ver que, aunque hay etapas e impactos donde se comporta muy bien, hay otras donde genera un impacto muy elevado, y la combinación de esto se resume en un nivel de sostenibilidad poco balanceado.

## 5. PRUEBAS DE PONDERACIÓN

Como parte de la investigación se realizó un estudio de ponderación de los resultados. Aunque en esta tesis se mantiene la opinión que todas las categorías de impacto deben de ser tomadas en consideración por igual, se realizó un análisis de comprobación tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- **Sistemas de ponderación de los certificados sostenibles existentes:** Como se mencionó en algunas oportunidades durante los capítulos anteriores; existen varios sistemas de certificación

Figura 100\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

sostenible que toman en cuenta algunos parámetros de las tres categorías de impacto.

Los sistemas de certificación como Verde (Verde, 2017), LEED (LEED, 016), BREEAM (BRE, 2014), entre otros, se bajan en el SBTool (SBTool, 2017) la cual presenta un marco metodológico para evaluar el nivel de sostenibilidad de proyectos arquitectónicos. Una crítica que se puede mencionar de este sistema es que no toma en consideración todas las categorías de impactos durante las etapas del ciclo de vida.

Para la evaluación de la ponderación de resultados siguiendo los sistemas de certificación sostenible, nos concentramos en el sistema de Verde (Verde, 2017) por ser el que está adaptado y basado en España. Como se puede ver en el estudio de ponderación de resultados, podemos notar que la etapa de uso del impacto económico y la etapa de producción de materiales del impacto social, no se toman en cuenta a la hora de evaluar la sostenibilidad de un edificio. A su vez, existe un mayor enfoque en la etapa de uso, y en el impacto ambiental.

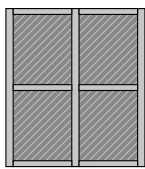
Al aplicar este sistema de ponderación a los resultados de impacto sostenible de los sistemas de muro exterior, podemos ver que aunque hay algunas pequeñas variaciones sobre el resultado total;

las tendencias de los resultados son las mismas, teniendo los mismo datos a nivel comparativo. Por lo tanto, los resultados y conclusiones finales no varían (Tabla 41).

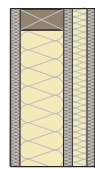
• **Aplicación de porcentajes de impacto para cada etapa del ciclo de vida:** Siguiendo esta exploración sobre otros sistemas de ponderación de los resultados, se hizo el análisis de la aplicación de un promedio de porcentaje de impacto de cada etapa del ciclo de vida, siguiendo los promedios que se obtuvieron en el ACV Ambiental que la oficina SO hizo sobre el proyecto de Tossa de Mar (SO, 2006) (SAAs, 2008).

Esta evaluación de la ponderación de resultados, aunque presenta variaciones sobre el resultado total del impacto sostenible de cada tipología; las tendencias de los resultados no se ven alteradas, generando las mismas conclusiones al finalizar el análisis (Tabla 41).

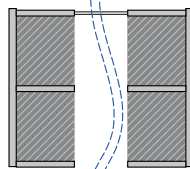
Como conclusión de esta exploración; creemos que la correcta manera de evaluar los resultados finales y de ponderar los datos definitivos es siguiendo la metodología propuesta en el Capítulo 01, se podría volver a hacer este análisis en futuras investigaciones cuando se aplique la metodología propuesta a la escala de un edificio.



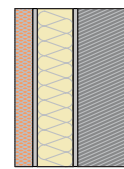
A.2



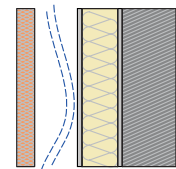
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

## 6. CONCLUSIONES

Luego de analizar todos los resultados generados por los cálculos del ASCV de las cinco tipologías seleccionadas como bases de esta investigación y analizar los impactos por medio de la evaluación comparativa aplicando el sistema de evaluación de la eco brújula, podemos concluir:

- **A.2:** Podemos notar como esta tipología no solo es la que tiene peor rendimiento sostenible, si no también se percibe con claridad la falta de balance que esta tipología tiene donde se verifica como existe mucho impacto social, poco impacto económico, y mucho impacto ambiental, sobre todo tomando en consideración el impacto en la etapa de Producción de Materiales. Aquí se ejemplifica porque no se puede tomar en consideración sólo una categoría de impacto, sin verificar el balance que representa la sostenibilidad, como se puede ver en la tabla 40 y la Gráfica 12.
- **B.1.3.1:** Con esta tipología también se puede notar un desbalance, teniendo un gran impacto económico, pero un intermedio impacto social y ambiental. Otro ejemplo claro por lo cual, no se deberían aislar las evaluaciones de las tres categorías de impacto. Al analizar una sola, no se puede contemplar el verdadero impacto sostenible del sistema, como se puede verificar en la tabla 40 y la Gráfica 12.
- **B.2.1.2:** Como se explicó anteriormente, este sistema tiene las mismas tendencias que la tipología A.2, solo que al añadir la cámara de aire ventilada, mejora alguno de sus comportamientos. A la misma vez, se puede notar la falta de balance, y el impacto excesivo que el sistema tiene sobre dos de las tres categorías de impacto, la (tabla 40 y la Gráfica 12).
- **B.2.3.1:** En este sistema se puede notar un mejor balance de las tres categorías de impacto, teniendo niveles bajos de huella ambiental, económica y social. Por lo tanto, se entiende con claridad porque esta tipología es más sostenible que las anteriores, no sólo reduciendo sus impactos, si no también equilibrándolos (tabla 40 y la Gráfica 12).
- **B.2.3.2:** Como se explicó anteriormente, esta es la tipología que mejor se comporta, teniendo el impacto más reducido en las tres categorías, y además teniendo equilibrio entre ellas. Con esto se ejemplifica porque la metodología cumple con sus objetivos, siendo un sistema de evaluación que logra medir el nivel de sostenibilidad de los sistemas de Muro Exterior seleccionados tomando en consideración la definición de la Triada del Desarrollo Sostenible (tabla 40 y la Gráfica 12).

Figura 101\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

A su vez, podemos concluir algunas tendencias que pueden ayudar a futuros proyectistas a diseñar las envolventes de sus edificios:

### **a. Lugar:**

- El sistema de envolvente vertical del edificio, debe permitir adaptabilidad al clima local. Antes de elegir cualquier material o sistema debemos analizar el clima local, identificar los posibles cambios de temperatura que la localidad sufre durante un año; y también debemos pensar a futuro, proyectando el muro exterior para que también se pueda adaptar a los posibles cambios

climáticos futuros que pueda generar el calentamiento global.

- Deberíamos tratar de trabajar con empresas de producción de materiales que sea locales, para que tengan un impacto positivo en la comunidad que rodea el edificio, pero que a su vez sean de gran o mediana escala, para garantizar que los procesos de producción de los materiales constructivos sean reducidos.

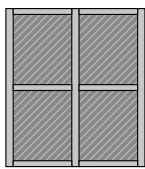
- Si se desea reducir el impacto económico en la etapa de uso se deben especificar sistemas constructivos que permitan reducir el consumo de energía durante los meses de verano; reduciendo

de esta manera el consumo de energía eléctrica. Esto pasa porque la energía eléctrica es casi tres veces más costosa que la energía de gas natural. Por lo tanto, la disminución del consumo de este tipo de energía impacta más drásticamente el impacto económico que la reducción del consumo de gas natural.

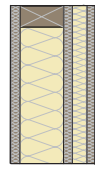
- Si se desea reducir el impacto social se deben especificar sistemas constructivos que logren mitigar el discomfort en la etapa de uso, teniendo la cantidad de estrategias necesarias para adaptarse a todos los cambios de temperatura del clima local. Además se recomienda especificar sistemas constructivos con materiales producidos por empresas internacionales que tengan varias tácticas para mejorar sus impactos sociales.

### **b. Materiales y Sistemas Constructivos**

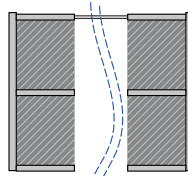
- Mientras podamos, debemos trabajar con materiales y sistemas constructivos tradicionales de la localidad donde estamos proyectando. Esto permitirá reducir costos y garantizará el funcionamiento del sistema, ya que los sistemas más tradicionales tienden a tener años de estudios; y ensayo y error que los han perfeccionado. Con el punto anterior no se quiere decir que no se pueda innovar, pero cada innovación debemos pasarla por un estudio



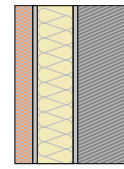
A.2



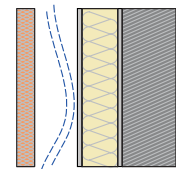
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

exhaustivo del rendimiento sostenible, buscando cómo mejorar sistemas que no son tradicionales para que puedan tener un mejor desempeño.

- La utilización de materiales de baja energía incorporada siempre reducirá el impacto ambiental en la etapa de producción de materiales, pero debemos estudiar también el impacto que represente trabajar con este tipo de materiales sobre las otras categorías y etapas de ciclo. Ya que un material de origen natural con baja energía incorporada, puede a su vez ser muy difícil de conseguir en el mercado local, lo cual implica un mayor impacto social y económico. Pero a su vez, estos materiales generalmente cuentan con una cadena de custodia de explotación de la materia prima que certifica de manera sostenible su producción.

- Se deben seleccionar o proyectar sistemas constructivos que no sea muy complejos. La complejidad del sistema tiene un impacto negativo en alguna de las etapas. Por lo tanto, no hay que sobre diseñar, hay que encontrar un equilibrio entre funcionalidad y eficiencia en el sistema de muro exterior.

- Si se desea reducir el impacto social en la etapa de producción de materiales se deben especificar materiales producidos por empresas de gran escala, preferiblemente, las cuales tienden a tener

más estrategias para mitigar los impactos negativos o producir impactos positivos a nivel social.

En el próximo capítulo de esta investigación estudiaremos posibles alternativas de mejoras sobre estos sistemas de envolvente seleccionados para esta investigación, como proceso de ejercicio de diseño, donde primero se escoge un sistema constructivo, luego se seleccionan los materiales por los que está compuesto dicho sistema, estudiando alternativas hasta que se selecciona una composición que logre reducir el impacto sostenible lo mayor posible.



# REFERENCIAS:

- (BASF, 2015) Título: Empresas BASF. Revisado: 2015. <https://www.basf.com/es/es.html>.
- (BRE, 2008). BRE Global Ltd. Título: BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SD6050. Londres, UK. Editorial: BRE. 2008.
- (BRE, 2014). Building Research Establishment. BREEAM New Construction 2014. Editorial: BRE Global. Londres, UK, 2014.
- (BEC, 2016) Título: Boletín Económico de la Construcción. Barcelona, España, 2016.
- (CEMEX, 2015). Título: Empresas CEMEX. Revisado: 2015. <http://www.cemex.es/>.
- (Construc, 2016) Construc, Título: Revista Técnica de la Construcción. Editorial Ediciones Construc, S.L. Barcelona, España, 2016.
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (CYPE, 2016) Título: Generador de precios (2016). Título: Generador de precios. Autor: CYPE Ingenieros. <http://www.generadordeprecios.info/>.
- (Frutos-Sanmartín, 2006) Arquitectos Frutos y Sanmartín. Título: 24 habitatges HPO a Cerdanyola del Valles. Revisado: 18.11.2012. <http://frutos-sanmartin-arquitectes.blogspot.com.es.html>.
- (Garnica, 2015). Título: Empresas Garnica. Revisado: 2015. <http://www.garnica.one/en/home>.
- (Gutex, 2015). Título: Empresas Gutex. Revisado: 2015. <http://gutex.es/home/>.
- (ICE, 2008) Título: ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/ser/> (on-line access between March 2011 - November 2012). Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs: Energy, in press.
- (INCASOL, 2000) Título: INCASOL, 2000. [http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es_ES).
- (IDAE, 2016) Título: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital / Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. <http://www.idae.es/index.php>.
- (ITEC, 2006) Título: Manteniment del edifici. Fitxes. Publicado por el ITEC, 2006. <http://docs.itec.cat/c/DicPla.4.0.Cat.Manual.pdf>.
- (LEED, 2016). USGBC. LEED Sustainable certification system. Editorial: USGBC. USA, 2016.
- (Malpesa, 2015) Título: Empresas Malpesa. Revisado: 2015. <http://www.malpesa.es/>.
- (Rockwool, 2015). Título: Empresas Rockwool. Revisado: 2015. <http://www.rockwool.es/>.
- (SAas, 2008) Título: Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilidad. Revisado: 2014 <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar/>.
- (SBTool, 2016). IISBE. SBTool. Editorial: IISBE. Canada, 2016.
- (SO, 2006) Título: Societat Organica. Revisado: 2014. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>.
- (Tabicea, 2015) Título: Empresas Taicesa. Revisado: 2015. <http://www.tabicesa.es/>.
- (UNEP, 2011) Título: Naciones Unidas. Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. UN Enviromental Program, 2011. <http://www.lifecycleinitiative.org>.
- (UNE-EN, 2015) EU. UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo. España, 2015.
- (Valderrivas, 2015) Título: Empresas Valderrivas. Revisado: 2015. <http://www.valderrivas.es/en/>
- (Verde, 2017). ESGBC. Proceso de certificación Verde. Editorial: ESGBC. España, 2017.





# COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE VS MEJORAS

Abstract / Introducción	251
1. Resultados Comparativos de ACV- Ambiental –Tipologías Base y Mejoras–	255
2. Resultados Comparativos de CCV- Económico –Tipologías Base y Mejoras–	267
3. Resultados Comparativos de ACV- Social –Tipologías Base y Mejoras–	277
4. Comparativa de la Totalización del ASCV	285
5. Conclusiones	289

Figura 102\_

**Título:** Selección de Tipologías

**Descripción:** En esta tabla describe las tipologías seleccionadas como sistemas constructivos base

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



















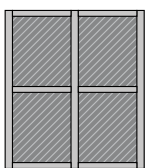
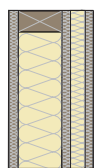
A.2	Envolvente pesada uni-capa con material con inercia térmica	 <ul style="list-style-type: none"> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.1.2	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico y con cámara de aire ventilada	 <ul style="list-style-type: none"> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.1.3.1	Envolvente ligera (madera) multi-capa con aislamiento térmico ubicado hacia el exterior sin cámara de aire	 <ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Laminas de madera Contra-enchapado</li> </ul>
B.2.3.1	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y sin cámara de aire	 <ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Pieza cerámica</li> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.3.2	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y cámara de aire ventilada	 <ul style="list-style-type: none"> <li> Aislamiento Térmico</li> <li> Pieza cerámica</li> <li> Recubrimiento</li> <li> Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>

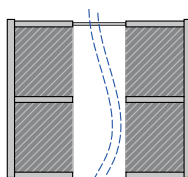
Figura 102\_



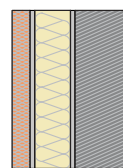
A.2



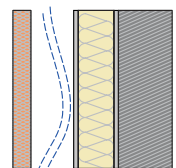
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 103\_

Figura 103\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En este capítulo se proporciona esta figura en todos los apartados para facilitar la lectura y la identificación de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

# COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE VS MEJORAS:

## ABSTRACT

### CASTELLANO:

En esta investigación se tiene como objetivo principal medir el nivel de sostenibilidad de las tipologías base seleccionadas tomando en consideración la Triada de la Sostenibilidad —Impacto Ambiental, Económico y Social—. Para medir el nivel de sostenibilidad y analizar el impacto que puede tener la selección de los materiales que componen los sistemas constructivos, viendo si al seleccionar materiales de origen natural puede mejorar la sostenibilidad del edificio, tomando en consideración que para que el edificio sea realmente sostenible tiene que haber un equilibrio entre el Impacto Ambiental, Económico y Social.

*Palabras Clave: sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior, construcción, sistema constructivo, eficiencia energética, Triada de la Sostenibilidad, Impacto Ambiental, Impacto Económico, Impacto Social.*

### ENGLISH:

The main objective of this research is to measure the sustainability level of the selected typologies basis, considering the Triple Bottom Line—Environmental, Economic and Social Impact—. To measure the sustainability level and analyze the impact that may have the selection of the materials that form the constructive systems, considering if selecting materials of natural origin, can improve the sustainability of the building, taking into consideration that for the building to be truly sustainable there has to be a balance between the Environmental, Economic and Social Impact.









*Key words: sustainability, facade, envelope, exterior wall, construction, constructive system, energy efficiency, Triple Bottom Line, Environmental Impact, o Economic Impact, Social Impact.*

Tabla 42\_

**Título:**Tabla Tipologías seleccionadas, bases más mejoras

**Descripción:** La siguiente tabla explica la selección de las tipologías base más las mejoras y los materiales que las componen

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

TIPOLOGIAS					
Componentes y materiales de las tipologías analizadas					
	A.2 / Base	B.1.3.1 / Base	B.2.1.2 / Base	B.2.3.1 / Base	B.2.3.2 / Base
U	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	355 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
Aislante térmico	-	EPS	-	EPS	EPS
Cámara de Aire	-	-	Aire Ventilada	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-
Aislamiento térmico interior	-	EPS	-	-	-
Hoja Interior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Bloque prefabricado de Hormigón	Bloque prefabricado de Hormigón
Acabado Interior	-	-	-	-	-
					
	A.2 / Mejora	B.1.3.1 / Mejora 1	B.2.1.2 / Mejora	B.2.3.1 / Mejora 1	B.2.3.2 / Mejora 1
U	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,27 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	330 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Hormigón Celular	Lamina de madera contra enchapada	Hormigón Celular	Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
Aislante térmico	-	Lana Mineral	-	Lana Mineral	Lana Mineral
Cámara de Aire	-	-	Aire / Ventilada	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-
Aislamiento térmico interior	-	Lana Mineral	-	-	-
Hoja Interior	Hormigón Celular	Lamina de madera contra enchapada	Hormigón Celular	Bloque prefabricado de Hormigón	Bloque prefabricado de Hormigón
Acabado Interior	-	-	-	-	-
					
		B.1.3.1 / Mejora 2		B.2.3.1 / Mejora 2	B.2.3.2 / Mejora 2
U		0,28 W/m <sup>2</sup> -K		0,27 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor		170 mm		324 mm	414 mm
Acabado exterior		-		-	-
Hoja Exterior		Lamina de madera contra enchapada		Ladrillo cerámico de arcilla	Ladrillo cerámico de arcilla
Aislante térmico		Fibra de Madera		Fibra de Madera	Fibra de Madera
Cámara de Aire		-		-	Aire Ventilada
Sub-estructura		Lamina de madera contra enchapada		-	-
Aislamiento térmico interior		Fibra de Madera		-	-
Hoja Interior		Lamina de madera contra enchapada		Bloque prefabricado de Hormigón	Bloque prefabricado de Hormigón
Acabado Interior		-		-	-
					

# COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE VS MEJORAS:

Luego de haber estudiado las cinco tipologías compuestas por los materiales base se realiza un segundo nivel de investigación, reemplazando algunos de los materiales que componen los sistemas constructivos para de esta manera generar más resultados comparativos y comprobar qué tanto impacto puede generar la selección de los materiales constructivos en el nivel de sostenibilidad de la fachada.

Siguiendo con la misma lógica que se aplicó para la evaluación de las tipologías base, se decidió estandarizar los materiales que componen cada sistema y las alternativas de los mismos. Tomando en consideración que hay una ilimitada cantidad de materiales constructivos que pueden utilizarse para constituir cada una de los sistemas constructivos se hizo una selección de los materiales alternativos que componen las mejoras de los sistemas constructivos para esta investigación, de esta manera se estandariza el estudio (Figura 85) y los datos que arroja pueden ser comparados.

La selección de los materiales se hizo generando hipótesis para reducir el Impacto Ambiental, ya que esta categoría de impacto es la que se le ha dado mayor importancia en el ámbito de la construcción, para de esta manera verificar, primero si la búsqueda de la reducción del Impacto Ambiental genera también reducción en el Impacto

Económico y Social, y a su vez medir el impacto que se puede generar al seleccionar los materiales que componen los sistemas constructivos de Muro Exterior.

Las hipótesis en las que se basa la selección de los materiales son (Tabla 42 y 43):

- Al seleccionar materiales de origen natural con baja energía incorporada logramos reducir el Impacto Ambiental. Para estudiar esta hipótesis y su impacto en las otras categorías de impacto vamos a estudiar otras opciones de material aislante térmico seleccionado materiales de baja energía incorporada como son: la Lana Mineral y la Fibra de Madera.
- Las tipologías que trabajan con Inercia Térmica necesitan trabajar con materiales con alta densidad para que haya más masa térmica en el sistema constructivo. Se va a comparar la utilización de Termo Arcilla con Hormigón Celular.

Para esto se estudió los parámetros del mercado de la construcción de España, y se seleccionaron materiales que sean de fácil adquisición en el país y que, a su vez, nos permitieran llegar al valor de la U (Apéndice 7-a) correspondientes para cumplir con los parámetros del CTE (CTE DBHE, 2016), para estandarizar el estudio.

Tabla 43\_

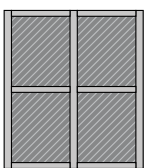
**Título:** Tabla resumen materiales bases y alternativos

**Descripción:** En la siguiente tabla se identifican las lista de los materiales que componen los sistemas constructivos que se van a estudiar a profundidad.

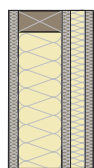
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Tipo de Material	Materiales Bases	Materiales Alternativos
Material Aislante Térmico	EPS	Lana Mineral
		Fibra de Madera
Material con Inercia Térmica	Arcilla Térmica	Hormigón Celular
Material Estructurante	Madera Contrachapada	
	Bloque prefabricado de Hormigón	
	Ladrillo ceramico de arcilla	

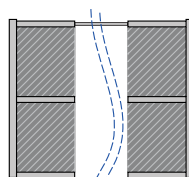
Tabla 43\_



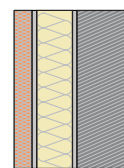
A.2



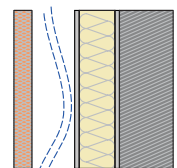
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 104\_

En este capítulo nos concentraremos en estudiar las tipologías compuestas por los materiales alternativos, comparándolos con los materiales bases.

La tabla a continuación, junto con las fichas técnicas de cada sistema constructivo y los cálculos del valor de la U de cada tipología (Apéndice 7-a), explican los materiales que se utilizaron como alternativas para este estudio, y los datos técnicos de cada uno de ellos. Estos parámetros son los que se asumieron como base para esta investigación.

## **1. RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACV-AMBIENTAL –TIPOLOGÍAS BASE Y MEJORADAS–**

Para medir el impacto ambiental se propone utilizar la metodología del ACV- Simplificado –ACV-A– (ISO, 2006) (UNPE, 2011), (Anexo 1) para evaluar el comportamiento de estos elementos en todas las etapas del ciclo de vida del edificio que se seleccionaron para esta investigación – producción de materiales y uso—. Se compararon las tipologías de muro exterior pre-seleccionadas junto con sus mejoras, teniendo en consideración el consumo de energía durante las etapas de producción de los materiales constructivos y la etapa

de uso del edificio. Estos datos nos permitieron totalizar el impacto ambiental que cada tipología de fachada tiene en el ciclo de vida del edificio.

### **a. Etapa de Producción –Energía incorporada–**

La etapa de producción de materiales es la que estudia la energía incorporada a los materiales y consumida durante el proceso de fabricación, desde la extracción de la materia prima hasta el proceso de manufactura y transporte del producto final (Apéndice 2).

Para la fase de producción de materiales se sigue con la metodología explicada en el Capítulo 01 y desarrollada en el Capítulo 04 cuando se evalúan las tipologías bases. Como se explicó anteriormente, los datos sobre consumo de energía primaria se extraerán de las bases de datos del BEDEC (ITEC, 2011) y del ICE (ICE, 2008). Analizando y calculando los materiales aplicados a estas soluciones constructivas de envolventes verticales opacas y la energía incorporada que cada uno de ellos tiene.

Los datos de estas bases de datos son referencias, tomando en consideración el impacto ambiental producido por la explotación de materia



Tabla 44\_

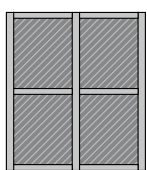
**Título:** Tabla de resumen de resultados

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en dos categorías, Energía Incorporada  $\text{—kWh/m}^2\text{—}$  y emisiones de  $\text{CO}^2\text{—kgCO}_2/\text{m}^2\text{—}$

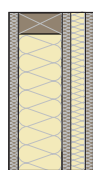
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Ambiental // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Energía Incorporada kWh/m <sup>2</sup>
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66
A.2- Mejora	Hormigón Celular	2,205.62
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	720.92
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	670.38
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	672.76
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1328.66
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	2,205.62
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850.49
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853.24
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850.49
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853.24

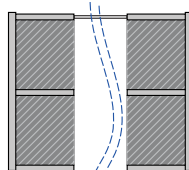
Tabla 44\_



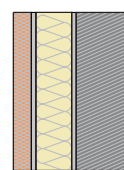
A.2



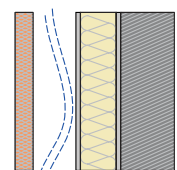
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 105\_

prima, la producción de materiales de construcción y el transporte de dichos materiales, teniendo en cuenta todo el impacto que se genera desde la cuna a la puerta —cradle to gate—. (BRE, 2008) (Anexo 01).

De esta manera, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2 / B.2.1.2:** En el caso de estas dos tipologías se compara la utilización de Hormigón Celular en vez de Arcilla Térmica. En la etapa de producción de materiales podemos ver que el Impacto Ambiental es mayor en la opción con Hormigón Celular, ya que el hormigón tiene casi el doble de energía incorporada que la Arcilla Térmica.

No hay que olvidar que hay que analizar todas las etapas del ciclo de vida y todas las categorías de impacto para entender el nivel de sostenibilidad real del elemento arquitectónico.

- **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** En el caso de estas tres tipologías se compara la utilización de Lana Mineral o Fibra de Madera como material aislante térmico en vez de utilizar el EPS. Se puede notar que, en esta etapa del ciclo de vida, las opciones

de tipologías que tienen menor Impacto Ambiental son las opciones que tiene Lana Mineral. La Lana Mineral tiene menor energía incorporada que el EPS y la Fibra de Madera. Uno pensaría naturalmente que la Fibra de Madera debería tener menor energía incorporada porque la materia prima es la madera, que es un material renovable y reciclable, pero el aglomerante de la fibra de madera es un plástico que es de origen pétreo, por lo tanto, en términos de energía incorporada, esto afecta negativamente al material, en términos de la energía incorporada.

Luego de analizar la energía incorporada y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas durante la etapa de producción de materiales, se logró identificar una tendencia clara que se puede aplicar a otras investigaciones.

- Después del estudio todos los resultados comparativos podemos concluir que la utilización de materiales de origen natural es importante si se quiere reducir el impacto ambiental durante la etapa de producción de materiales. Pero no se puede asumir que el material tiene menos impacto solamente porque la mayoría de la materia prima es de origen natural, porque deberíamos analizar la energía incorporada al material, ya que en ella no sólo contribuye la extracción de la materia prima, sino también el proceso de producción del

Gráfica 13\_

**Título:** Gráfica de resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–

**Descripción:** En estas gráficas se resumen de manera gráfica el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Esta grafica se estudia el impacto en una categoría, Energía Incorporada –kWh/m<sup>2</sup>–

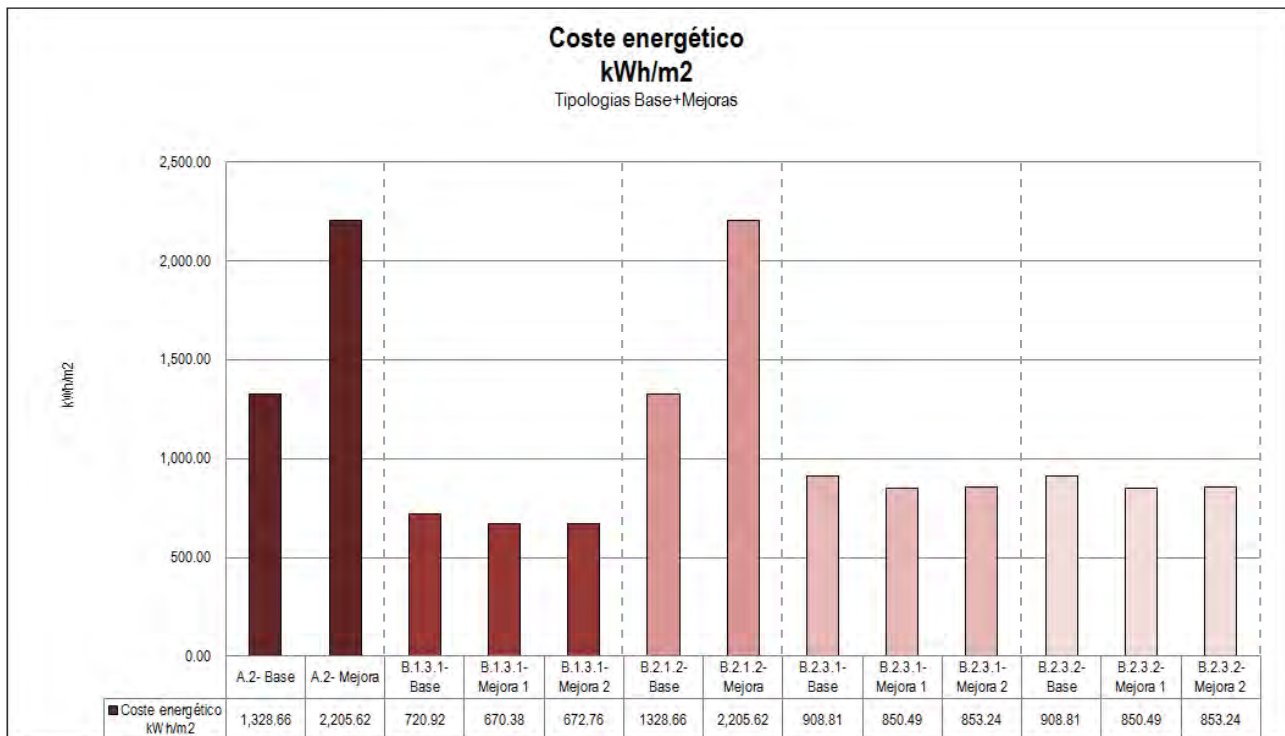
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 106\_

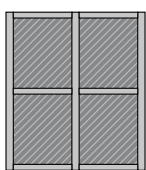
**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

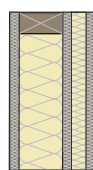
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



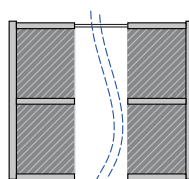
Gráfica 13\_



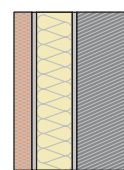
A.2



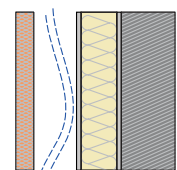
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 106\_

producto final y los otros materiales que intervienen en la producción.

- Estos resultados se pueden notar en la Tabla 44 y la Gráfica 13 donde se ve en claridad la diferencia entre ambas alternativas, y a su vez se puede verificar la gran diferencia que hay entre las tipologías con materiales más pesados —A.2 y B.2.1.2— y la tipología con materiales más ligeros —B.1.3.1—. Aquí se puede identificar que por ejemplo la tipología A.2- Mejorada genera tres veces más impacto que el sistema B.1.3.1; y en esta diferencia se puede identificar la importancia de la selección de un material y sistema constructivo que tenga menos energía incorporada.

Hay que tomar en cuenta que debemos tener el ACV completo para poder juzgar con claridad cuál tipología es más sustentable. Aunque una tipología tenga menor impacto en esta etapa del ciclo de vida, sólo representa en promedio un tercio del total del impacto ambiental producido durante todo el ciclo de vida. Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 44, y en la Gráfica 13.

## **b. Etapa de Uso –Consumo de Energía–**

La etapa de uso es la que se estudia la energía consumida durante la vida útil del edificio,

tomando como referencia una vida útil promedio de 50 años (Apéndice 4). Para el cálculo del impacto ambiental en la etapa de uso del edificio, se construyó un modelo de simulación llamado Modelo Box, el cual se basa, en un estudio espacial y técnico del edificio de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Los datos técnicos de este proyecto se explicarán en el Apéndice 4 y la metodología para la construcción de este modelo se explica en detalle en el Capítulo 01.

Este Modelo Box es una porción representativa del edificio que contiene los capítulos constructivos necesarios para analizar el muro exterior como elemento arquitectónico y su contribución para la sostenibilidad del edificio. Para aplicar esta metodología a futuras investigaciones, el Modelo Box tiene que representar la porción del edificio que se quiere estudiar, o si se quiere analizar un edificio completo, el modelo debe representar todos los capítulos constructivos que incluye el caso de estudio.

Luego de tener el Modelo Box construido, se aísla el capítulo de la fachada y se cambian datos de envolvente, adaptándose a las tipologías constructivas seleccionadas para el análisis. El programa de simulación genera datos que reflejan el consumo energético durante un año de uso del edificio, y de esta manera se obtienen resultados

Tabla 45\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados -Etapa de Uso, Impacto Ambiental-  
**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos son productos de una simulación energética y reflejan el consumo de energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante un año de uso. Este impacto se estudia en dos categorías, Consumo de Energía –kWh/m<sup>2</sup>–  
**Fuente:** Imagen creada por el autor de documento

Figura 107\_

**Título:** Tipologías seleccionados  
**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas  
**Fuente:** Imagen creada por el autor de documento

ACV-Ambiental // Etapa de Uso							
Tipología	Descripción	Consumo ratio por m <sup>2</sup>		Datos Anuales TOTAL kWh/m <sup>2</sup> /año	Consumo ratio por m <sup>2</sup> por 50 años		Datos TOTAL kWh/m <sup>2</sup> /vida útil
		Consumo de Refrigeracion kWh/m <sup>2</sup> /año	Consumo de Calefraccion kWh/m <sup>2</sup> /año		Consumo de Refrigeracion kWh/m <sup>2</sup> /vida útil	Consumo de Calefraccion kWh/m <sup>2</sup> /vida útil	
A.2-Base	Termo Arcilla	70.63	105.95	176.58	3531.57	5297.33	8828.90
A.2-Mejora	Hormigón Celular	70.16	105.25	175.41	3508.20	5262.27	8770.47
B.1.3.1-Base	Madera Contrachapada + EPS	106.01	48.29	154.30	5300.43	2414.47	7714.90
B.1.3.1-Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	105.63	48.13	153.76	5281.60	2406.40	7688.00
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	105.45	48.05	153.49	5272.30	2402.43	7674.73
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	70.26	105.39	175.64	3512.90	5269.33	8782.23
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	70.01	105.01	175.01	3500.27	5250.40	8750.67
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	89.45	64.08	153.52	4472.40	3203.80	7676.20
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	89.04	63.81	152.85	4452.20	3190.37	7642.57
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	88.07	63.16	151.24	4403.73	3158.07	7561.80
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	85.05	54.48	139.52	4252.40	2723.80	6976.20
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	84.65	54.21	138.86	4232.33	2710.47	6942.80
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	83.86	53.69	137.55	4193.10	2684.27	6877.37

Tabla 45\_

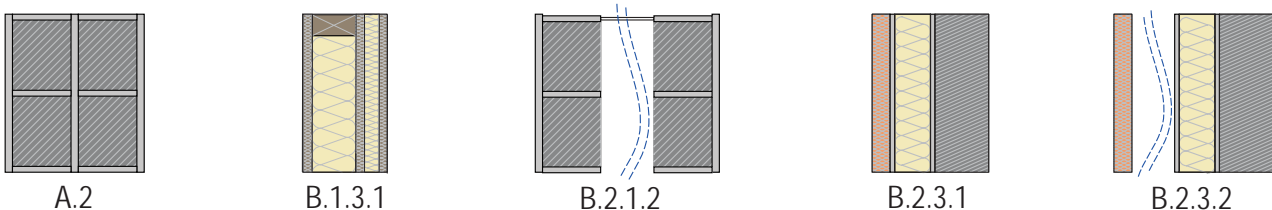


Figura 107\_

comparativos para cada una de los cinco sistemas constructivos a estudiar.

Siguiendo esta metodologías, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2 / B.2.1.2:** En el caso de estas dos tipologías se compara la utilización de Hormigón Celular en vez de Arcilla Térmica. La comparativa nace de la búsqueda de otros materiales con inercia térmica, que además puedan cumplir con los valores de transmitancia térmica que recomienda el CTE (CTE DBHE, 2016).

En la etapa de uso podemos ver que la envolvente con Hormigón Celular tiene mejor rendimiento que la envolvente que está compuesta con arcilla térmica, como se puede identificar en la Tabla 45 y las Gráficas 14 y 15. Esto se debe a que el hormigón celular es más denso, la densidad del material contribuye con las propiedades inertes del mismo. Por lo cual reduce en mayor nivel la energía consumida durante los meses de verano.

- **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** En el caso de estas tres tipologías se compara la utilización de Lana

Mineral o Fibra de Madera como material aislante térmico en vez de utilizar el EPS. La comparativa nace de la inquietud de ver si materiales de origen mineral o natural pueden ser más sustentables tomando en consideración todas las categorías de impacto.

Se puede notar que, en esta etapa del ciclo de vida, las opciones de tipologías que tienen menor Impacto Ambiental son las opciones que incluyen la fibra de madera, como se puede identificar en la Tabla 45 y las Gráficas 14 y 15. Esto se debe a que este material tiene mejor coeficiente de conductividad térmica –apéndice 9– o mejor conocido como Lambda, lo cual contribuye a mejorar el rendimiento térmico del edificio. Reduciendo el consumo de energía durante los meses de invierno.

Luego de analizar el consumo de energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas durante la vida útil del edificio, se logra identificar una tendencia que se puede aplicar a otras investigaciones.

- Si se quiere trabajar con Inercia Térmica, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben especificar materiales con alta densidad para mejorar el rendimiento térmico del edificio.

Gráfica 14\_

**Título:** Gráfica de resumen de resultados -Etapa de Uso- Impact Ambiental-

**Descripción:** En estas figuras se resumen de manera gráfica el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en dos categorías, Consumo de Energía —kWh/m2— y emisiones de CO2 —kgCO2/m2—.

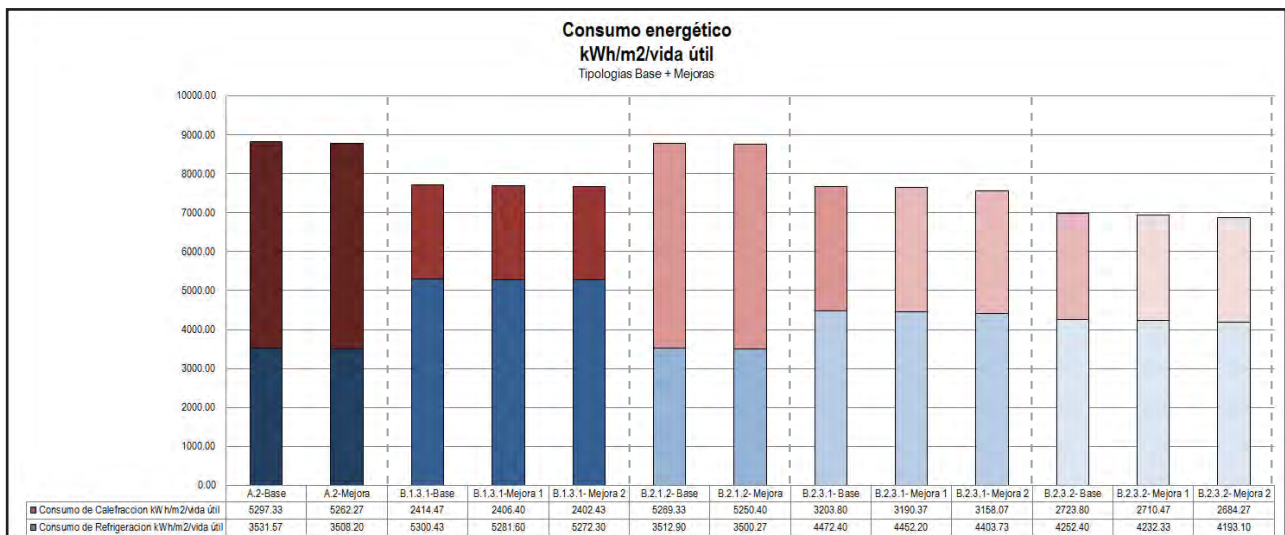
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 108\_

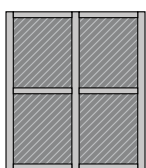
**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

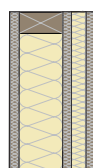
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



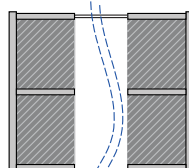
Gráfica 14\_



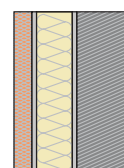
A.2



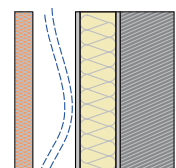
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 108\_

- Si se quiere trabajar con aislamiento térmico, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben especificar materiales con bajo coeficiente de conductividad térmica, para mejorar el rendimiento térmico del edificio.

Ambas tendencias o recomendaciones son bien conocidas en la industria de la construcción, pero en esta investigación se comprueba una vez más. A continuación se procede a analizar las otras categorías de impactos.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 45, y en las Gráficas 14.

Estos datos son productos de una simulación energética y reflejan el consumo de energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante un año de uso. En la primera figura se divide en el consumo entre refrigeración y calefacción; y la segunda figura se pueden ver la totalización de los consumos

### **c. ACV-Ambiental Totalización**

Luego de haber estudiado el impacto en la etapa de producción de materiales y la etapa de uso, se resumen estos impactos ambientales producidos durante el ciclo de vida del edificio, totalizando esta categoría de impacto, sumando los resultados de cada etapa. Para poder obtener datos que

sean de fácil comparación y además puedan ser aplicados a otras investigaciones. La unidad de medida será siempre representativa de un metro cuadrado de construcción —m<sup>2</sup>—. Esto se hace para que los datos sean fáciles de transferir a otras investigaciones y/o puedan ser aplicados a estudios totales de edificios.

En esta investigación la relación entre los datos de la etapa de producción de materiales y etapa de uso no es la normal para un ACV, que sería un poco más de un tercio del total para la producción de materiales, y más de la mitad para la etapa de uso. Esto sucede porque el estudio está basado en una porción representativa —Modelo Box—, esto hace que el impacto de energía incorporada sea menor porque hay muchos capítulos constructivos del edificio que no se están tomando en consideración.

Siguiendo metodología explicada en detalle en el Capítulo 1, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:



Tabla 46\_

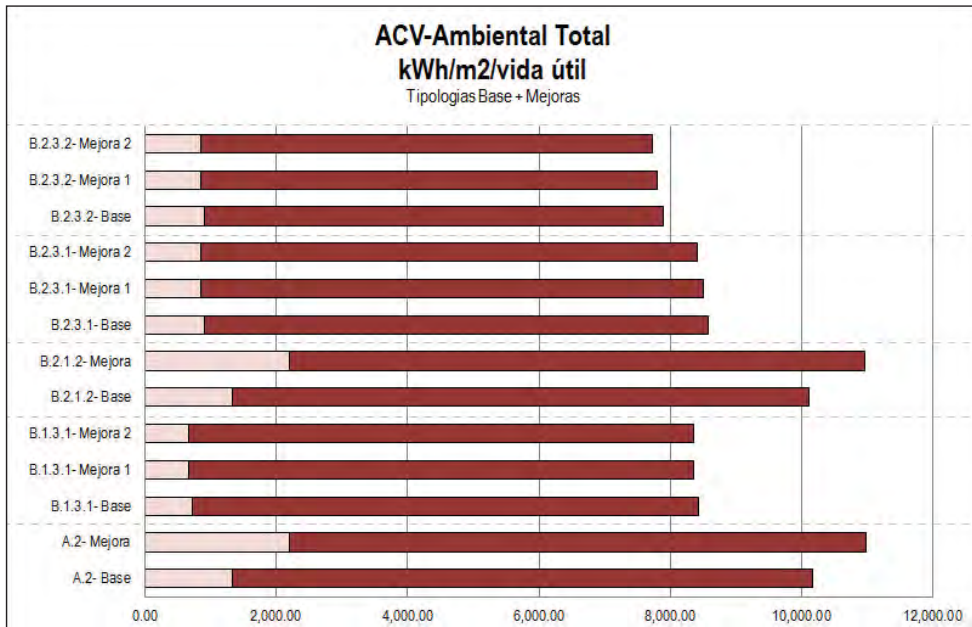
**Título:** Tabla de resumen de resultados - Impacto Ambiental-  
**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Materiales y Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos reflejan en energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante el ciclo de vida del edificio. Este impacto se estudia en dos categorías, Energía —kWh/m<sup>2</sup>—  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 15\_

**Título:** Gráfica de resumen de resultados - Impacto Ambiental-  
**Descripción:** En estas figuras se resumen el total del impacto ambiental producido durante la etapa de Producción de Materiales y Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Estos datos reflejan en energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> durante el ciclo de vida del edificio. Esta grafica se estudia el impacto en una categoría, Consumo de Energía —kWh/m<sup>2</sup>—  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

ACV-Ambiental // Totalización				
Etapas del ciclo de vida		Cant Años de Uso	50	
Tipología	Descripción	Producción de Materiales	Uso	Total ACV-Ambiental kWh/m2
		Energía Incorporada kWh/m2	Consumo de Energía kWh/m2/vida útil	
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66	8,828.90	10,157.56
A.2- Mejora	Hormigón Celular	2,205.62	8,770.47	10,976.09
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	720.92	7,714.90	8,435.82
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	670.38	7,688.00	8,358.38
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	672.76	7,674.73	8,347.49
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,328.66	8,782.23	10,110.89
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	2,205.62	8,750.67	10,956.29
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81	7,676.20	8,585.01
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850.49	7,642.57	8,493.06
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853.24	7,561.80	8,415.04
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81	6,976.20	7,885.01
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850.49	6,942.80	7,793.29
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853.24	6,877.37	7,730.61

Tabla 45\_



Gráfica 15\_

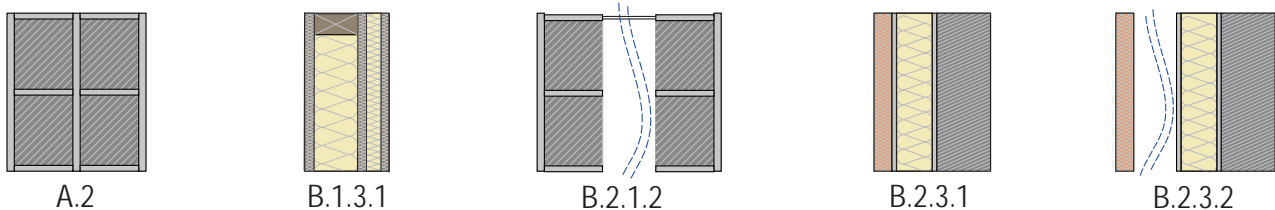


Figura 109\_

- **A.2 / B.2.1.2:** Podemos notar que la opción de tipología que está compuesta por la arcilla térmica tiene menor impacto. La opción de composición con hormigón térmico tiene un balance negativo, ya que, aunque se comporta un poco mejor durante la etapa de uso, el impacto negativo que tiene durante la etapa de producción de materiales es de gran escala, y eso hace que el balance del ciclo de vida en total sea negativo.

- **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** Se puede concluir que las tipologías con menor impacto ambiental durante todo el ciclo de vida son las que están compuestas por fibra de madera como material aislante. Esto es gracias a que en ambas etapas el impacto de las tipologías que tiene este material es reducido. Aunque es la segunda mejor opción en la etapa de producción de materiales, al tener un mejor rendimiento durante la etapa de uso, el impacto total durante todo el ciclo de vida es menor utilizando este material.

Luego de analizar la energía consumida y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas durante todo el ciclo de vida, se logra identificar una tendencia clara que se puede aplicar a otras investigaciones.

- Luego de analizar los impactos producidos durante todo el ciclo de vida, se puede verificar que antes de escoger un material constructivos,

se debería analizar el impacto de las tipologías y las opciones de composición de materiales que se puedan utilizar en un edificio durante todas las etapas del ciclo de vida. Como pudimos ver en la Tabla 46 y la Gráfica 15 con las tipologías A.2 y B.2.1.2, en las que, aunque durante la etapa de uso el rendimiento del muro exterior es un poco mejor, especificando el hormigón térmicos, cuando se analiza el impacto en la etapa de producción de material, esta mejora que percibimos en la etapa de uso queda eliminada por el impacto negativo que tiene este material en la etapa de producción de material. Así ejemplificando por qué se debe de analizar el ciclo de vida completo, al contrario de lo que la industria de la construcción y la normativa tienden a hacer que es enfocarse en la etapa de uso únicamente.

De esta manera se pueden identificar tendencias que nos ayuden a reducir el Impacto Ambiental en los edificios por medio de la mejora del rendimiento del sistema constructivo de Muro Exterior. En la Tabla 46 y la Figura 15 se resumen los datos finales del estudio del ACV-A.

Tabla 47\_

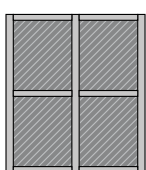
**Título:** Tabla de resumen de resultados - Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico-

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

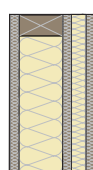
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción
A.2- Base	Termo Arcilla	87.17
A.2- Mejora	Hormigón Celular	82.67
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	103.70
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	103.85
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	104.96
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	88.83
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	84.33
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85.26
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	87.11
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	87.63
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86.93
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	88.78
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	89.30

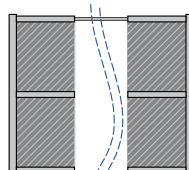
Tabla 47 \_



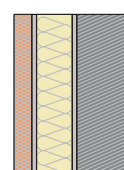
A.2



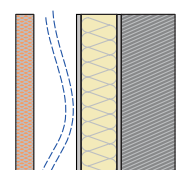
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 110\_

## 2. RESULTADOS COMPARATIVOS DE CCV- ECONÓMICO –TIPOLOGÍAS BASE Y MEJORADAS–

Para medir el impacto económico se va a utilizar una herramienta que se llama Análisis del Coste del Ciclo de Vida Simplificado –CCV–, el cual sigue los mismos principios del ACV, pero enfocado en el estudio del valor económico que tiene cada elemento arquitectónico durante cada etapa del ciclo de vida, siguiendo la metodología explicada en el Capítulo 01 y el estudio expuesto en el Capítulo 04.

Este estudio evalúa el gasto económico que se genera por la producción de materiales, al igual que toma en consideración si existe algún ahorro económico generado gracias a la mejora a nivel de diseño de un elemento arquitectónico, por ejemplo: si el edificio tiene alguna instalación fotovoltaica, este estudio toma en consideración, no sólo el gasto económico que genera la construcción de dicha instalación, sino también el ahorro económico que genera reduciendo el consumo de energía.

### a. Etapa de Producción de Materiales –Coste de producción de materiales y construcción €/m<sup>2</sup>–

Para analizar la Etapa de Producción de Materiales, nos concentramos en calcular el coste de la manufactura y procura de los sistemas constructivos.

Como se explicó en el Capítulo 01, para esta fase se contó con el apoyo de la base de datos del CYPE como principal fuente de análisis y con la base de datos de BEDEC para verificación de los mismos. Ambas bases de datos se explicaron anteriormente, junto con el proceso de selección de las mismas.

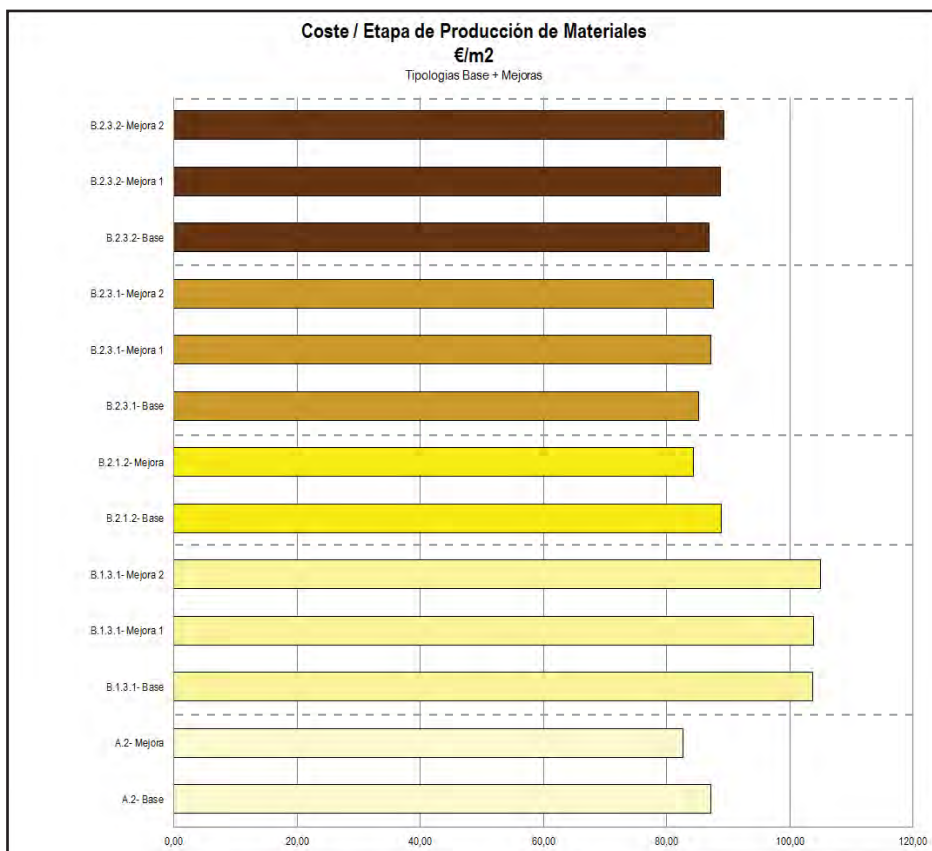
Para generar datos de análisis comparativo con los otros impactos –Ambiental y Social–, se siguió la misma lógica que con el cálculo del Impacto Ambiental, teniendo presente los capítulos constructivos que se toman en consideración para modelar el Box. Tomando como referencia el presupuesto de obra del edificio de referencia de Cerdanyola del Vallès (INCASOL, 2000) (Frutos-Sanmartín, 2006). Asilando los datos de los capítulos constructivos que intervienen en el Modelo Box, aplicando un factor de corrección para factorizar la inflación y los cambios de valores del mercado desde el 2009 al 2016.

Gráfica 16\_

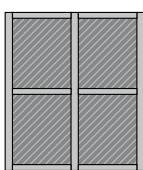
**Título:** Gráfica de resumen de resultados - Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico-

**Descripción:** En esta grafica se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Producción de Material causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

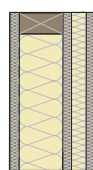
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



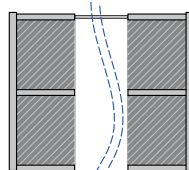
Gráfica 16\_



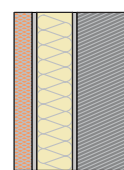
A.2



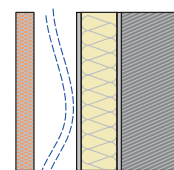
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 111\_

Luego de tener el Modelo Box listo, se aíslan los datos del impacto que genera la fachada, y se calcula el coste de la procura y manufactura de los materiales constructivos generados durante la etapa de producción de los materiales de cada una de las cinco tipologías seleccionadas para esta investigación. Esto generó un impacto económico por cada tipología, lo cual produjo datos comparativos en los que se puede ver con facilidad cual es la tipología que tiene menor y mayor impacto durante esta etapa del ciclo de vida.

De esta manera se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- A.2 / B.2.1.2: Podemos notar que la opción de tipología que está compuesta por hormigón celular tiene un 5% de menor impacto, esto se puede visualizar en la Tabla 46 y en la Grafica 16. El hormigón celular se produce y distribuye por compañías más grandes y mejor conocidas que las que distribuyen la arcilla térmica, esto trae como consecuencia que el valor comercial de la arcilla térmica es aproximadamente 5% mayor que la del hormigón celular, lo cual produce un impacto económico mayor cuando se aplica arcilla térmica que

el hormigón celular en el sistema constructivo.

- B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2: Se puede concluir que las tipologías con menor impacto económico en esta etapa del ciclo de vida es la que está compuesta por material aislante de EPS, teniendo aproximadamente un 2% menos de impacto económico que la Lana Mineral y la Fibra de Madera, como se puede verificar en la Tabla 43 y la Grafica 16. Esto se debe a que el EPS como material aislante térmico se utiliza más en el ámbito de la construcción de España, por lo tanto, el precio del mercado es más accesible que materiales menos tradicionales como la lana mineral y la fibra de madera.

Con esto se puede comprobar que la disminución del impacto Ambiental en la etapa de Producción de Materiales no siempre impacta positivamente en la categoría Económica, esto se debe a que actualmente en el mercado de la construcción los materiales de origen natural son un poco más costosos que los materiales de origen sintético o pétreo, esto se debe a que tradicionalmente se ha trabajado más con materiales de origen sintético, esto hace que dichas empresas tenga mejor oferta de precios en el mercado.

Cabe destacar que esta tendencia ha ido cambiando, gracias a la continua labor de educación

Tabla 48\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados - Etapa de Uso, Impacto Económico-

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Gráfica 17\_

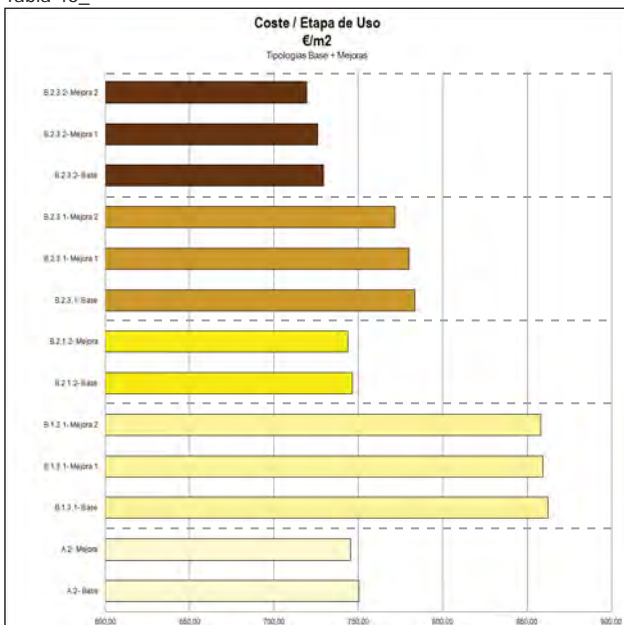
**Título:** Gráfica de resumen de resultados - Etapa de Uso, Impacto Económico-

**Descripción:** En esta grafica se resumen el total del impacto económico producido durante la etapa de Uso causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

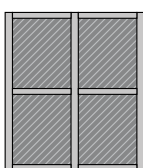
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico // Etapa de Uso		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de Uso €/m <sup>2</sup>
A.2- Base	Termo Arcilla	750.35
A.2- Mejora	Hormigón Celular	745.38
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	862.52
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	859.48
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	857.98
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	746.38
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	743.70
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	783.34
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	779.85
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	771.47
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	729.45
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	725.98
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	719.20

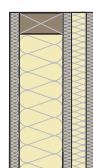
Tabla 48\_



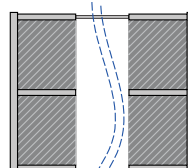
Gráfica 17\_



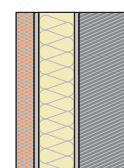
A.2



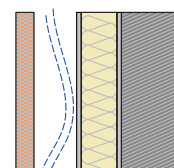
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 112\_

que tiene la industria de la construcción. Esta labor se enfoca en explicar los tipos de impacto Ambiental que existen, y para especificar el impacto que puede tener la selección de materiales de origen natural con baja energía incorporada. Se espera que en un futuro esta diferencia del 2% se reduzca o incluso cambie a beneficiar los materiales de origen natural.

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se pudieron identificar algunas tendencias claras que afectaron negativa o positivamente el Impacto Económico durante esta etapa del ciclo de vida.

- Se pudo notar que el impacto económico tiende a ser menor cuando la empresa que distribuye y produce el material constructivo es más grande en escala y tiene mayor impacto en el mercado de la construcción de España. Esto se debe a que la empresa logra mantener o reducir sus precios teniendo un alto volumen de producción y venta.

## **b. Etapa de Uso –Coste de Consumo de Energía €/m<sup>2</sup>–**

Para la etapa de uso se tomó en consideración el coste que generó el consumo de energía durante la vida útil del edificio. Para esta fase se contó con

el apoyo de los resultados generados por los modelos de simulación energética que se realizaron para el ACV-Ambiental, explicados anteriormente. De esta manera se obtuvieron los datos de consumo de energía generados por refrigeración –electricidad– y por calefacción –gas–.

Luego de tener el Modelo Box base construido, se aisló el capítulo de la fachada y se cambiaron las tipologías constructivas para crear datos comparativos. El programa de simulación generó datos que reflejan el consumo energético durante un año de uso del edificio, diferenciando entre refrigeración y calefacción; estos datos se multiplican por los 50 años de vida útil del edificio, luego se contrarrestan estos datos con el coste de la energía eléctrica y el gas natural.

Siguiendo esta metodología se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2 / B.2.1.2:** En estas tipologías junto con sus alternativas, se puede notar que la opción de composición con el hormigón celular genera una reducción en el consumo de energía principalmente durante los meses de verano, como se explicó



Tabla 49\_

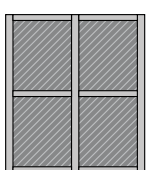
**Título:** Tabla de resumen de resultados -Impacto Económico -

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto económico producido durante todo el ciclo de vida, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

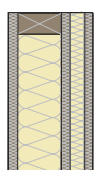
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

CCV-Económico// Totalización				
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m <sup>2</sup>	Coste Etapa de Uso €/m <sup>2</sup>	Coste Total €/m <sup>2</sup>
A.2- Base	Termo Arcilla	87.17	750.35	837.52
A.2- Mejora	Hormigón Celular	82.67	745.38	828.05
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	103.70	862.52	966.22
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	103.85	859.48	963.33
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	104.96	857.98	962.94
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	88.83	746.38	835.21
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	84.33	743.70	828.03
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85.26	783.34	868.60
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	87.11	779.85	866.96
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	87.63	771.47	859.10
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86.93	729.45	816.38
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	88.78	725.98	814.76
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	89.30	719.20	808.50

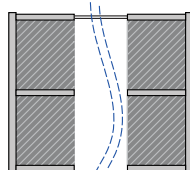
Tabla 49\_



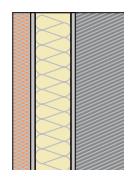
A.2



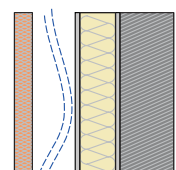
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 113\_

anteriormente en el Capítulo 04, esto se debe a que el hormigón celular es un material más denso que la arcilla térmica, lo cual le permite trabajar de mejor manera con la inercia térmica. Esto a su vez, produce un impacto económico positivo de alrededor a un 0.5%, reduciendo el coste del consumo de energía durante la etapa de uso. Estos datos se pueden ver reflejados en la Tabla 48 y la Gráfica 17.

- **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** Se puede concluir que la tipología que está compuesta por fibra de madera como material aislante tiene menor impacto económico en la etapa de uso, generando un promedio de 1.5% menor coste, como se puede ver reflejado en la Tabla 47 y al Gráfica 18. Esto se debe, como se explicó anteriormente, a que este material tiene un coeficiente de conductividad térmica de este material es menor –Apéndice 7-a–, y por lo tanto reduce el consumo de energía, sobre todo durante los meses de invierno, generando una reducción del impacto económico en la etapa de uso.

Luego de haber estudiado los resultados que arrojan cada tipología de Muro Exterior se puede identificar una tendencia clara que afecta negativa o positivamente el impacto económico durante esta etapa del ciclo de vida.

- Se puede identificar una correlación entre las tendencias del impacto ambiental durante la etapa de uso y el impacto económico en la misma etapa. Esto se debe a que la reducción del consumo de energía produce una reducción en el coste de la misma.

### c. CCV-Económico Totalización

Luego de haber estudiado el impacto Económico en la etapa de Producción de Materiales y la etapa de Uso, se resumen estos impactos para totalizar el ciclo de vida. Para poder obtener datos que sean de fácil comparación y además puedan ser aplicados a otras investigaciones, la unidad de medida será siempre representativa de un metro cuadrado de construcción –m<sup>2</sup>–. Esto se hace para que los datos sean fáciles de transferir a otras investigaciones y/o puedan ser aplicados a estudios totales de edificios.

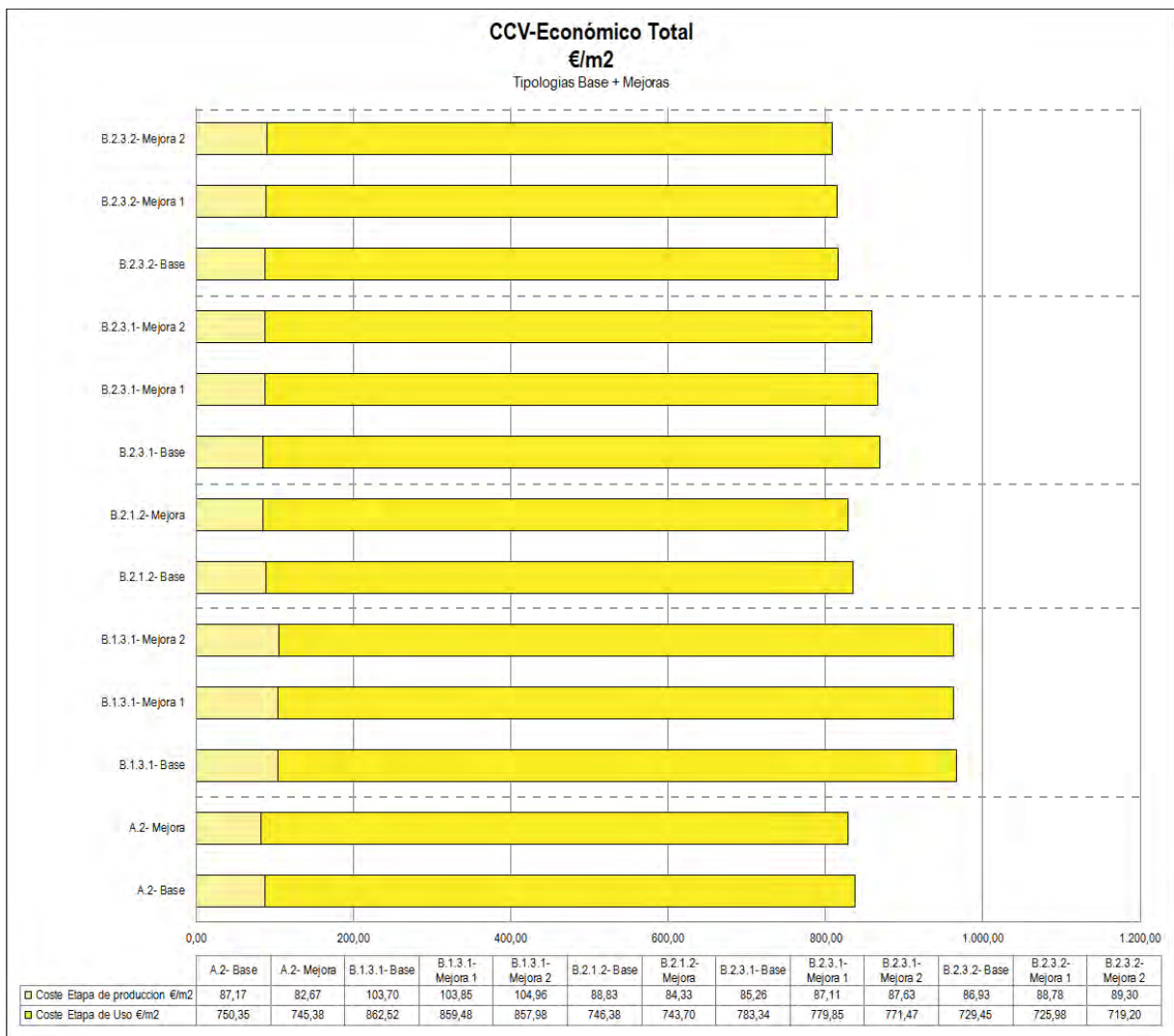
Siguiendo la metodología explicada en detalle en el Capítulo 1, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Gráfica 18\_

Título: Gráfica de resumen de resultados

Descripción: En esta figura se resumen el total del impacto económico producido durante todo el ciclo de vida, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Euros por metros cuadrados —€/m<sup>2</sup>—.

Fuente: Imagen creada por autor de documento



Gráfica 18\_

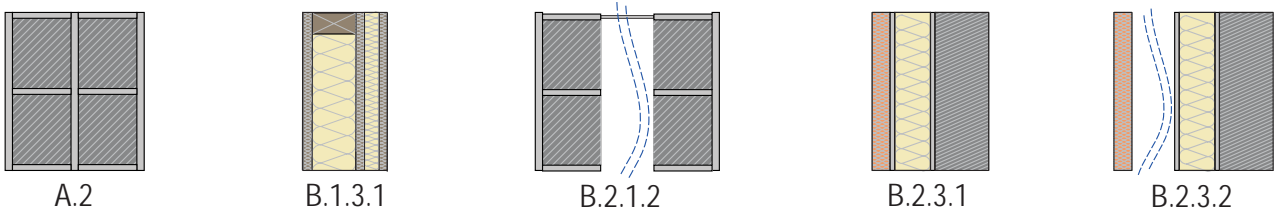


Figura 114\_

• **A.2 / B.2.1.2:** Se puede notar que cuando las tipologías están compuestas por hormigón celular, el impacto económico en todo el ciclo de vida es menor, reduciendo el impacto un 1%, como se puede ver reflejado en la Tabla 49 y la Gráfica 19. Esto se debe a que el hormigón celular es un material de fácil acceso en el mercado de la construcción de España, por lo tanto, su precio es más accesible. También al ser un material con mayor densidad que la arcilla térmica, produce menor consumo de energía durante la etapa de uso en los meses de verano. Esto produce menor impacto económico durante la etapa de uso.

También podemos notar que, la introducción de la cámara de aire al sistema no incrementa impacto cuando la tipología está compuesta por Hormigón Celular. Esto se debe a que la diferencia entre el incremento del impacto en la etapa de producción generado por los materiales que se ven involucrados en la construcción de la cámara de aire, se ve balanceado por el impacto positivo que esta cámara de aire tiene sobre la reducción del consumo de energía eléctrica en la etapa de Uso.

Por lo tanto, la tipología A.2 se comporta de mejor manera, porque no le añade complejidad al sistema, produciendo el mismo nivel de impacto que el sistema constructivo B.2.1.2. Estos datos se pueden identificar con claridad en la Tabla 49 y la Gráfica 18.

• **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** En estas tipologías se puede notar que cuando la composición de la misma contiene fibra de madera como material aislante, reduce el impacto económico durante todo el ciclo de vida en un promedio del 1%, estos datos se pueden verificar en la Tabla 49 y la Gráfica 18. Este material logra reducir el consumo de energía, gracias a que tiene el menor coeficiente de conductividad térmica, por lo tanto frena más el intercambio de energía.

También se puede notar que como la tipología B.1.3.1 es la que tiene mayor impacto económico, generando 1% más de impacto durante todo el ciclo de vida, como se expresa en la Tabla 49 y Gráfica 18. Esto se debe a que esta tipología tiene un consumo elevado de energía eléctrica en la etapa de Uso, y además el coste de la producción de los materiales es más elevada al ser un sistema constructivo no tradicional en el ámbito de la construcción de España.

De esta manera se pueden identificar tendencias que nos ayuden a reducir el Impacto Económico en los edificios por medio de la mejora del rendimiento del sistema constructivo de Muro Exterior. En la Tabla 49 y la Gráfica 18 se resumen los datos finales del estudio del CCV.

Tabla 50\_

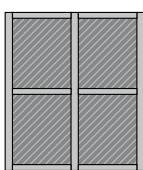
**Título:** Tabla resumen de resultados - Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social -  
**Descripción:** En esta figura se resumen el análisis realizado para estudiar el impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Figura 115

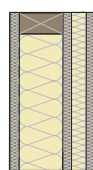
**Título:** Tipologías seleccionados  
**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Stakeholders	Categorías de impacto	Empresa: Tabicesa Material: Termo Arcilla	Empresa: CEMEX Material: Hormigon Celular	Empresa: Garnica Material: Madera contrachapado	Empresa: BASF Material: Aislamiento EPS	Empresa: Rockwool Material: Aislamiento de lana mineral	Empresa: Gutex Material: Aislamiento de fibra de madera	Empresa: Malpesa Material: Bloque prefabricado de arcilla	Empresa: Valderrivas Material: Bloques prefabricado de hormigon
Empleados	Seguridad Laboral	-	X	-	-	X	-	X	X
	Libertad sindical y negociacion colectiva	-	X	-	-	X	-	-	-
	Evacion de trabajo infantil	-	X	X	X	X	X	X	X
	Salario justo	X	X	X	X	-	-	-	X
	Igualdad de oportunidades	-	-	-	X	-	-	-	-
	Beneficios laborales	-	X	-	X	X	X	X	X
	Respeto de derechos humanos	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ofertas de trabajo	-	X	X	X	X	-	-	-
	Compromiso de formacion	-	X	X	-	-	-	-	-
Declaracion de mision con los empleados	-	X	X	-	-	-	-	X	
Comunidad Local	Declaracion de mision con la comunidad	-	X	X	X	X	X	-	X
	Codigo etico	-	X	X	-	-	-	-	X
Consumidor	Certificado de calidad	-	X	-	X	X	X	X	X
	I+D Investigacion	-	-	X	X	-	-	-	-
Medioambiente	Certificado Medioambiental	-	X	X	X	X	X	X	X
	Compromiso Ambiental	-	X	X	-	X	X	X	X
Sociedad	Fundacion/ Charities	-	X	-	X	X	-	-	X
	RSC Responsabilidad Social Cooperativa	-	X	X	X	-	-	-	X
Raiting		02 / 18	16 / 18	12 / 18	12 / 18	11 / 18	07 / 18	07 / 18	13 / 18
Raiting		5	1	2	2	3	4	4	2

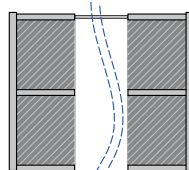
Tabla 50\_



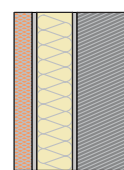
A.2



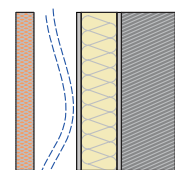
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 115\_

**Título:** Tabla de sistema de evaluación del RSC

**Descripción:** Sistema de puntuación para ponderar el Impacto Social, Luego de tener la puntuación total de cada empresa se corrobora su nivel de impacto siguiendo los datos de esta tabla, teniendo como 1 menor y 5 mayor impacto.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Raiting	
0 - 3	5
4 - 7	4
8 - 11	3
12 - 15	2
16 - 18	1

### 3. RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACV- SOCIAL –TIPOLOGÍAS BASE Y MEJORADAS –

El impacto social es el más difícil de medir, y actualmente no existe bases de datos del sector de la construcción con indicadores de tipo social, verificadas en las cuales basar el estudio. Tampoco existen investigaciones científicas verificables que podamos tomar como referencia. Por lo tanto, lo que se propone en esta investigación es basarnos en la metodología que se explica en el documento de las Naciones Unidas (UNPE, 2011), aplicando dicha metodología de estudio a el ámbito de la construcción.

Se propone estudiar para la etapa de producción de material, la Responsabilidad Social Corporativa –RSC– de las compañías manufactureras de los materiales de construcción que intervienen en cada tipología de muro exterior; y para la fase de uso del ciclo de vida, se calcularon los niveles de confort del ambiente interior –temperatura interior– del edificio que cada muro exterior genera, tomando como referencia los perfiles de uso descritos en el CTE (CTE DBHE, 2016).

#### a. Etapa de Producción de Materiales –RSC–

Para calcular el impacto social en la etapa de producción de material, se seguirá la metodología descrita en el Capítulo 01 de este documento. Por lo tanto, se siguen los mismo pasos que se estudiaron en el Capítulo 04 con la evaluación de las tipologías base, añadiendo más información sobre las posibles mejoras de los sistemas constructivos. En la Tabla 50, 51 y 52 se expone la lista de empresas junto cruzada con la lista de materiales que se analizaron en esta fase de la investigación.

Luego de haber seleccionado las empresas se analizaron las informaciones públicas que cada una tenía, buscando evidencia de los impactos positivos, a continuación, se darán un listado de ejemplos que representan evidencias conseguidas para poder asignarle un punto de impacto positivo –una equis X– a cada empresa en la Tabla 49, como se explicó en profundidad en el Capítulo 1 y 4. A continuación se describirá el análisis y las conclusiones a las que se llegaron cuando se añadieron al estudio otras empresas diferentes a las de las composiciones de tipologías bases, ya que al añadir más materiales, y buscar comparativas entre ellos se pueden ver diferentes resultados:

- **Seguridad Laboral:** Las empresas a las que se le asignaron puntos positivos son CEMEX, Rockwool, y Malpesa. Porque son las que se consiguió evidencia directa de que están regularizando y monitorizando la seguridad laboral en todas sus industrias y en todo el proceso de manufactura del material constructivo.

- **Libertad sindical y negociación colectiva:** Las empresas a las que se le asignaron puntos positivos son CEMEX y Rockwool porque son las únicas de las que se consiguió información pública sobre sus sindicatos.

- **Evasión de trabajo infantil:** La única empresa de la cual no se pudo conseguir información pública al respecto es Tabicesa. Esta empresa es de menor escala que las otras, la escala de la empresa limita un poco la información que tienen publicada. Por lo tanto, no quiere decir directamente que esta empresa trabaja con trabajo infantil, pero tampoco se le puede asignar un punto positivo si no se consigue evidencia certificable.

- **Salario justo:** En este caso para Tabicesa, CEMEX, Garnica y BASF, se consiguió declaraciones públicas donde especifican el proceso de evaluación de los salarios.

- **Igualdad de oportunidades:** La única empresa que logro tener un punto positivo en esta categoría es BASF. Esto deja mucho que desear del resto de empresas y es definitivamente un punto a mejorar para todas.

- **Beneficios laborales:** Las únicas empresas que no pudieron calificar son Tabicesa y Garnica, porque los beneficios son limitados, y no se consiguió evidencia de que los empleados forman parte del proceso de negociación.

- **Respecto a los derechos humanos:** En este caso, todas las empresas tienen declaraciones, y evidencia que verifican el cumplimiento de los derechos humanos en el proceso de fabricación de sus productos.

- **Ofertas de trabajo:** En este caso la mitad de las empresas no tenían ofertas de trabajo para el momento en que se realizó el estudio.

- **Compromiso de formación:** Este punto solo se le asignó a CEMEX y a Garnica, ya que se consiguió evidencia especificada anteriormente.

- **Declaración de misión con los empleados:** En este caso, CEMEX, Garnica y Valderrivas fueron las empresas de las que se consiguieron declaraciones formales publicadas en sus páginas webs.

Material	Empresa
Termo Arcilla	Tabicesa
Hormigon Celular	CEMEX
Madera contrachapado	Garnica
Aislamiento EPS	BASF
Bloque prefabricado de arcilla	Malpesa
Bloques prefabricado de	Valderrivas

Tabla 52\_

**Título:** Tabla de listado de empresas vs materiales estudiados  
**Descripción:** El listado de empresas de manufactura de materiales constructivos que fueron analizadas para esta etapa de la investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

- **Declaración de misión con la comunidad:** Se pudo conseguir evidencia pública para justificar el impacto positivo en la mitad de las empresas estudiadas como se refleja en la Tabla 49.

- **Código ético:** Se logró conseguir esta información en pocas compañías.

- **Certificado de calidad:** La mayoría de las empresas tienen algún tipo de certificado de calidad, pero se pudo identificar que mientras más grande en escala sea la empresa se consigue mayor información con respecto a la calidad de sus productos.

- **I+D Investigación:** Sobre esta información se consiguió poca documentación, por lo cual solo dos empresas lograron tener la puntuación positiva.

- **Certificado Ambiental:** La mayoría de las empresas tiene algún tipo de certificado que evalúa su nivel de sostenibilidad, enfocado en el impacto ambiental. También se pudo identificar que es más difícil conseguir esta información cuando las empresas son más pequeñas.

- **Compromiso Ambiental:** La mayoría de las empresas que tienen algún tipo de certificado ambiental, tiene publicada un misión hacia el medio

ambiente.

- **Fundaciones o Charities:** Pocas empresas están relacionadas directamente con fundaciones, si se puede identificar que las empresas más grandes son las que tiene mayor contacto con fundaciones, e incluso en algunos casos su misma fundación.

- **RSC:** En esta categoría de impacto se puede ver que la mitad de las empresas tiene algún tipo de documentación que hable al respecto. Encontrándose con más facilidad y mayor claridad en las empresas transnacionales.

Luego se analizaron los indicadores de impacto de cada agente involucrado, se coloca un equis —X— en la Tabla 50 cada vez que se consigue evidencia de impactos sociales positivos para cada indicador, tomando en consideración que todos los indicadores tienen la misma importancia, siguiendo los parámetros explicados en la metodología del documento de la UN mencionado anteriormente (UNPE, 2011). Luego se pondero los resultado, aplicando el sistema de evaluación de la Tabla 50.

De esta manera se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia



Tabla 53\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados -Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social-

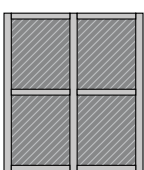
**Descripción:** En esta figura se resumen el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

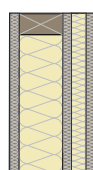
ACV-Social // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Rating
A.2- Base	Termo Arcilla	5
A.2- Mejora	Hormigón Celular	1
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	3
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	3
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	5
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	1
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo + EPS	3
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo + Lana Mineral	3
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo + Fibra de Madera	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo + EPS + Camara ventilada	3
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo + Lana Mineral + Camara ventilada	3
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo + Fibra de vidrio + Camara ventilada	3

ACV-Social // Etapa de Producción de Materiales			
Tipología	Descripción	Rating por materiales	Rating promedio
A.2- Base	Termo Arcilla	5	5
A.2- Mejora	Hormigón Celular	1	1
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada	2	2
B.1.3.1- Base	EPS	2	
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada	2	3
B.1.3.1- Mejora 2	Lana Mineral	3	
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada	2	3
B.1.3.1- Mejora 3	Fibra de Madera	4	
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	5	
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	1	1
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.1- Base	EPS	2	
B.2.3.1- Base	Bloque de Hormigón	2	
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.1- Mejora 2	Lana Mineral	3	
B.2.3.1- Mejora 3	Bloque de Hormigón	2	
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.1- Mejora 3	Fibra de Madera	4	
B.2.3.1- Mejora 4	Bloque de Hormigón	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Base	EPS	2	3
B.2.3.2- Base	Bloque de Hormigón	2	
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo	4	3
B.2.3.2- Mejora 2	Lana Mineral	3	
B.2.3.2- Mejora 3	Bloque de Hormigón	2	
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Mejora 3	Fibra de Madera	4	3
B.2.3.2- Mejora 4	Bloque de Hormigón	2	

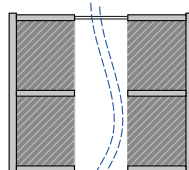
Tabla 53\_



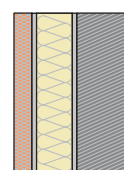
A.2



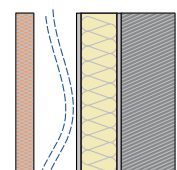
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 116\_

térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2 / B.2.1.2:** Luego de analizar la información pública de cada industria podemos comparar la compañía que produce la arcilla térmica y el hormigón celular, y se puede concluir que el hormigón celular tiene menor impacto que la termo arcilla, siendo de las compañías que se analizaron para esta investigación la que tiene menor impacto. Esto sucede porque esta empresa es la más grande en escala, siendo una empresa internacional que no sólo se regula por la normativa local, sino también por normativas internacionales, lo cual hace que mida mejor su impacto en todas sus categorías.

- **B.1.3.1:** Para la tipología B.1.3.1, la comisión con EPS y lana mineral son las que tiene menor impacto. Estas empresas también son industrias de gran escala que tratan de medir bien sus impactos. Por lo tanto, si se quiere reducir el impacto social en la etapa de producción de materiales, podemos especificar estos materiales.

- **B.2.3.1/B.2.3.2:** Estas tipologías, todas las opciones de composición, arrojan el mismo resultado, haciendo que no haya mayor diferencia entre escoger una u otra.

La diferencia entre la tipología B.1.3.1, B.2.3.1 y B.2.3.2, es que las últimas dos tienen más materiales diferentes en su composición, y uno de estos materiales está producido por la empresa Valderrivas, que está de segunda mejor en esta categoría de impacto, por lo tanto, es una de las que tiene mejor nivel de RSC. Hay que recordar que el impacto total de la etapa se calcula totalizando cada empresa y ponderando el nivel de RSC de cada compañía que interviene en la composición del sistema constructivo, por lo tanto, si una tipología está compuesta por un material con un impacto negativo y otro material por un impacto positivo esto se termina balanceando al final cuando se totaliza la etapa.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 53, y en la Gráfica 19.

## **b. Etapa de Uso –Confort–**

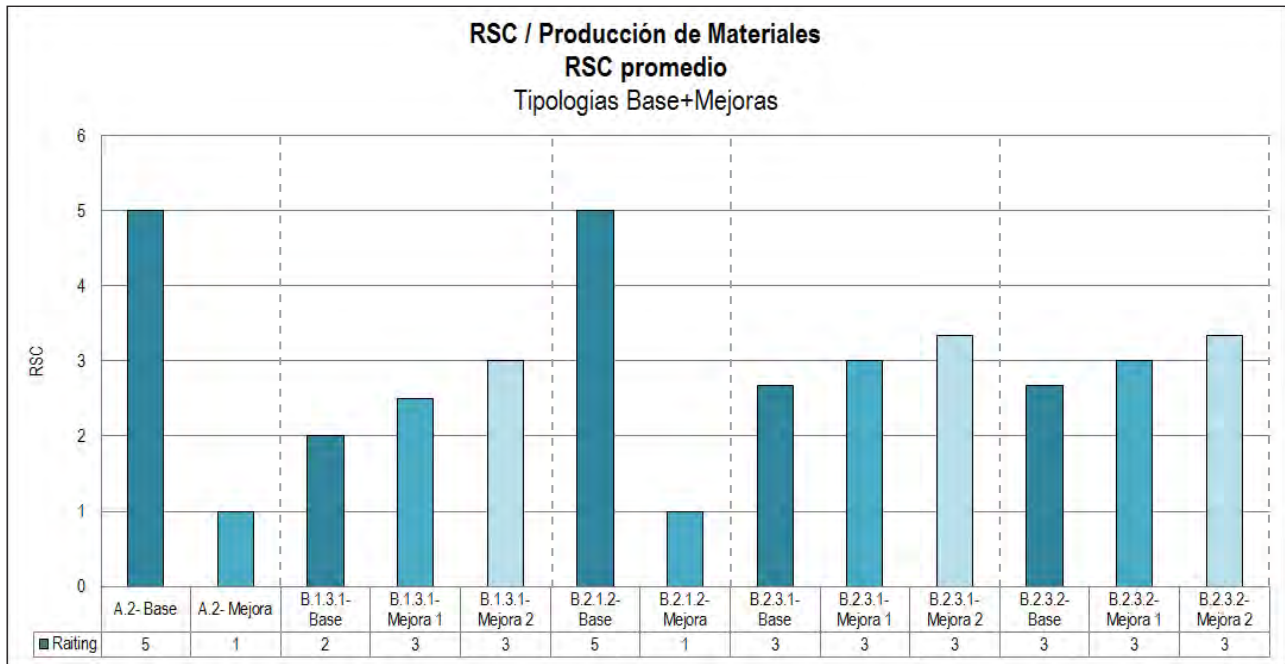
Para la fase de uso del ciclo de vida, se decidió calcular el confort térmico —temperatura interior— que genera cada tipología de muro exterior. Siendo esta categoría de impacto la que está relacionada directamente con la envolvente térmica de un edificio. Se utiliza el mismo Modelo Box y programa de simulación que se utilizó para el Impacto Ambiental y Económico, siguiendo los

Gráfica 19\_

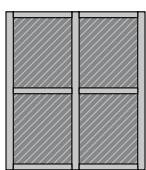
**Título:** Gráfica de resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–

**Descripción:** En esta figura se resumen de una manera gráfica el total del impacto social producido durante la etapa de Producción de Material, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en una categoría, Responsabilidad Social Corporativa –RSC–.

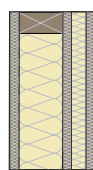
Fuente: Imagen creada por autor de documento



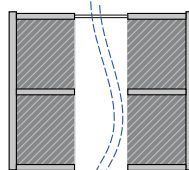
Gráfica 19\_



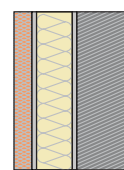
A.2



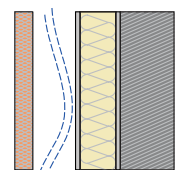
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 117\_

mismos parámetros del modelado, como se explicó en el Capítulo 01 de este documento.

Siguiendo esta metodologías, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2 / B.2.1.2:** Como se explicó en el apartado anterior sobre el impacto ambiental en la etapa de uso, se puede ver que las tipologías tienen menor impacto cuando están compuestas por hormigón celular, reduciendo su impacto aproximadamente un 4%, lo cual se puede identificar en la Tabla 54 y la Gráfica 20. Esto sucede, gracias a que es un material más denso que permite reducir los niveles de discomfort por medio de la inercia térmica del material.

- **B.1.3.1/B.2.3.1/B.2.3.2:** Continuando con la explicación sobre el impacto ambiental en la etapa de uso, las tipologías tienen menor impacto social cuando están compuestas por fibra de madera, generando un promedio de un 2% menos de horas de discomfort, lo cual se puede ver reflejado en la Tabla 54 y la Gráfica 20. Esto sucede gracias a que este material reduce el nivel de discomfort durante la etapa de uso, ya que, al tener el

coeficiente de conductividad térmica menor, proporciona mayor confort al usuario del espacio interior.

Luego de haber estudiado los resultados que arroja cada tipología de Muro Exterior se pudieron identificar algunas tendencias claras que afectan negativa o positivamente el impacto social durante esta etapa del ciclo de vida.

- Podemos identificar una correlación entre los resultados del consumo energético y los resultados de las horas de discomfort. Logramos ver que las tipologías de envolvente que generan menos consumo energético también generan menos horas de discomfort.

Los resultados de esta parte de la investigación se resumen en la Tabla 53 y en las Gráficas 20.

### c. ACV- Social Totalización

El impacto social es el más difícil de medir, ya que toma en consideración una serie de variables que pueden ser intangibles, y a su vez no se cuentan como metodologías, herramientas o bases de datos aplicables al ámbito de la construcción. Por lo tanto, en esta investigación nos concentraremos en la Responsabilidad Social Corporativa de las empresas manufactureras y en los niveles de

Tabla 54\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados - Etapa de Uso, Impacto Social -

**Descripción:** En esta tabla se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort  
Fuente: Imagen creada por autor de documento

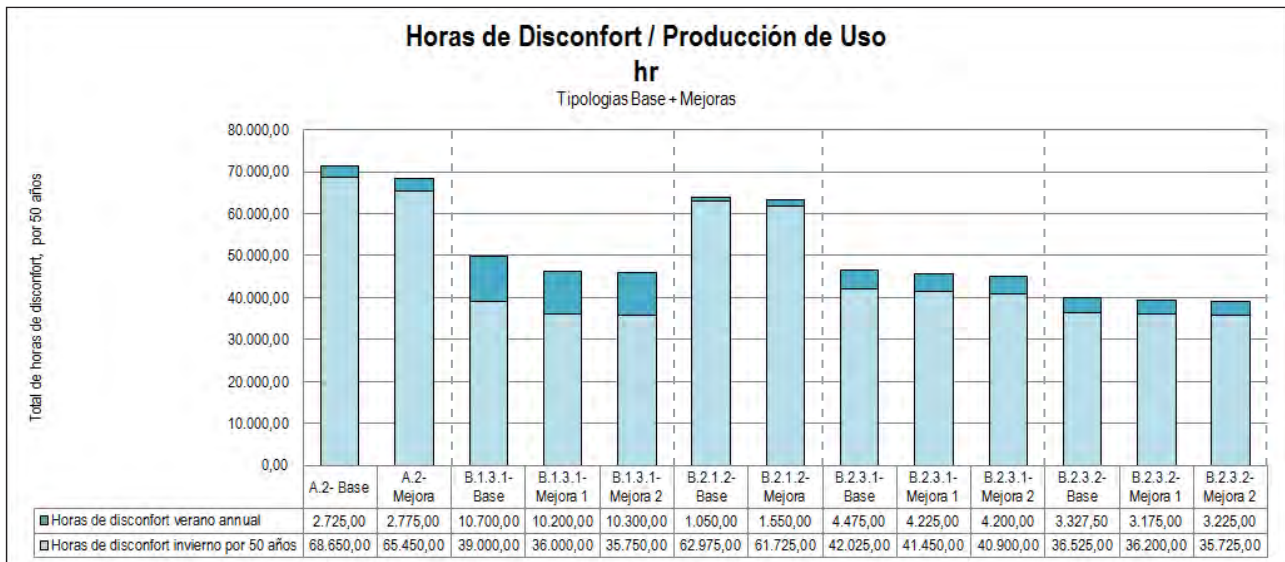
Gráfica 20\_

**Título:** Gráfica de resumen de resultados - Etapa de Uso, Impacto Social -

**Descripción:** En esta figura se resumen el total del impacto Social producido durante la etapa de Uso, causado por las tipologías de Muro Exterior que se seleccionaron para esta investigación. Este impacto se estudia en la unidad de medida de horas de discomfort  
Fuente: Imagen creada por autor de documento

ACV-Social // Etapa de Uso						
Tipología	Descripción	Horas de discomfort invierno anual	Horas de discomfort verano anual	Horas de discomfort invierno por 50 años	Horas de discomfort verano por 50 años	Total de horas de discomfort, por 50 años
A.2- Base	Termo Arcilla	1,373.00	54.50	68,650.00	2,725.00	71,375.00
A.2- Mejora	Hormigón Celular	1,309.00	55.50	65,450.00	2,775.00	68,225.00
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	780.00	214.00	39,000.00	10,700.00	49,700.00
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	720.00	204.00	36,000.00	10,200.00	46,200.00
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	715.00	206.00	35,750.00	10,300.00	46,050.00
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,259.50	21.00	62,975.00	1,050.00	64,025.00
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	1,234.50	31.00	61,725.00	1,550.00	63,275.00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	840.50	89.50	42,025.00	4,475.00	46,500.00
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	829.00	84.50	41,450.00	4,225.00	45,675.00
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	818.00	84.00	40,900.00	4,200.00	45,100.00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	730.50	66.55	36,525.00	3,327.50	39,852.50
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	724.00	63.50	36,200.00	3,175.00	39,375.00
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	714.50	64.50	35,725.00	3,225.00	38,950.00

Tabla 54\_



Gráfica 20\_

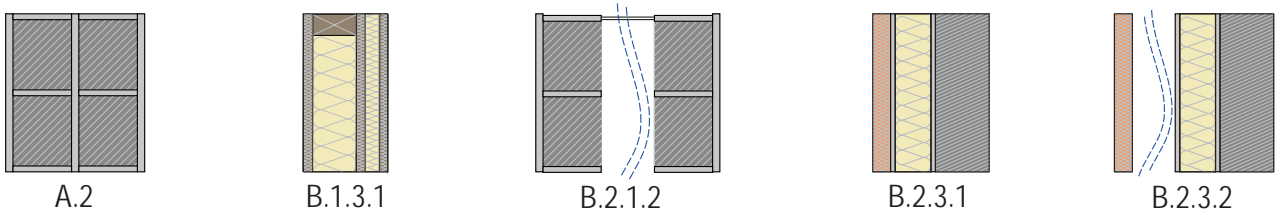


Figura 118\_

confort térmico —temperatura interior— que pueden generar las diferentes tipologías de muro exterior sobre el usuario del edificio.

El análisis del impacto social es muy diferente al del impacto ambiental y económico; esto se debe a que los impactos que cada una produce están estudiados en diferentes unidades de medida, por lo tanto, los resultados no se pueden acumular ni se pueden sumar. Esto representa que no se puede dar un resultado total de este impacto, al menos que se genere una unidad de medida o de puntuación que logre identificar los niveles de impacto de cada etapa.

El Impacto Social no se puede totalizar, ya que los valores generados para ambas etapas están en diferentes unidades de medida. Pero se pueden identificar por separado, cual tipología tiene menor y mayor impacto en cada etapa, y de esta manera verificar cual tiene mejor rendimiento a nivel de impacto social.

En las Gráficas 19 y 20 se pueden identificar las tendencias de cada tipología junto con sus mejoras en cada etapa del ciclo de vida. Por medio de este nuevo sistema de puntuación se evaluará la totalización del impacto Social, estos resultados se explicarán a continuación, en el siguiente apartado.

Pero a su vez se pueden identificar que las tendencias mencionadas en el Capítulo 04 se mantienen en esta comparativa.

#### **4. COMPARATIVA DE LA TOTALIZACIÓN DEL ASCV**

Al finalizar toda la etapa de cálculo de esta investigación se concluye la misma, ponderando todos los totales de cada uno de los impactos en cada una de las etapas estudiadas en esta investigación, siguiendo la metodología explicada en el Capítulo 01 y desarrollada en el Capítulo 04. Dichos totales se ajustan a un sistema de evaluación comparativo, en el que se asignan números del uno al cinco, siendo uno el de menor impacto y cinco el de mayor impacto. Tomando esto en consideración se comparan todos los cálculos generados por cada sistema constructivo que se analizó y el sistema de evaluación le asigna un número menor o mayor, dependiendo del nivel de impacto, a cada tipo de impacto, etapa y sistema constructivo.

Siguiendo el sistema de puntuación se genera la tabla 52, en la que se resumen los resultados de impacto para cada categoría y para cada etapa estudiada. Vale la pena recordar que el sistema de puntuación valora cada categoría de impacto de igual manera, basándose en la definición del

Tabla 55\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados

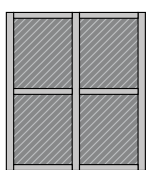
**Descripción:** En la primera tabla se agrupan todos los resultados totales generados por cada una de las tipologías durante las etapas analizadas. En la segunda tabla se agrupan los valores generados siguiendo el sistema de puntuación explicado en el capítulo 1. Por lo tanto, esta tabla resume la totalización del ASCV.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

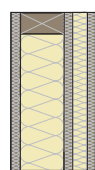
Resumen de Resultados		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripción	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66	8,828.90	87.17	750.35	5	71,375.00
A.2- Mejora	Hormigón Celular	2,205.62	8,770.47	82.67	745.38	1	68,225.00
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	720.92	7,714.90	103.70	862.52	2	49,700.00
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	670.38	7,688.00	103.85	859.48	3	46,200.00
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	672.76	7,674.73	104.96	857.98	3	46,050.00
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,328.66	8,782.23	88.83	746.38	5	64,025.00
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	2,205.62	8,750.67	84.33	743.70	1	63,275.00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81	7,676.20	85.26	783.34	3	46,500.00
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850.49	7,642.57	87.11	779.85	3	45,675.00
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853.24	7,561.80	87.63	771.47	3	45,100.00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81	6,976.20	86.93	729.45	3	39,852.50
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850.49	6,942.80	88.78	725.98	3	39,375.00
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853.24	6,877.37	89.30	719.20	3	38,950.00

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social		TOTAL ASCV
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	
Tipología	Descripción							
A.2- Base	Termo Arcilla	3	5	2	2	5	5	3.7
A.2- Mejora	Hormigón Celular	5	4	1	2	1	4	2.8
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2	3	5	5	2	3	3.3
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	1	3	5	4	3	2	3.0
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	2	3	5	4	3	2	3.2
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	3	4	2	2	5	4	3.3
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	5	4	1	2	1	4	2.8
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	2	3	2	3	3	3	2.7
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	2	3	2	3	3	2	2.5
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	2	3	2	1	3	1	2.0
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2	2.2
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2	2.2
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	2	1	2	1	3	2	1.8

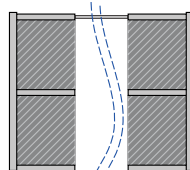
Tabla 54\_



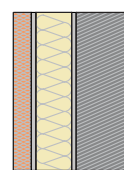
A.2



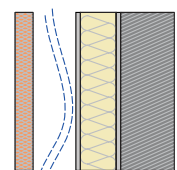
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 119\_

Desarrollo Sostenible y la Triada de la Sostenibilidad, la cual explica que la sostenibilidad es la búsqueda de las tres categorías de impacto —Ambiental, Económico y Social—.

A su vez en la Tabla 55 se encuentra la totalización del ASCV que, en este caso, siguiendo la metodología, representa el promedio de la puntuación generada por cada categoría de impacto.

Siguiendo esta metodologías, se prosigue a hacer el estudio de cada tipología seleccionada reemplazando un material de su composición por los materiales alternativos, ya sea el aislamiento térmico o la inercia térmica. Luego de la investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- **A.2:** Podemos destacar que la tipología que tiene peor rendimiento sostenible es la A.2 con la termo arcilla como material con inercia térmica. El sistema A.2 solo está compuesto por un material lo cual no le permite adaptarse a los cambios climáticos locales, a vez el material del que está compuesto no es de uso común en el mercado de la construcción de España. Por lo tanto, genera un gran impacto, sobre todo en la categoría social y ambiental. Viendo la eco brújula que se genera al resumir sus resultados podemos notar lo poco equilibrada que es esta tipología a nivel sostenible (Gráfica 21)

El estudio y la utilización de la Eco brújula como herramienta de representación gráfica ayuda a estudiar con facilidad en que etapas del ciclo de vida existe mayor impacto y en cual categoría. Viendo en este caso como la RSC es uno de los puntos que más afecta el rendimiento sostenible de este sistema, a que es la variación más obvia que se puede identificar entre la comparativa de ambas opciones.

- **B.3.1.3:** Se puede notar que la tipología B.3.1.3 que está compuesta con fibra de madera como material aislante. A su vez, podemos notar que hay un desbalance en esta tipología ya que no se pudo conseguir una manera directa de reducir el impacto económico en la etapa de uso, gracias a que esta tipología no es tradicional de la zona de estudio. Esto representa que no existe un verdadero balance entre las tres categorías de impacto (Gráfica 22).

- **B.2.1.2:** Se puede concluir que la tipología B.2.1.2 con el hormigón celular tiene mejor nivel de sostenibilidad, generando menor impacto en dos de las tres categorías. De igual manera podemos notar que el impacto ambiental no cambia mucho, por lo tanto, si se quiere reducir este impacto y buscar una respuesta constructiva más balanceada, debemos buscar otra alternativa de material que tenga inercia térmica, pero que

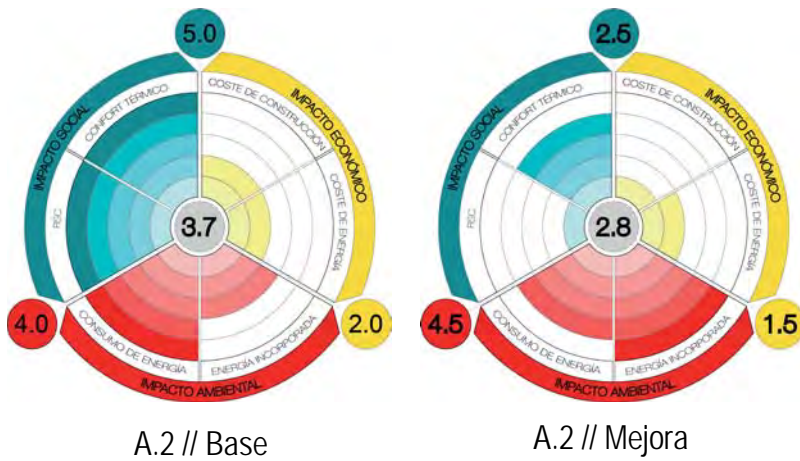


Gráfica 21\_

**Título:** Eco brújula Tipología A.2

**Descripción:** En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las dos opciones investigadas para la tipología A.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento



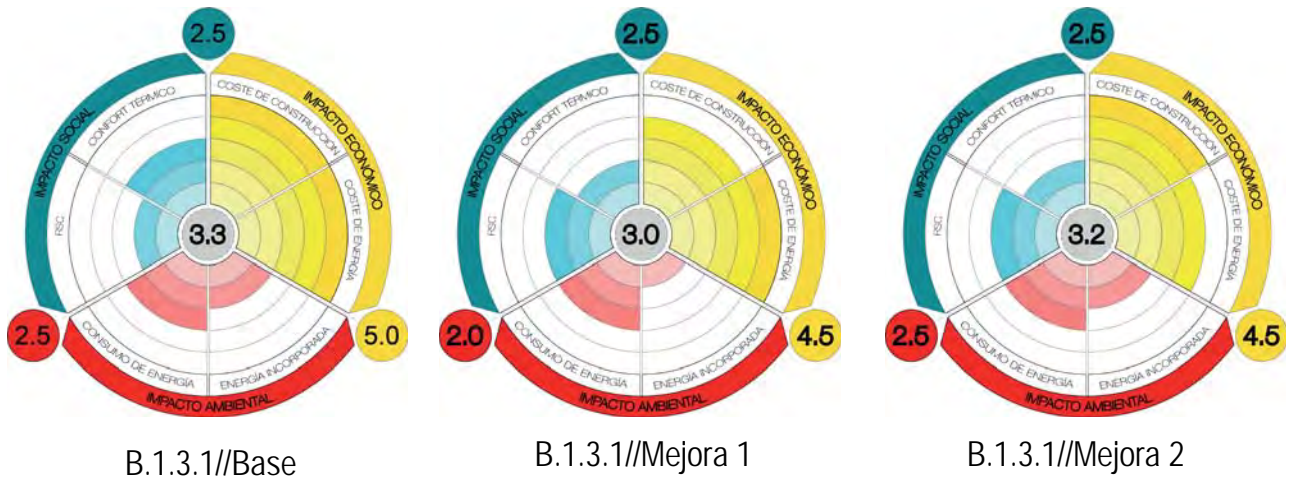
Gráfica 22\_

**Título:** Eco brújula Tipología B.1.3.1

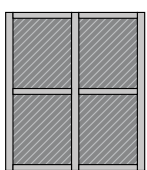
**Descripción:** En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.1.3.1, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

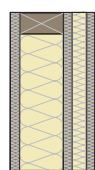
Gráfica 21\_



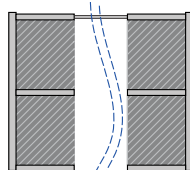
Gráfica 22\_



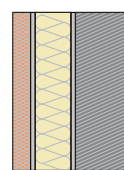
A.2



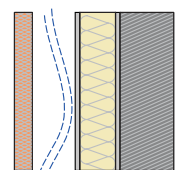
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 120\_

cumpla con los valores de la U recomendados por el CTE (CTE DBHE, 2016).

El análisis de la Eco brújula como herramienta de representación gráfica ayuda a estudiar con agilidad en que etapas del ciclo de vida existe mayor impacto y en cual categoría. Viendo en este caso como la RSC es uno de los puntos que más afecta el rendimiento sostenible de este sistema, a que es la variación más obvia que se puede identificar entre la comparativa de ambas opciones, siendo un comportamiento parecido a la tipología A.2 (Gráfica 23).

- **B.2.3.1:** Al tener el resultado final de nivel de sostenibilidad de cada sistema constructivo y cada una de las opciones de mejoras que se están investigando podemos concluir que la tipología B.2.3.1 con la fibra de madera como material aislante es una de las tipologías con mejor nivel de sostenibilidad. De igual forma es la que tiene un mejor balance entre las tres categorías de impacto. Esto se debe a que es la tipología que mejor se adapta al clima, y utiliza materiales de fácil obtención en el mercado de España, reduciendo el impacto ambiental, económico y el social. Lo resultados gráficos de estas opciones se presentan en la Gráfica 24.

La utilización de la Eco brújula como herramienta de representación gráfica ayuda a identificar con facilidad en que etapas del ciclo de vida existe mayor impacto y en cual categoría. Viendo en este caso como la categoría que más alteración sufre en el análisis de este sistema constructivo es la Opción 01 o Base, sobre todo en la etapa de uso, viendo como facilidad la mejora que se produce al alterar los materiales que componen el sistema.

- **B.2.3.2:** Podemos concluir que la tipología B.2.3.2 con la fibra de madera como material aislante es una de las tipologías con mejor nivel de sostenibilidad, y también es la que tiene un mejor balance entre las tres categorías de impacto. Esto se debe a que es la tipología que mejor se adapta al clima, y utiliza materiales de fácil obtención en el mercado de España, reduciendo el impacto ambiental, económico y el social. Lo resultados gráficos de estas opciones se presentan en la Gráfica 25.

## 5. CONCLUSIONES

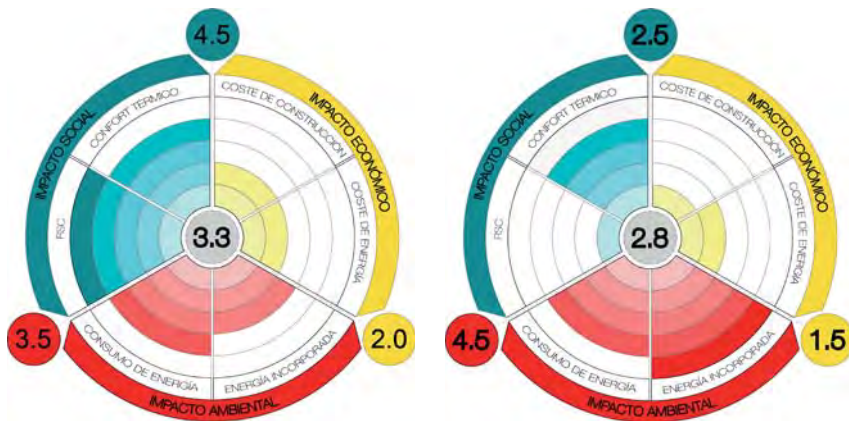
Luego del estudio de las alternativas de composición para cada tipología seleccionada, se corrobora lo que se concluyó en el capítulo 4 de este documento donde se explica que la tipología de mayor impacto es la A.2 y la de menor impacto es la B.2.3.2; como se explicó anteriormente esto se

Gráfica 23\_

Título: Eco brújula Tipología B.2.1.2

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las dos opciones investigadas para la tipología B.2.1.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

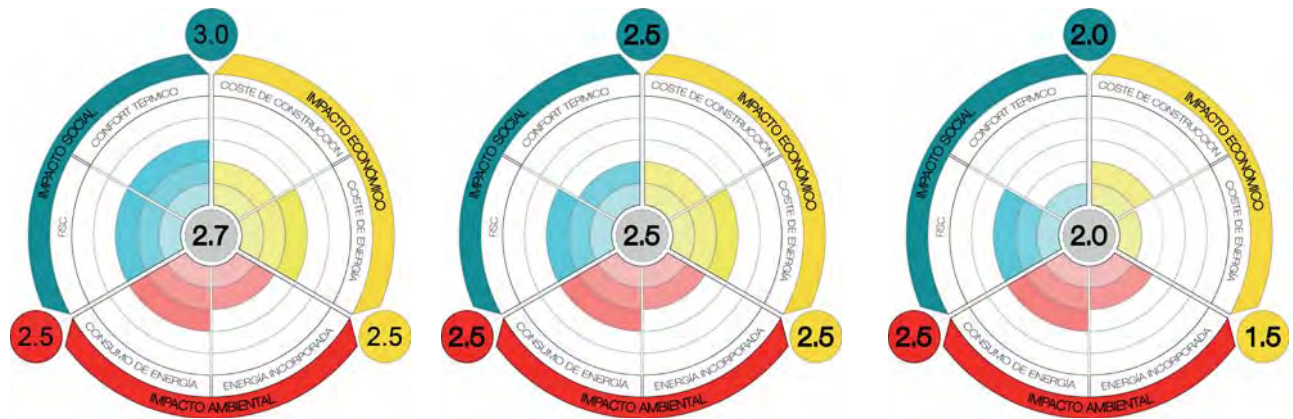
Fuente: Imagen creada por autor de documento



B.2.1.2//Base

B.2.1.2//Mejora

Gráfica 23\_

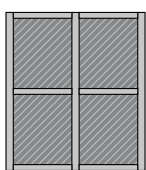


B.2.3.1//Base

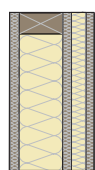
B.2.3.1//Mejora 1

B.2.3.1//Mejora 2

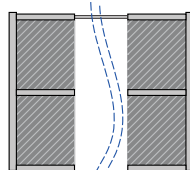
Gráfica 24\_



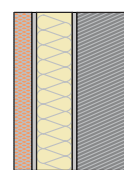
A.2



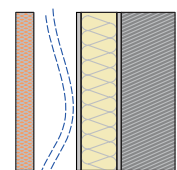
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 121\_

Gráfica 24\_

Título: Eco brújula Tipología B.2.3.1

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.2.3.1, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

debe a que la tipología de menor impacto tiene varias estrategias para adaptarse al clima local, y a su vez utiliza materiales de fácil alcance en el mercado de la construcción de España; lo cual le permite reducir sus impactos.

A su vez, las opciones de alternativas lograron exponer otras posibilidades para reducir los impactos. Confirmando que es necesario estudiar los materiales que se especifican en los sistemas constructivos de un edificio antes de finalizar el diseño del mismo. Los proyectistas generalmente se van por los productos más convencionales del mercado, sin buscar alternativas; y en esta investigación se comprobó que esa práctica es un error.

A su vez, las opciones de alternativas lograron exponer otras posibilidades para reducir los impactos. Confirmando que es necesario estudiar los materiales que se especifican en los sistemas constructivos de un edificio antes de finalizar el diseño del mismo. Los proyectistas generalmente se van por los productos más convencionales del mercado, sin buscar alternativas; y en esta investigación se comprobó que esa práctica es un error.

Por otro lado, la tipología que tiene menor impacto es la B.2.3.2, la cual como se explicó en el capítulo 04 de esta investigación. Este sistema constructivo tiene más capacidad de adaptabilidad al

clima local, ya que cuenta con varios materiales que se comportan de diferente manera frente a los cambios de temperatura. A su vez, podemos notar que al seleccionar la fibra de madera como material aislante térmico logramos reducir aún más las tres categorías de impacto. Esto se debe a que el material tiene un mejor coeficiente de conductividad térmica (Apéndice 6), lo cual permite reducir el consumo de energía.

A su vez, luego de esta exhaustiva investigación, podemos trazar algunas tendencias en los resultados:

### **a. Lugar**

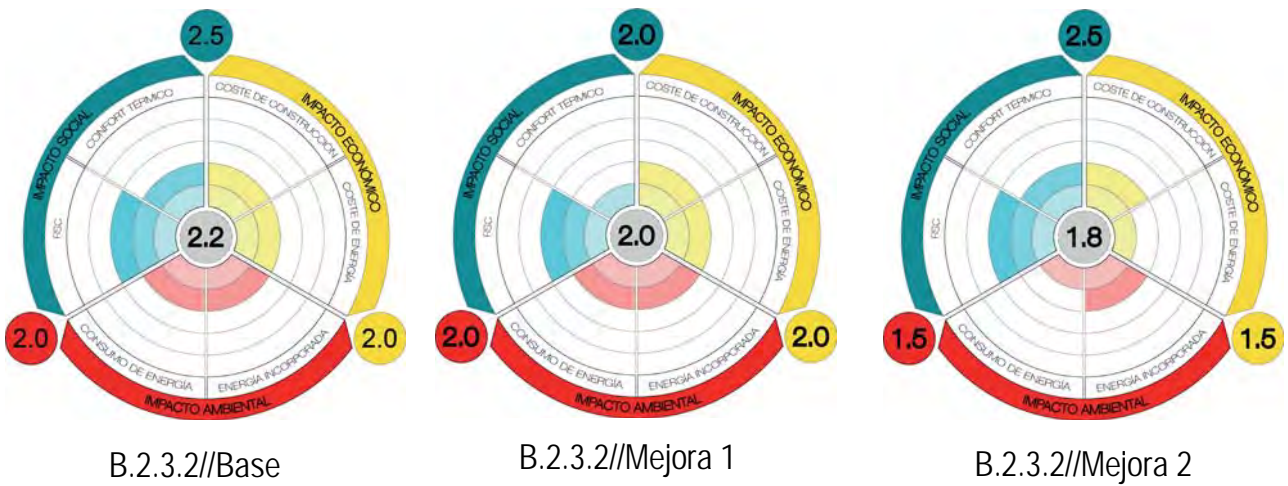
- Si se quiere trabajar con Inercia Térmica, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben de especificar materiales con alta densidad para mejorar el rendimiento térmico del edificio. Tomando en consideración la evaluación que se hizo en esta tesis, es preferible trabajar con hormigón celular que con termo arcilla, ya que equilibra más los impactos, teniendo un mejor nivel de sostenibilidad. Pero mientras se pueda, este material se debería de acompañar por otras estrategias que permitan mitigar el intercambio de energía durante los meses de invierno —para el clima de Barcelona—

Gráfica 25\_

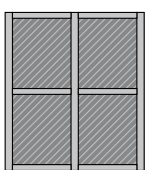
Título: Eco brújula Tipología B.2.3.2

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.2.3.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

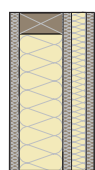
Fuente: Imagen creada por autor de documento.



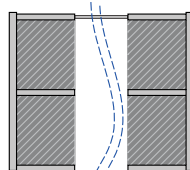
Gráfica 25\_



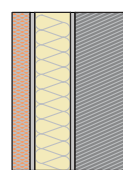
A.2



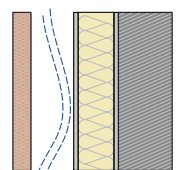
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 122\_

## b. Materiales y Sistemas Constructivos

- Luego de este análisis se puede ver con claridad la importancia que tiene la selección de los materiales que componen los sistemas constructivos, obteniendo mejoras considerables entre las tipologías bases y sus mejoras con la simple alteración de uno de sus materiales. Por lo tanto, se recomienda aplicar este estudio en los proyectos futuros para calibrar el nivel de sostenibilidad de los edificios al máximo posible.
- Podemos identificar que a la hora de seleccionar los materiales que van a componer los sistemas constructivos de un edificio, se debe de hacer un estudio de los materiales de fácil adquisición en el mercado de la construcción local, buscando alternativas de materiales que puedan brindar un mejor coeficiente de conductividad térmica, y que preferiblemente sean de origen natural, para reducir la energía incorporada.
- Se puede notar que el impacto económico tiende a ser menor cuando la empresa que distribuye y produce el material constructivo es más grande en escala y/o tiene mayor impacto en el mercado de la construcción de España, esto se debe a que la empresa logra mantener o reducir sus precios teniendo un alto volumen de producción y venta.

Verificando que mientras la empresa sea de mayor escala, el impacto social y económico en la etapa de Producción de Materiales se ve reducido.

- Si se quiere trabajar con aislamiento térmico, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben de especificar materiales con bajo coeficiente de conductividad térmica, para mejorar el rendimiento térmico del edificio. Tomando en consideración la evaluación que se realizó en esta tesis, se recomienda utilizar fibra de madera, ya que al ser un material aislante térmico con baja conductividad y gran densidad, logra aportarlo un poco más de masa térmica al edificio, mejorando su funcionamiento.
- Luego de analizar todos los resultados comparativos podemos concluir que la utilización de materiales de origen natural es importante si se quiere reducir el impacto ambiental durante la etapa de producción de materiales. Pero no se puede asumir que el material tiene menos impacto sólo porque la mayoría de la materia prima es de origen natural, porque deberíamos analizar la energía incorporada al material, ya que en ella no sólo contribuye la extracción de la materia prima, sino también el proceso de producción del producto final y los otros materiales que intervienen en la producción. Por ejemplo, tenemos la fibra de madera, la cual por tener como materia prima la

madera, se podría asumir que la energía incorporada debería de ser mejor que con otros materiales, pero en el proceso de producción se utilizan materiales aglomerantes que, al ser de origen pétreo, impactan la energía gris del material.

### **c. Impacto**

- Podemos notar una relación directa entre el consumo de energía y todas las categorías de impacto durante la Etapa de Uso. Esto sucede porque en esta investigación nos concentramos en analizar el confort térmico y el coste del consumo de energía, para el impacto social y económico, durante la etapa de uso, si hubiéramos analizados otros tipos de impacto, tal vez esta relación sería menos directa.

## REFERENCIAS:

- (BASF, 2015) Título: Empresas BASF. Revisado: 2015. <https://www.basf.com/es/es.html>.
- (BRE, 2008). BRE Global Ltd. Título: BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SD6050. Londres, UK. Editorial: BRE. 2008.
- (BEC, 2016) Título: Boletín Económico de la Construcción. Barcelona, España, 2016.
- (CEMEX, 2015). Título: Empresas CEMEX. Revisado: 2015. <http://www.cemex.es/>.
- (Construc, 2016) Construc, Título: Revista Técnica de la Construcción. Editorial Ediciones Construc, S.L. Barcelona, España, 2016.
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>.
- (CYPE, 2016) Título: Generador de precios (2016). Título: Generador de precios. Autor: CYPE Ingenieros. <http://www.generadordeprecios.info/>.
- (Frutos-Sanmartín, 2006) Arquitectos Frutos y Sanmartín. Título: 24 habitatges HPO a Cerdanyola del Valles. Revisado: 18.11.2012. <http://frutos-sanmartin-arquitectes.blogspot.com.es.html>.
- (Garnica, 2015). Título: Empresas Garnica. Revisado: 2015. <http://www.garnica.one/en/home>.
- (Gutex, 2015). Título: Empresas Gutex. Revisado: 2015. <http://gutex.es/home/>.
- (ICE, 2008) Título: ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/ser/> (on-line access between March 2011 - November 2012). Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil. Engrs: Energy, in press.
- (INCASOL, 2000) Título: INCASOL, 2000. [http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es_ES).
- (IDAE, 2016) Título: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital / Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. <http://www.idae.es/index.php>.
- (ITEC, 2006) Título: Manteniment del'edifici. Fitxes. Publicado por el ITEC, 2006. <http://docs.itec.cat/c/DicPla.4.0.Cat.Manual.pdf>.
- (Malpesa, 2015) Título: Empresas Malpesa. Revisado: 2015. <http://www.malpesa.es/>.
- (Rockwool, 2015). Título: Empresas Rockwool. Revisado: 2015. <http://www.rockwool.es/>.
- (SAAs, 2008) Título: Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilidad. Revisado: 2014 <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar/>.
- (SO, 2006) Título: Societat Organica. Revisado: 2014. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>.
- (Tabicea, 2015) Título: Empresas Taicesa. Revisado: 2015. <http://www.tabicesa.es/>.
- (UNEP, 2011) Título: Naciones Unidas. Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. UN Enviromental Program, 2011. <http://www.lifecycleinitiative.org>.
- (Valderrivas, 2015) Título: Empresas Valderrivas. Revisado: 2015. <http://www.valderrivas.es/en/>.





## **CONCLUSIONES**

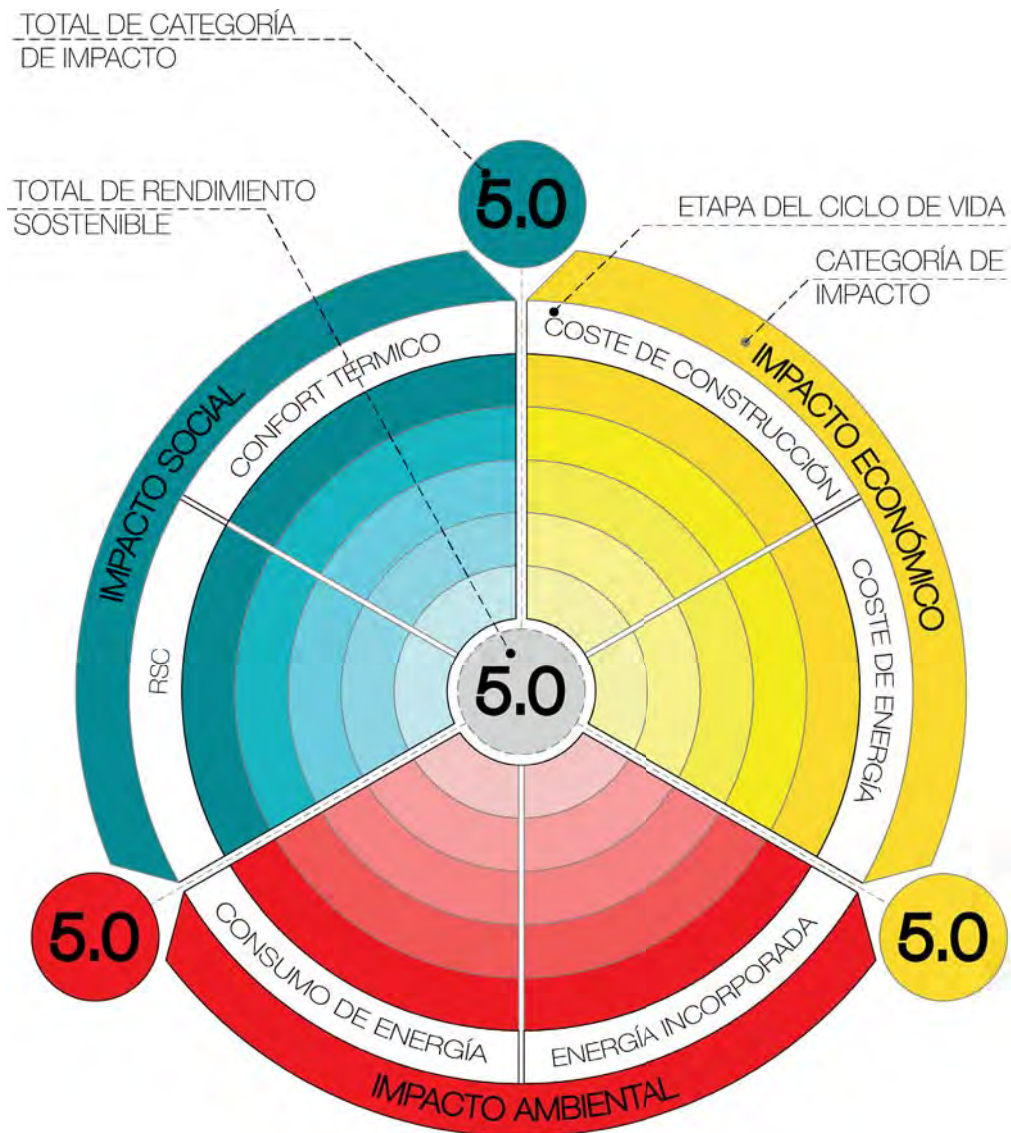
1.- Respuestas a las Hipótesis	301
2. La envolvente arquitectónica. clasificación y estudio	303
3. Metodología	306
4. Comparativa de ASCV tipologías base y mejoras	315
5. Pautas de diseño para proyectista	346
6. Futuras líneas de investigación	356

Figura 123\_

**Título:** Eco Brújula.

**Descripción:** Esta Eco brújula fue creada para resumir de una manera grafica los resultados de esta investigación. Esta herramienta grafica se puede aplicar a cualquier futura investigación, y se los pueden añadir parámetros de estudio. Para analizarla hay que tomar en consideración que lo que se está evaluando son los Impactos Ambientales, Económicos y Sociales tomando en consideración diferentes parámetros de estudio. Siendo uno el nivel de menor impacto generado y cinco el mayor impacto generado.

**Fuente:** Tabla creada por autor de documento.



# CONCLUSIONES

## CASTELLANO:

El objetivo principal de esta tesis es crear una metodología de evaluación que permita estudiar un elemento arquitectónico, tomando en consideración las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible —ambiental, económico y social— y el ciclo de vida del edificio.

Por medio del desarrollo de esta investigación se comprobó que la metodología simplificada funciona como sistema de evaluación sostenible que compara y valora las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible.

A su vez, se demuestra que el sistema de evaluación es flexible, pudiéndolo aplicar a cualquier proyectos del ámbito de la construcción; utilizando diferentes herramientas y bases de datos para estudiar un edificio o un elemento arquitectónico.

El desarrollo de la investigación a lo largo de los capítulos anteriores ha dado lugar a una serie de resultados en forma de: metodologías, procedimientos, herramientas, datos cuantitativos y pautas de diseño que se tratan de sintetizar y ordenar en este último capítulo a modo de conclusiones finales.

## ENGLISH:

The main objective of this thesis is to create an evaluation methodology that allows the study of an architectural element taking into account the Triple Bottom Line –TBL– of the Sustainable Development and the life cycle of a building.

Through the development of this research, it was verified that the methodology works as a sustainable evaluation system that compares and evaluates the three categories of Impact of the Sustainable Development. Also, this methodology confirms its flexibility of application to projects in the construction field; being able to use different tools and databases to study a building or an architectural element.

The Eco Compass and scoring system manage to assess all impacts, at all stages of the life cycle, having a graphical system that gets to exemplify the level of sustainability in a concise, simple and explanatory way. It is not necessary to be an expert in sustainability, or in architecture, in order to understand the results that the Eco Compass reflects, which makes it meet its objectives.

En el cierre de cada etapa en que está estructurada la investigación se han expuesto unas conclusiones parciales, necesarias en su momento para facilitar el entendimiento de cada fase precedente y sentar las bases de las siguientes, y que responden directamente a los objetivos parciales, todo ello dentro del hilo conductor de la investigación.

Los aportes tangibles son muy variados, los cuales se listarán a continuación:

- Clasificación – nueva mirada – o cuadro de clasificación de sistemas de construcción de envolvente vertical opaca o fichas técnicas de sistemas constructivos seleccionadas
- Metodología ASCV simplificado (ambiente, social y económico)
- Metodología de cálculo de ratio de sostenibilidad – Eco Brújula– (Figura 123)
- Datos comparativos entre tipologías
- Sistema de evaluación de impacto social, responsabilidad corporativa
- Pautas de diseño para proyectistas

Estas conclusiones generales comienzan por recordar de forma muy sintética esas conclusiones parciales para, a continuación, presentar los resultados finales de la investigación.

This methodology represents a new way to evaluate the sustainability performance of a project, balancing the TBL of the Sustainable Development. It also identifies a knowledge gap, this being the evaluation of the Social Impact of buildings taking into consideration its life cycle. This knowledge gap is filled through the evaluation system developed in this research.

The development of research throughout the previous chapters has resulted in a series of outcomes in the form of methodologies, procedures, tools, quantitative data and design guidelines that try to synthesize and order in this last chapter as final conclusions.

At the end of each stage of the research, some partial conclusions have been presented, necessary to facilitate the understanding of each preceding phase as well as laying the foundations of the following ones, and which respond directly to the partial objectives, all of which within the thread of the investigation.

## 1. RESPUESTA A LAS HIPÓTESIS

- La aplicación de una metodología de ASCV a el ámbito de la construcción permite evaluar los impactos de un edificio a nivel sostenible, tomando en consideración la Triada de la Sostenibilidad – ambiental, económico y social–.

o Durante el desarrollo de esta investigación no sólo se ideó una metodología que cumple con este principio, sino también se demostró su aplicación para el análisis de un elemento arquitectónico.

- La consideración de los tres impactos ACV en una solución constructiva permite tener una visión holística de la sostenibilidad. Permite valorar / reflexionar sobre la ponderación ( o no) entre los tres.

o Durante el desarrollo de los análisis comparativos de los diferentes sistemas de muro exterior, se comprobaron por medio de sus resultados la elación entre los tres impactos en cada una de las etapas del ciclo de vida analizadas.

- La elección del correcto sistema constructivo de muro exterior tiene una gran implicación en el nivel de sostenibilidad del edificio, considerando las tres categorías de impacto.

The tangible contributions are very varied, which are listed below:

- Classification – New System –
  - o classification table of construction systems of opaque vertical envelope
  - o technical sheets of selected construction systems
- Simplified LSCA methodology (environment, social and economic)
- Methodology of calculation of sustainability ratio – Eco Compass–
- Comparative data between typologies
- Social impact assessment system, corporate social responsibility
- Design guidelines for Architects

These general conclusions begin by recalling very briefly those partial conclusions and then presenting the final results of the research.

## 1. ANSWER TO HYPOTHESIS

- The application of an ASCV methodology to the construction field allows the evaluation of the impacts of a building at a sustainable level, taking into consideration the Triad of Sustainability - environmental, economic and social.

o During the development of this research, not only a methodology was developed that complies

o Al igual que el punto anterior, los resultados desarrollados en el la comparativas de ASCV ejemplifican la importancia que tiene la correcta selección del sistema constructivos, considerando las restricciones de la localidad.

- Es importante tomar en consideración el impacto social que la envolvente genera a la hora de elegir el correcto sistema de muro exterior

o La metodología y los resultados que la investigación arrojan, explican la importancia de medir el Impacto Social y cuáles son las implicaciones a nivel de la sostenibilidad del elemento arquitectónico.

- Una clasificación tipológica de envolventes atendiendo a parámetros térmicos y constructivos facilita la adecuada elección en relación al lugar, clima y eficiencia energética. Facilita/ permite extrapolar los valores de impactos medioambientales.

o En el capítulo 02 y 03 de esta investigación se analizan y clasifican los sistemas de envolvente vertical opaca, tomando en consideración el rendimiento sostenible que puede tener el sistema.

with this principle, but also demonstrated its application for the analysis of an architectural element.

- Considering the three LCA impacts in a constructive solution allows for a holistic view of sustainability. It allows to evaluate / reflect on the weighting (or not) between the three.

o During the development of the comparative analyzes of the different external wall systems, the results were found between the three impacts in each of the stages of the life cycle analyzed.

- The new simplified methodology of the ACV calculation of an envelope system, by means of box, provides relevant comparative initial values / reference between the different typologies.

o Chapters 04 and 05 of this document explained the trends in terms of percentages of improvement that the correct selection of the exterior wall can have on the sustainability of the building. These data will be summarized later in the development of the conclusions.

- The choice of the correct exterior wall construction system has a great implication in the sustainability level of the building, considering the three categories of impact.

- La nueva metodología simplificada del cálculo ACV de un sistema de envolvente, mediante el modelo box, aporta valores iniciales comparativos relevantes / referencia entre las distintas tipologías

- o En los capítulos 04 y 05 de este documento se explicaron las tendencias en términos de porcentajes de mejora que la correcta selección del muro exterior puede llegar a tener sobre la sostenibilidad del edificio. Estos datos se resumirán más adelante en el desarrollo de las conclusiones.

## **2. LA ENVOLVENTE ARQUITECTONICA. CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO**

La propuesta de clasificación de los sistemas de envolvente vertical opaca, unifica los criterios y aporta un mejor entendimiento a nivel del funcionamiento sostenible de estos elementos arquitectónicos. A su vez, se establece la importancia del muro exterior dentro del rendimiento sostenible de un edificio.

Uno de los aportes más importantes de esta parte de la investigación es el buen entendimiento de cada sistema constructivo, para de esta manera evidenciar cómo funcionan, cómo contribuye con

- o Like the previous point, the results developed in the comparative of ASCV exemplify the importance of the correct selection of the constructive system, considering the restrictions of the locality.

- It is important to take into consideration the social impact that the environment generates when choosing the correct exterior wall system.

- o The methodology and results that the research reveals explain the importance of measuring Social Impact and what are the implications for the sustainability of the architectural element.

- A typological classification of envelopes according to thermal and constructive parameters facilitates the appropriate choice in relation to the place, climate and energy efficiency. Facilitates / allows to extrapolate values of environmental impacts.

- o In Chapter 02 and 03 of this research, the systems of vertical opaque envelope are analyzed and classified, taking into consideration the sustainable yield that can have the system.



el rendimiento sostenible del edificio, y sobre qué latitudes y tipos de climas funcionan mejor (Figura 124). Los arquitectos podrán utilizar estos conceptos para diseñar de mejor manera sus proyectos futuros, considerando la importancia que tiene el buen funcionamiento de la envolvente, y las implicaciones que tienen sus diseños en la eficiencia de los edificios.

Luego de la selección por medio de este sistema de clasificación de la tipología de sistema constructivo que se va aplicar a un proyecto, hay que tomar en cuenta que la selección de los materiales que van a componer este sistema también variará el nivel de sostenibilidad que aporte ese elemento de la fachada al edificio. Lo cual se comprobó en esta investigación por medio del ASCV comparativo de las tipologías seleccionadas.

Otro parte importante de esta sección de la investigación es la relevancia de la envolvente dentro del nivel de sostenibilidad del edificio, atendiendo al diseño de la solución constructiva, la selección de los materiales, la orientación y ubicación en el edificio. El diseño de la solución constructiva, la selección de los materiales y la orientación y ubicación en el edificio son algunas de las variables que se consideraron para medir el desempeño sostenible del edificio tomando en cuenta la triada de la sostenibilidad.

## **2. THE ARCHITECTURAL ENVELOPMENT. CLASSIFICATION AND STUDY**

The proposal of classification of systems of opaque vertical envelope unifies the criteria and contributes a better understanding in the level of the sustainable operation of these architectural elements. Also, the importance of the exterior wall is established within the sustainable performance of a building.

One of the most important contributions of this part of the research is the good understanding of each constructive system, in order to demonstrate how they work, how it contributes to the sustainable performance of the building, and on which latitudes and types of climates work best (Image 124). Architects will be able to use these concepts to better design their future projects, considering the importance of the good operation of the envelope, and the implications of their designs on the efficiency of buildings

Simultaneously, it is necessary to take into account that after the selection by means of this system of classification of the typology of constructive system that is going to apply to a project, it is necessary to take into account that the selection of the materials that are going to compose this

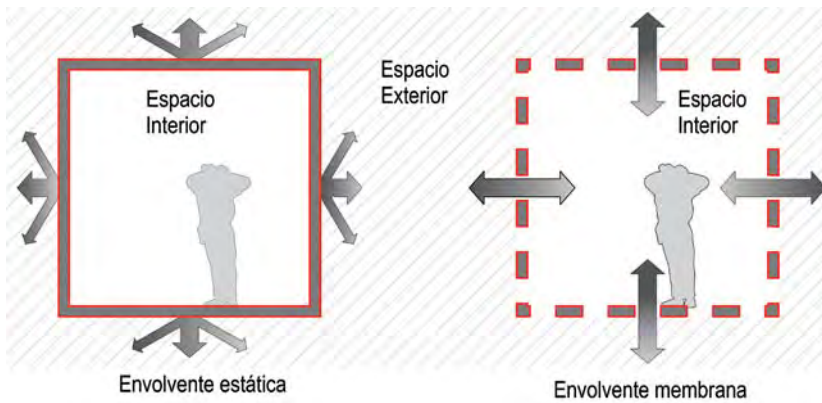


Figura 124\_  
**Título:** Envolvente estanca vs membrana.  
**Descripción:** Esta imagen ejemplifica como la envolvente de un edificio se puede adaptar mejor al clima local se actúa como un membrana. Igual a la Figura 70.  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Por lo tanto, el diseño de la envolvente del edificio responde a una amplia investigación en términos de funcionamiento y requiere del aporte de las diferentes disciplinas de la arquitectura. Es un elemento que busca no sólo una imagen atractiva, sino que también busca aportar a la eficiencia energética del edificio. Es más que una piel, un sistema complejo, que tiene que resolver problemas de seguridad, de intercambio de energía, estanqueidad, humedades y condensaciones, manejo de residuos, mantenimiento, durabilidad, construcción, encuentros singulares, y estética.

La envolvente de un edificio debe ser más que un cerramiento, debe ser una membrana que se adapta al clima específico de la zona, y para ello se recomienda utilizar materiales y técnicas de construcción locales de modo de lograr este objetivo. A su vez es importante que los arquitectos entendamos con mucha claridad la locación en la que estamos ubicando el edificio, y tomemos partida de los beneficios que nos puede brindar la misma.

Entendamos cuales deben ser las estrategias que debemos utilizar en nuestro diseño. Siempre teniendo en cuenta no sólo el ciclo de vida del edificio, sino también la triada del Desarrollo Sostenible, reduciendo al máximo el impacto negativo que pueden tener nuestros edificios sobre el medio

system will also influence the level of sustainability that the facade brings to the building. This was verified in this investigation by comparative LSCA of the selected typologies.

Another important part of this section of the research is the relevance of the envelope within the sustainability level of the building, taking into account the design of the building solution, the materials specification, orientation and location in the building. The design of the building solution, the selection of the materials and the orientation and location in the building are some of the variables that were considered to measure the sustainable performance of the building taking into account the TBL.

Therefore, the design of the building envelope responds to an extensive research in terms of operation and requires input from the different disciplines of architecture. It is an element that seeks not only an attractive image, but also seeks to contribute to the energy efficiency of the building. It is more than a skin, it's complex system, which has to solve problems of security, energy exchange, airtightness, humidity and condensation, waste management, maintenance, durability, construction, thermal bridges, and aesthetics.

ambiental, la economía y la sociedad mundial y local.

Este sistema de clasificación ayuda a asentar la base para el resto de la investigación, dándonos las pautas donde se establece la selección de los cinco sistemas constructivos de muro exterior en las cuales nos enfocamos para hacer el ASCV. A su vez, este sistema de clasificación es una herramienta que representa la contribución académica de esta investigación.

### 3. METODOLOGÍA

El sistema de evaluación que se ideó para esta investigación, es una nueva mirada que define un procedimiento más completo y holístico para medir el nivel de sostenibilidad de un edificio o elemento arquitectónico, equiparando el balance entre los tres impactos —ambiental, económico y social—. Luego de la generación de esta metodología se puede evaluar no solo el vacío conceptual que llena, si no también futuras líneas de evaluaciones, que puede crear ajustes para que el análisis sea más exhaustivo y/o preciso.

The envelope of a building must be more than an enclosure, it must be a membrane that adapts to the specific climate of the area, and for this it is recommended to use local materials and construction techniques in order to achieve this goal.

At the same time, it is important that architects understand very clearly the location of the building site, and take a departure from the benefits that we can provide.

Let us understand what strategies should be used in our design. Always taking into account not only the life cycle of the building, but also the Triple Bottom Line, reducing the negative impact that our buildings can have on the environment, economy and global and local society.

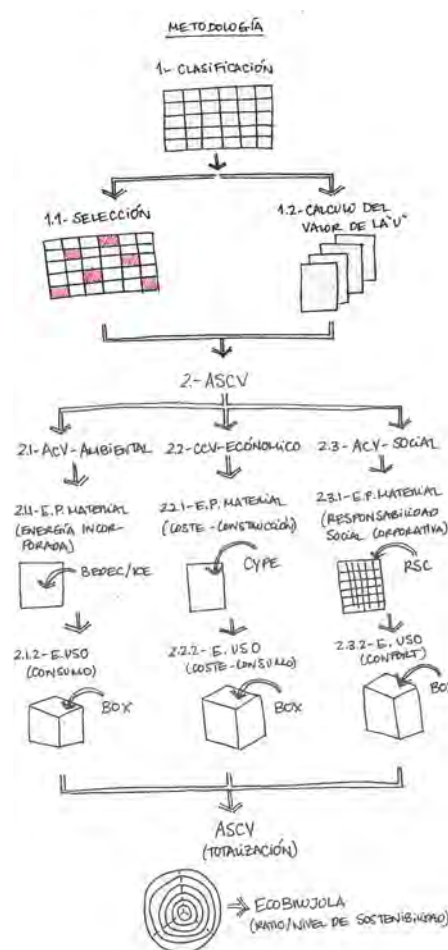
This classification system helps to establish the basis for the rest of the research, giving us the guidelines where the selection of the five outer wall building systems in which we focus to make the LSCA is established. Also, this classification system is a tool that represents the academic contribution of this research.

**Título:** Metodología de la investigación – análisis más valoración –  
**Descripción:** Por medio de este gráfico se explica de manera resumida la metodología de investigación planteada como parte de este estudio. Explicando gráficamente los componentes y los pasos a seguir para aplicar esta metodología a investigaciones futuras.  
**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

Una de las mayores ventajas del sistema es la invención de la Eco Brújula, siendo un recurso gráfico que permite el fácil entendimiento y valoración del rendimiento sostenible de cualquier elemento dentro del ámbito de la construcción. Obteniendo de esta manera un medio gráfico que consigue ejemplificar el nivel de sostenibilidad de una manera concisa, sencilla y explicativa. Por lo tanto, no hay que ser experto en sostenibilidad, ni en arquitectura, para poder comprender los resultados que la Eco brújula refleja, lo cual hace que cumple con sus objetivos (Figura 125).

A su vez, aplicando esta metodología se consigue evaluar un elemento arquitectónico que busca un verdadero balance entre las tres categorías de impacto – ambiental, económico y social –, logrando identificar parámetros que influyen en la sostenibilidad de un edificio, que en estos momentos no se toman tanto en consideración.

El sistema de puntuación, junto con la Eco Brújula, permiten valorar bajo la misma escala los diferentes sistemas, permitiendo la comparativa entre las categorías de impacto, a pesar que los parámetros y los indicadores son diferentes en cada categoría.



La metodología es flexible y de fácil aplicación; pudiendo ser implementada en cualquier localidad en el mundo, sobre todo tipo de edificio o elemento arquitectónico, y utilizando cualquier herramienta o base de datos de fácil obtención que apoye el sistema de evaluación.

El vacío de conocimientos más grande que se identifico es en el Impacto Social, sobre todo en la etapa de producción de materiales, por lo cual esta metodología logra llenar ese vacío, generando un nuevo sistema que no solo evalúa el Impacto generado durante la etapa de producción de materiales, si no también consigue la manera de aplicar el concepto del Ciclo de Vida de un edificio a la medición del impacto social.

A su vez, se identifica la necesidad que tiene el ámbito de la arquitectura y la construcción para evaluar los edificios tomando en consideración la Triada de la Sostenibilidad. Al evaluar la cantidad de herramientas y bases de datos hay en el mercado para medir cada una de las categorías de impacto, se puede identificar con facilidad como se le da mucha más importancia a el impacto ambiental, que al económico y al social.

Por medio de la creación de esta metodologías, y la evaluación de las herramientas y las bases de datos que hay en el mercado, se pudo llenar este

### 3. METHODOLOGY

The evaluation system that was designed for this research is a new look that defines a more complete and holistic procedure to measure the level of sustainability of a building or architectural element, equating the balance between the three impacts – environmental, economic and social–. After the generation of this methodology, it is possible to evaluate not only the conceptual vacuum that fills, but also future lines of evaluations, that can create adjustments for the analysis to be more exhaustive and / or accurate.

One of the biggest advantages of the methodology is the invention of the Eco Compass, being a graphic resource that allows the easy understanding and valuation of the sustainable performance of any building element. Having thus a graphic medium that manages to exemplify the level of sustainability in a concise, simple and explanatory way. Therefore, it is not necessary to be an expert in sustainability, or architecture, in order to understand the results that the Eco Compass reflects, which makes it meet its objectives (Image 125).

At the same time, using this methodology, it is possible to evaluate an architectural element seeking a true balance between the three categories of impact – environmental, economic and social –,

vacío de conocimientos y resolver la necesidad de un sistema de evaluación que tome en consideración el equilibrio entre las tres categorías de impacto.

Asimismo, al estudiar los sistemas de certificación energética o sostenible —BREEAM, LEED, Verde, etc.— se pudo ver como estos sistemas toman en consideración las tres categorías de impacto, enfocándose principalmente en la Etapa de Uso del edificio. Esta investigación podría aportar conocimientos a estos certificados sostenibles, para que se comiencen a medir los impactos generados durante todo el Ciclo de Vida.

Por lo tanto, la metodología de esta investigación podría ayudar a replantear el sistema de evaluación de estos certificados sostenibles, buscando ampliar la mirada, incluyendo las tres categorías de impacto, dándoles la misma importancia y buscando el equilibrio entre las mismas; e incluyendo los impactos generados durante toda el Ciclo de Vida del edificio.

Luego del exhaustivo análisis de la metodología, podemos identificar mejoras al sistema de evaluación que permitan, por medio de líneas de investigación futuras, calibrar diferentes aspectos de dicha metodologías, a continuación se enumeran las mejoras identificadas:

identifying parameters that influence the sustainability of a building.

The scoring system, together with the Eco Compass, allow the different systems to be assessed under the same scale, allowing a comparison between impact categories, even though the parameters and indicators are different in each category.

The methodology is flexible and easy to apply; can be implemented in any location in the world, and with any type of building or architectural element, and using any tool or database easily obtainable to support the evaluation system.

The greatest gap of knowledge that was identified was the social impact, especially in the stage of production of materials. This methodology manages to fill that void, generating a new system that not only evaluates the Impact generated during the stage of production of materials, but also obtains the way to apply the concept of the Life Cycle of a Building to the measurement of social impact.

At the same time, it identifies the need for architecture and construction to evaluate the buildings taking into consideration the Triple Bottom Line. When assessing the number of tools and databases in the market to measure each of the impact categories, it is easy to identify how much greater

### • **Mejoras del sistema de evaluación**

o La metodología podría tomar en consideración el Ciclo de Vida completo, teniendo en cuenta las Etapas de Construcción, Mantenimiento y Derribo. Esto identificaría otras tendencias que tal vez generarían otros resultados o conclusiones. Como por ejemplo: si se toma en cuenta la etapa de derribo la tipología B.1.3.1. tendría mejor rendimiento que las otras tipologías, ya que está compuesta por materiales de origen natural, de fácil reciclaje, y además consta de un sistema que puede ser prefabricado y se puede desmontar con facilidad para reutilizar, y de esta manera extender la vida útil del sistema.

o Una manera de mejorar el sistema de evaluación del Impacto Social en la Etapa de Producción de Materiales, es buscar contacto directo con las compañías manufactureras para contar con mayor información a la hora de hacer el análisis. Al tener el contacto directo, se podría acceso a información privada de la compañía que soporte o evidencie los impactos positivos que la compañía genera.

Con esto se podría considerar que aunque este estudio arroja como conclusión el hecho que se produce menor impacto social si la empresa es de media o gran estala, se entiende que el análisis en este caso se basa solo en la información pública

importance is given to environmental impact follow by the economic and leaving behind the social impact.

Through the creation of this methodology and the evaluation system of the tools and databases in the market, this knowledge gap could be filled and the need for an evaluation system that takes into account the balance between three categories of impact.

Likewise, when studying energy or sustainable certification systems –BREEAM, LEED, Green, etc.– it was possible to see how these systems take into account the three categories of impact, focusing mainly on the Building Use Stage. This research could contribute knowledge to these sustainable certificates, so that they begin to measure the impacts generated throughout the Life Cycle.

Therefore, the methodology of this research could help to rethink the evaluation system of these sustainable certificates, seeking to broaden the view, including the three categories of impact, giving them the same importance and seeking the balance between them. Including the impacts generated during the entire Life Cycle of the building.

de la empresa, pero podrían haber casos donde las empresas pequeñas tengan estrategias para mitigar sus impactos sociales, pero no sean información pública, ya que las compañías pequeñas cuentan con menos recursos que ayudan estandarizado póliza y normativas públicas.

También vale la pena mencionar que las fuentes de datos para esta etapa del Ciclo de Vida y esta categoría de impacto son inconsistentes. Como nos basamos en datos de auto declaraciones de las empresas, son pocas las evidencias que se pueden conseguir de sistemas de certificación evaluados por agentes terceros independientes que analicen y certifiquen los impactos generados. Como podría ser por ejemplo en el Impacto Ambiental la ISO 14001, FSC o PFEC, donde un agente externo a la compañía analiza los procesos y la cadena de producción, junto con los impactos generados y le adjudica una certificación a la empresa.

Por lo tanto, para estandarizar este punto sería bueno que el gobierno local o estatal creara una normativa que regule estos impacto, generando unas pautas mínimas con las cuales las empresas controlen su impacto social, y este mismo sirva como evidencia de su nivel de Impacto en esta etapa.

After the exhaustive analysis of the methodology, we can identify improvements to the evaluation system that allow, through future lines of research, to calibrate different aspects of the methodologies, the following are listed the improvements identified:

- **Improvement of the evaluation system**

- o The methodology could take into consideration the complete Life Cycle, taking into account the Stages of Construction, Maintenance and Demolition. This would identify other trends that might generate other results or conclusions. For example, if the demolition stage is taken into account the typology B.1.3.1. Would have better performance than the other typologies, since it is composed of materials of natural resources, easy to recycle, and also consists of a system that can be prefabricated and can be easily dismantled to reuse, extending the useful life of the system.

- o One way to improve the Social Impact evaluation system in the Material Production Stage is to seek direct contact with manufacturing companies to have more information when doing the analysis. By doing so one could be able to access to private information of the company that supports or evidences the positive impacts that the company generates.



o Los parámetros de confort térmico que se tomaron en consideración en esta investigación, son estándares de la regulación de España, lo cual puede ser diferente en otros países y culturas. Por lo tanto, esta consideración pudo arrojar unas tendencias que pueden ser diferentes cuando se aplican a otras localidades y otras industrias. Ya que las temperaturas de consigan y los perfiles de uso de los sistemas de climatización del edificio pueden ser diferentes, y por lo tanto esto afectaría tanto el nivel de confort, como el consumo y el coste de energía.

Esto último también se debe a la gestión del edificio, el confort térmico depende mucho de la cultura y regulación local, y de la buena gestión del edificio, controlando los impactos por medio de monitoreo y educación al usuario.

o Se pudo identificar en el proceso como el consumo energético interviene en las tres categorías de impacto, siendo la eficiencia energética el parámetro más importante en la Etapa de Uso, ya que se aplica a la para evaluar los parámetros de consumo y coste de energía –Impacto Ambiental y Económico–, y el confort térmico –Impacto Social–. Esto se podría mejorar tomando en consideración otros parámetros en cada categoría, como podría ser las emisiones de CO<sup>2</sup>, la superficie vendible, la luz natural, entre otros.

With this, it could be considered that, although this study reveals the fact that less social impact occurs if the company is medium or large, it is understood that the analysis in this case is based only on the public information of the company. There may be cases where small companies have strategies to mitigate their social impacts, but this is not public information, since small companies have fewer resources that help standardized policy and public regulations.

It is also worth mentioning that the data sources for this stage of the Life Cycle and this category of impact are inconsistent. As we rely on data from company's self-declarations, there is little evidence that can be obtained from certification systems evaluated by independent third parties that analyse and certify the impacts generated. For example, in the Environmental Impact ISO 14001, FSC or PFEC, where an external agent to the company analyses the processes and the production chain, together with the impacts generated and assigns a certification to the company.

Therefore, to standardize this point it would be good for the local or state government to create a regulation that watch over these impacts, generating minimum guidelines with which companies regulate their Social Impact, and this serves as evidence of their level of Impact on this stage.

o En esta investigación se tomó la decisión de no considerar a los materiales de revestimiento para facilitar la comparativa entre las tipologías y la selección de los materiales a estudiar. Los materiales de revestimiento son muy importantes por varias razones, como podrían ser la necesidad de mantenimiento que estos necesitan durante los 50 años de vida útil del edificio, o como podría ser el color del acabado exterior y su capacidad de absorción de la radiación solar.

Al tener estos materiales en consideración las tendencias y las comparativas entre las tipologías podrían ser diferentes.

o El Modelo Box es un sistema de estudio representativo de una sección del edificio, pero no es la representación fidedigna de un edificio completo, por lo tanto, al aplicar todas las consideraciones y parámetros que un edificio completo esto podría generar otras conclusiones. De esta manera se identifica una futura línea de investigación, estudiando la aplicación de este sistema de evaluación a la escala de un edificio.

Como también la posibilidad de calibrar el sistema de evaluación y sobre todo de puntuación, una vez se obtengan resultados sobre el comportamiento de un edificio completo. Para de esta manera poder aplicar el sistema de medición de la Eco Brújula a mayor escala.

o The parameters of thermal comfort that were taken into consideration in this research, are standards of the regulation of Spain, which may be different in other countries and cultures, therefore, this consideration could give rise to tendencies that may be different when applied to other localities and other industries. Since the temperatures of the building and the use profiles of the heating and cooling systems of the building may be different, and therefore this would affect both the level of comfort, consumption and the cost of energy.

The latter is also due to the management of the building, the thermal comfort depends a lot on the local culture and regulation, and the good management of the building, controlling the impacts by means of monitoring and education to the user

o It was possible to identify in the process how the energy consumption intervenes in the three categories of impact, with energy efficiency being the most important parameter in the Usage Phase, since it is applied to evaluate the parameters of consumption and energy cost – Environmental and Economic Impact – and thermal comfort – Social Impact. This could be improved by taking into account other parameters in each category, such as CO<sup>2</sup> emissions, Net Saleable Area, natural light, among others.

Figura 126

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

o Se podrían considerar otros parámetros o indicadores para llegar a resultados más precisos que logren evaluar con más profundidad el elemento arquitectónico o edificio. A continuación se enumeran algunos parámetros que se podrían incluir con facilidad a la metodología si se quiere llegar a generar datos con otro nivel de profundidad:

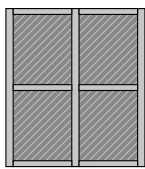
- **Impacto Ambiental:** En esta categoría de Impacto se podría tomar en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en cada etapa del ciclo de vida. También se podría verificar la cantidad de agua consumida durante todo el ciclo de vida, ya que el agua es un recurso preciado. A su vez, se podrían tomar en cuenta las otras Etapas del Ciclo de Vida.

- **Impacto Económico:** Para este impacto se podrían tomar en consideración el área vendible, reflexionando sobre los diferentes grosores de cada sistema, y como esto afectaría en la superficie vendible. A su vez, se podrían tomar en cuenta posibles compensación económica de emisiones de carbono que el edificio produzca durante todo su ciclo de vida. Apoyando también a futuras normativas que regulen este aspecto.

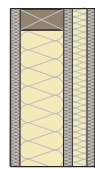
o In this investigation the decision was taken not to take into consideration the finishes materials to facilitate the comparison between the typologies and the selection of the materials to be studied. Finishes materials are very important for a number of reasons, such as the need for maintenance that they need during the 50-year life of the building, or what the colour of the exterior finish may be, and whether it will absorb the solar radiation. Having these materials in consideration the trends and comparisons between the typologies could be different.

o The Model Box is a study system representative of a section of the building, but it is not the reliable representation of a complete building, therefore, when applying all the considerations and parameters that a complete building, this could generate other conclusions. In this way a future line of research is identified: studying the application of this evaluation system to the scale of a building.

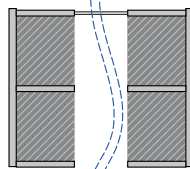
As well as the possibility of calibrating the scoring system, once results are obtained on the behaviour of a complete building. In order to be able to apply the measurement system of the Eco Compass to a larger scale.



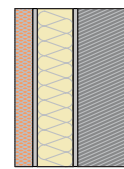
A.2



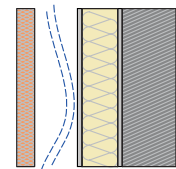
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- **Impacto Social:** Como se comentó anteriormente, para la Etapa de Producción de Materiales se podría tener contacto directo con la empresas manufactureras para de esta manera tener mayor acceso a la información. A su vez, si se tomaría en cuenta la Etapa de Construcción y/o Derribo, se podría apreciar los impactos generados en estas etapas, como podría ser la contaminación y el discomfort acústico durante el tiempo de construcción. En la etapa de Derribo, se podría tomar en cuenta los impactos que generan los vertederos de materiales constructivos, el discomfort y la contaminación del proceso de deconstrucción.

Como se mencionó en el Capítulo 1 de este documento, para la Etapa de Uso también se pueden tomar muchos más parámetros que el confort térmico, como podrían ser el confort acústico, la iluminación natural, el emplazamiento del edificio y su fácil conectividad a servicios públicos, la calidad del air interior, la seguridad, etc.

#### 4. COMPARATIVA DE ASCV TIPOLOGÍAS BASE Y MEJORAS

Luego de haber explicado la importancia de la metodología, nos concentramos en la comprobación del funcionamiento de este sistema de evaluación, aplicándola al estudio de cinco sistemas

o Other parameters or indicators could be taken into account in order to arrive to a more precise results that can better evaluate the architectural element or building. The following are some parameters that could be easily included in the methodology to generate data further:

- **Environmental Impact:** This category of Impact could take into account the CO<sup>2</sup> emissions generated at each stage of the life cycle. It could also check the amount of water consumed throughout the life cycle, as water is a precious resource. Also, the other stages of the Lifecycle could be taken into account, as well.

- **Economic Impact:** For this impact could be taken into consideration the Net Saleable Area, taking into account the different thicknesses of each system and how this would affect the Net Saleable Area. At the same time, consideration could be given to possible carbon offsets produced by the building throughout its life cycle. Also supporting future regulations that watch over this aspect.

- **Social Impact:** As mentioned previously, for the Material Production Stage, direct contact with the manufacturing companies could help adding a more robust approach, in order to gain greater access to information. Also, if the Construction and / or Demolition Stage is taken into account, the

Tabla 56\_

**Título:** Tabla de resumen de resultados.

**Descripción:** En la primera tabla se agrupan todos los resultados totales generados por cada una de las tipologías durante las etapas analizadas. En la segunda tabla se agrupan los valores generados siguiendo el sistema de puntuación explicado en el capítulo 1. Por lo tanto, esta tabla resume la totalización del ASCV.

Fuente: Imagen creada por autor de documento.

Figura 127

**Título:** Tipologías seleccionados

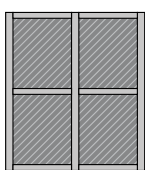
**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

Fuente: Imagen creada por autor de documento

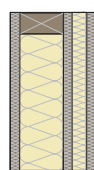
Resumen de Resultados		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripción	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Termo Arcilla	1,328.66	8,828.90	87.17	750.35	5	71,375.00
A.2- Mejora	Hormigón Celular	2,205.62	8,770.47	82.67	745.38	1	68,225.00
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	720.92	7,714.90	103.70	862.52	2	49,700.00
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	670.38	7,688.00	103.85	859.48	3	46,200.00
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	672.76	7,674.73	104.96	857.98	3	46,050.00
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	1,328.66	8,782.23	88.83	746.38	5	64,025.00
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	2,205.62	8,750.67	84.33	743.70	1	63,275.00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908.81	7,676.20	85.26	783.34	3	46,500.00
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850.49	7,642.57	87.11	779.85	3	45,675.00
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853.24	7,561.80	87.63	771.47	3	45,100.00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908.81	6,976.20	86.93	729.45	3	39,852.50
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850.49	6,942.80	88.78	725.98	3	39,375.00
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853.24	6,877.37	89.30	719.20	3	38,950.00

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social		TOTAL ASCV
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	
Tipología	Descripción							
A.2- Base	Termo Arcilla	3	5	2	2	5	5	3.7
A.2- Mejora	Hormigón Celular	5	4	1	2	1	4	2.8
B.1.3.1- Base	Madera Contrachapada + EPS	2	3	5	5	2	3	3.3
B.1.3.1- Mejora 1	Madera Contrachapada + Lana Mineral	1	3	5	4	3	2	3.0
B.1.3.1- Mejora 2	Madera Contrachapada + Fibra de Madera	2	3	5	4	3	2	3.2
B.2.1.2- Base	Termo Arcilla + Aire	3	4	2	2	5	4	3.3
B.2.1.2- Mejora	Hormigón Celular + Aire	5	4	1	2	1	4	2.8
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	2	3	2	3	3	3	2.7
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	2	3	2	3	3	2	2.5
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	2	3	2	1	3	1	2.0
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2	2.2
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2	2.2
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	2	1	2	1	3	2	1.8

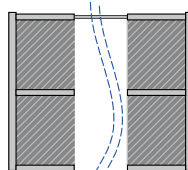
Tabla 56\_



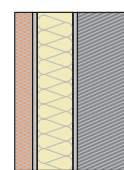
A.2



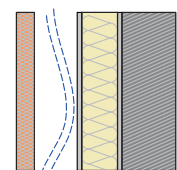
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1

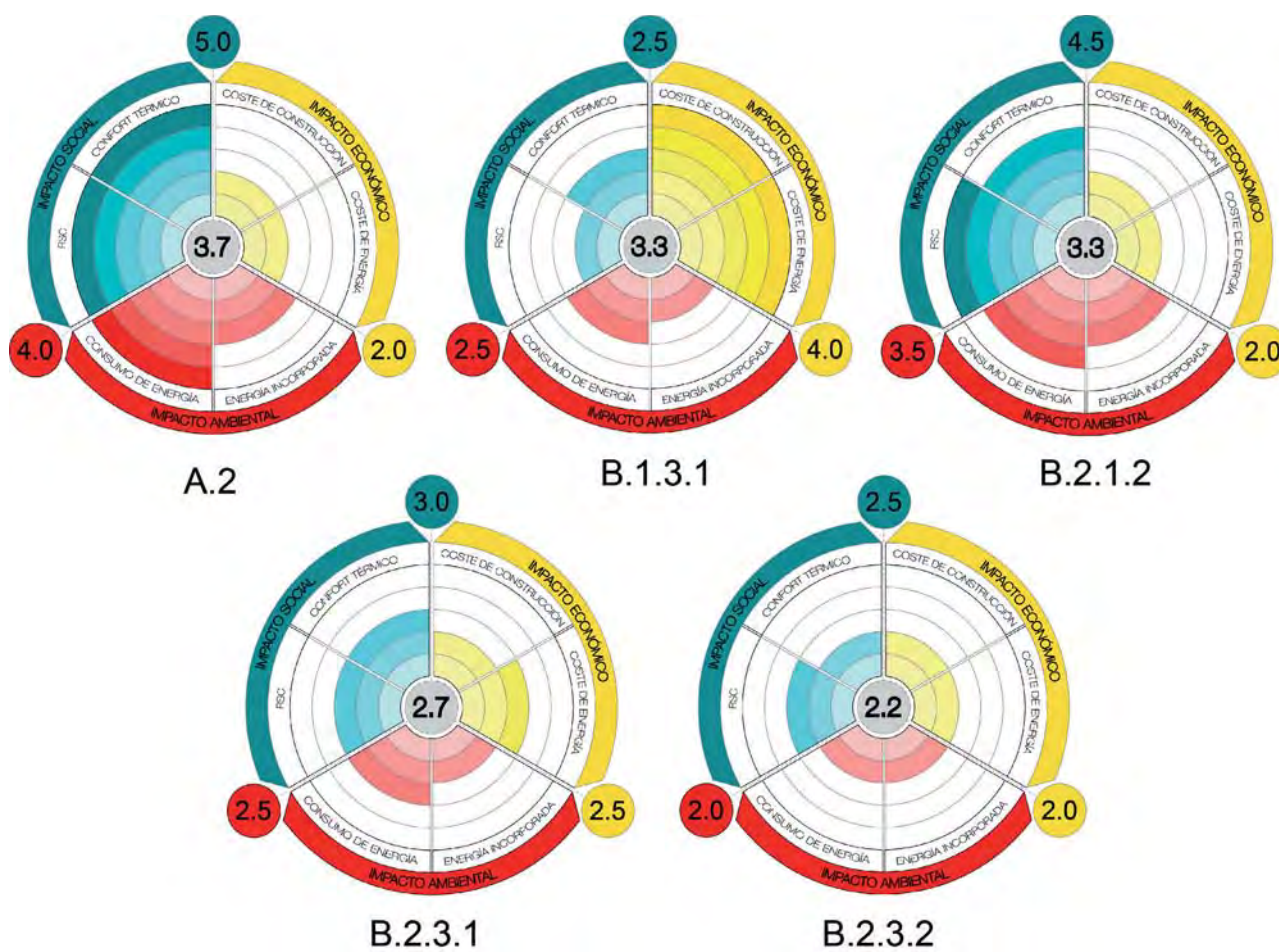


B.2.3.2

Figura 126\_

**Título:** Eco Brújula resultados Tipologías Bases  
**Descripción:** En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de cada tipología Base utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento



Gráfica 26\_

Figura 128\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

constructivos de muro exterior, no sólo comprueba que este sistema de evaluación funciona como herramienta para estudiar el nivel de sostenibilidad de estos sistemas constructivos, sino que también arroja resultados interesantes generando pautas de diseño aplicables a nuevos proyectos de arquitectura.

Al leer estas conclusiones vale la pena recordar que todas las tipologías bases y sus mejoras tiene el mismo valor de transmitancia térmica, o valor de la U, por lo tanto todas las reducciones que se identifican son bajo la misma estrategia térmica. Ejemplificando por que, la correcta selección de los sistemas constructivos y los materiales tiene tanta importancia.

A continuación se resumirán estos resultados acompañados con las conclusiones que arroja la investigación:

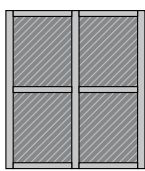
**a. ACV-Ambiental:** En esta sección de las conclusiones se analizarán los resultados del estudio del impacto ambiental generado durante la etapa de producción de materiales y uso del ciclo de vida del elemento constructivo.

impacts generated in these stages could be appreciated, such as pollution and acoustic discomfort during construction stage. In the demolition stage, the impacts generated by landfills of construction materials, discomfort and contamination of the deconstruction process could be taken into account.

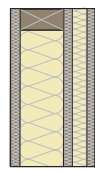
As mentioned in Chapter 1 of this document, many more parameters than thermal comfort can be taken for the Use Stage, such as acoustic comfort, natural lighting, building location and easy connectivity to public services, the indoor air quality, the security, etc.

## 4. LSCA COMPARATIVE BASIC TYPOLOGIES AND IMPROVEMENTS

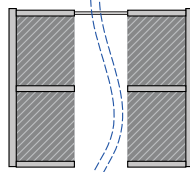
After explaining the importance of the methodology, we focused on verifying the functioning of this evaluation system, applying it to the study of five exterior wall system, not only proving that this evaluation system works as a tool to study the level of Sustainability of these construction systems, but also yields interesting results generating design guidelines applicable to new architectural projects.



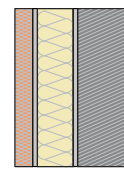
A.2



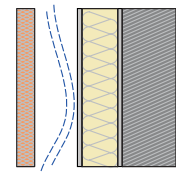
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

• **Etapa de Producción de Materiales –Energía y Carbón Incorporado al Material–:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto es la que tiene en su mayoría materiales de origen natural con baja energía incorporada –B.1.3.1–, produciendo 40% menos de impacto comparado con el sistema A.2. y B.2.1.2 el cuál es el que genera mayor impacto. Esto sucede porque se requiere mucha energía para extraer la materia prima y para producir los bloques de termo arcilla.

Este 40% menor de consume de energía representa un ahorro de 607.74 KWh/m<sup>2</sup> durante el periodo de Producción de Materiales.

Con esto podemos concluir que, si se desea reducir el impacto ambiental en la etapa de producción de materiales, se deben especificar materiales con baja energía incorporada, y en su mayoría los materiales que son de origen natural son los que cumplen con estos parámetros.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras –materiales alternativos–.

When reading these conclusions, it is worth remembering that all the basic typologies and their improvements have the same value of thermal transfer, or U value, therefore all the reductions of the sustainable footprint, that are identified are under the same thermal strategy. Exemplifying why the correct selection of construction systems and materials is so important.

These results will be summarized below, accompanied by the conclusions of the research:

**a. LCA–Environmental:** This section of the conclusions will analyse the results of the study of the environmental impact generated during the stage of production of materials and use of the life cycle of the constructive element

• **Stage of Production of Materials –Energy and Carbon Incorporated to Material–:** At this stage it can be verified that the typology that generates less impact is the one that has mostly materials of natural origin with low embodied energy –B.1.3.1–, Producing 40% less impact compared to the A.2 system and B.2.1.2 which is the one that generates the greatest impact. This happens because it takes a lot of energy to extract the raw material and to produce the blocks of thermal clay.



Figura 129\_

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que el material que tiene mayor impacto ambiental durante esta etapa es el hormigón celular, generando un promedio de un 40% mayor en el consumo de energía —876.96 kWh/m<sup>2</sup>—comparado con la termo arcilla.

Esto sucede gracias a que la extracción y el procesamiento del hormigón celular es más complejo que el de la termo arcilla, por lo tanto, la producción de este material genera mayor impacto.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: La lana mineral tiene menos energía gris que el EPS, ya que es un material que proviene de fuentes naturales; generando 6% menor en el consumo de energía —58.32 kWh/m<sup>2</sup>—. El material aislante de EPS es un material de origen pétreo que para requiere de mucha energía tanto para la extracción de la materia prima y como para el proceso de fabricación del material final. Esto evidencia la diferencia entre especificar materiales de origen pétreo vs origen natural.

A su vez, la lana mineral tiene menos impacto que el panel de madera, a pesar que ambos materiales son de origen natural. Esto se debe a que para producir el panel de fibra de madera se necesita utilizar un aglomerante para acumular la materia prima, este aglomerante es de origen pétreo, lo cual influencia el impacto de este material.

This 40% lower energy consumption represents a savings of 607.74 kWh/m<sup>2</sup> during the period of Materials Production.

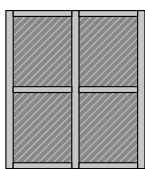
With this we can conclude that if it is desired to reduce the environmental impact in the stage of production of materials, materials with low embodied energy must be specified, and mostly materials that are of natural origin are those that meet these parameters.

After having this clear, we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.

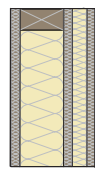
### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

- A.2 Base + Improvements: We can see that the material that has the greatest environmental impact during this stage is aircrete, generating an average of 40% higher of energy consumption – 876.96 kWh/m<sup>2</sup> – compared to the thermal clay. This happens because the extraction and processing of the aircrete is more complex than the one of the thermal clay, therefore the production of this material generates greater impact.

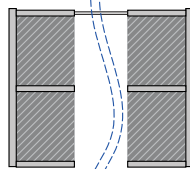
- B.1.3.1 Base + Improvements: Mineral wool has less gray energy than EPS, since it is a material t



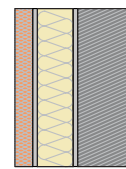
A.2



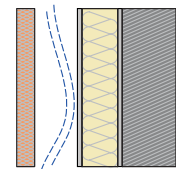
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2
- B.2.3.1 Base + Mejoras: Los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1
- B.2.3.2 Base + Mejoras: Los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1

• **Etapas de Uso – Consumo de energía –:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto –B.2.3.2– consumiendo 10% menos de energía –184.86 kWh/m<sup>2</sup>– comparada con la tipología A.2 que es la que genera mayor impacto. Esto sucede porque es la que logra adaptarse mejor a los cambios de temperaturas del clima local, teniendo diferentes estrategias de diseño que permiten resguardarse contra el frío de invierno –aislamiento térmico– y combatir el calor del verano –inercia térmica y cámara de aire –. Como se comentó anteriormente, la tipología que genera mayor impacto, la –A.2–, es la que menos logra adaptarse al clima, teniendo una sola estrategia de diseño que le permite trabajar con la inercia térmica.

Con esto podemos concluir que, si se desea reducir el impacto ambiental en la etapa de uso, se deben especificar sistemas constructivos que permitan que la envolvente se puede adaptar al clima local, teniendo la cantidad de estrategias

that comes from natural sources; Generating 6% lower in energy consumption –58.32 kWh/m<sup>2</sup>–. The insulating material of EPS is a material of petrous origin that requires a lot of energy both for the extraction of the raw material and for the manufacturing process of the final material. This shows the difference between specifying materials of petrous origin vs. natural origin.

Also, mineral wool has less impact than the wood panel, although both materials are naturally resource. This is due to the fact that to produce the wood fiber panel it is necessary to use a binder to accumulate the raw material, this binder is of petrous origin, which influences the impact of this material.

- B.2.1.2 Base + Improvements: Comparative results are similar to typology A.2
- B.2.3.1 Base + Improvements: The comparative results are similar to the typology B.1.3.1
- B.2.3.2 Base + Improvements: The comparative results are similar to the typology B.1.3.1

• **Stage of Use – Energy consumption –:** At this stage it can be verified that the typology that generates the least impact – B.2.3.2 – consuming 10% less energy – 184.46 kWh/m<sup>2</sup> – compared to the typology A.2 Is the one that generates the greatest impact. This happens because it is the one that

Figura 130\_

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

necesarias para combatir con los cambios de temperaturas y niveles de humedad del espacio exterior.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que el hormigón celular tiene mejor comportamiento que la termo arcilla, reduciendo el consumo de energía durante esta etapa en una proporción del 1% —58.43 kWh/m<sup>2</sup>—, esto sucede porque le añade más masa térmica a la solución constructiva, lo cual ayuda a reducir el consumo de energía durante los meses de verano.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: El material aislante térmico que mejor se comporta es el de fibra de madera, teniendo una reducción del consumo de energía de un promedio del 1.4% —98.83 kWh/m<sup>2</sup>—; porque la madera comprimida le añade un poco de inercia térmica a la fachada, ayudando a que una tipología que no tiene ningún material con inercia térmica, pueda tener un grado mayor de masa térmica.

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2.

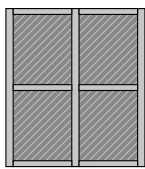
is able to adapt better to changes in local climate temperatures, having different design strategies that allow shelter against the cold of winter – thermal insulation – and combat the heat of summer – thermal mass and cavity –. As mentioned previously, the typology that generates the greatest impact, the –A.2–, is the one that is less able to adapt to the climate, having a single design strategy that allows it to work with thermal inertia.

With this we can conclude that, if it is desired to reduce the environmental impact in the stage of use, it is necessary to specify constructive systems that allow the envelope to be adapted to the local climate, having the amount of strategies necessary to combat with the changes of temperatures and Moisture levels of outer space.

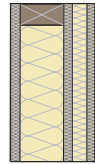
Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.

#### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

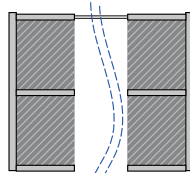
- A.2 Base + Improvements: We can see that the aircrete has better performance than the thermal clay, reducing the energy consumption during this stage in a proportion of 1% —58.43 kWh/m<sup>2</sup>—, this happens because it adds more thermal mass to the constructive solution, which helps reduce energy



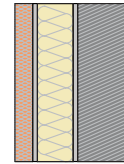
A.2



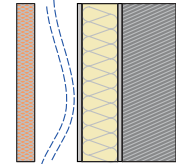
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- B.2.3.1 Base + Mejoras: El material aislante térmico que mejor se comporta es el de fibra de madera; porque la madera comprimida le añade un poco de inercia térmica a la fachada. Aumentando de esta manera la masa térmica del sistema constructivo.

- B.2.3.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.2.3.1.

• **Total ACV Ambiental:** En la totalidad del ciclo de vida estudiado en esta investigación se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto durante todo el ciclo es la B.2.3.2 teniendo una reducción del 22% del consumo de energía comprada con la tipología A.2 –2272.55 kWh/m<sup>2</sup> menos— sobre las etapas del ciclo de vida estudiadas comparándola con la tipología A.2. Esto se debe a que es la que logra adaptarse mejor a los cambios de temperatura del clima local, teniendo diferentes estrategias de diseño que permiten resguardarse contra el frío de invierno –aislamiento térmico— y combatir el calor del verano –inercia térmica y cámara de aire —; que a su vez tiene un buen equilibrio en términos de energía gris. Por lo tanto se consigue un buen balance entre el impacto producido en la etapa de producción de materiales y la etapa de uso.

consumption during the summer months.

- B.1.3.1 Base + Improvements: The thermal insulation material that best behaves is that of wood fiber, having a reduction of energy consumption of an average of 1.4% –98.83 kWh/m<sup>2</sup>–; Because the compressed wood adds a bit of thermal inertia to the facade, helping a typology that does not have any material with thermal inertia, to have a higher degree of thermal mass.

- B.2.1.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology A.2.

- B.2.3.1 Base + Improvements: The thermal insulation material that behaves best is that of wood fiber; Because the compressed wood adds a bit of thermal inertia to the facade. This increases the thermal mass of the construction system.

- B.2.3.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.2.3.1.

• **Total Environmental LCA:** During the whole life cycle studied in this research it can be verified that the typology that generates the least impact during the whole life cycle is the B.2.3.2 having a reduction of 22% of the energy consumption purchased with the typology A.2 –2272.55 kWh / m<sup>2</sup> less – on this stages of the life cycle studied compared to the typology A.2. This is because it is the one that is able to adapt better to the changes in temperature of the local climate, having different design

Figura 131\_

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

A su vez podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto durante la totalidad del ciclo de vida estudiado en este análisis –A.2– es la que menos logra adaptarse al clima, teniendo una sola estrategia de diseño que le permite trabajar con la inercia térmica; y que además de este sistema es el que tiene más energía incorporada, por lo cual el impacto es negativo en ambas etapas.

Con esto se concluye que, si se desea reducir el impacto ambiental, se deben especificar sistemas constructivos compuestos por materiales con reducida energía incorporada, y que permitan que la envolvente se pueda adaptar al clima local, teniendo la cantidad de estrategias necesarias para combatir con las temperaturas y niveles de humedad del espacio exterior.

Luego de tener esto claro, se procedió a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras –materiales alternativos–.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

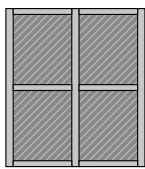
- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que la composición que tiene menor impacto es la de termo arcilla, esto sucede porque el impacto negativo en la etapa de uso se equilibra con el impacto reducido durante la etapa de producción, en comparación con el hormigón celular el cual se comporta de manera inversa.

strategies that allow to guard against the cold of winter – thermal insulation – and to combat the heat of the summer – thermal mass and cavity –; Which also has a good balance in terms of gray energy. Therefore, a good balance is achieved between the impact produced in the stage of production of materials and the stage of use.

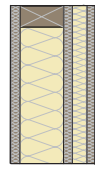
Also, we can conclude that the typology that generates the greatest impact during the whole life cycle studied in this analysis –A.2– is the one that least able to adapt to the climate, having a single design strategy that allows it to work with thermal mass; in addition to this system is the one that has more embodied energy, the reason why the impact is negative in both stages.

This concludes that, if it is desired to reduce the environmental impact, it is necessary to specify construction systems composed of materials with low embodied energy, that allow the envelope to be adapted to the local climate, having the necessary strategies to combat with the Temperatures and humidity levels of outer space.

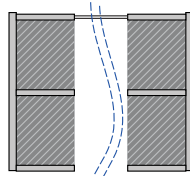
Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.



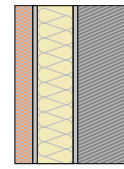
A.2



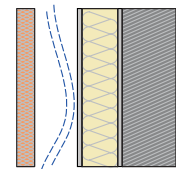
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- B.1.3.1 Base + Mejoras: En esta comparativa las tres composiciones tienen el mismo nivel de impacto durante la etapa de producción, pero la lana mineral es la que tiene menor impacto durante la etapa de producción por lo tanto es la que tiene mejor rendimiento.
- B.2.1.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2
- B.2.3.1 Base + Mejoras: En esta tipología las tres composiciones se comportan de igual manera, generando el mismo nivel de impacto ambiental.
- B.2.3.2 Base + Mejoras: Podemos notar que la tipología compuesta por fibra de madera como material aislante térmico produce menor impacto ambiental durante la etapa de uso, reduciendo el consumo de energía, esto, junto con su baja energía incorporada durante la etapa de producción, hace que sea la tipología y la composición con menor impacto ambiental.

**b. Impacto Económico CCV:** En esta sección de las conclusiones se analizarán los resultados producto del estudio del impacto económico generado durante la etapa de producción de materiales y uso del ciclo de vida del elemento constructivo.

### Comparison of basic typologies plus improvements:

- A.2 Base + Improvements: We can notice that the composition that has less impact is the one of thermal clay, this happens because the negative impact in the stage of use is balanced with the reduced impact during the stage of production, in comparison with the Aircrete which behaves inversely.
- B.1.3.1 Base + Improvements: In this comparison the three compositions have the same level of impact during the production stage, but the mineral wool is the one that has less impact during the production stage therefore it is the one that has better performance.
- B.2.1.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology A.2
- B.2.3.1 Base + Improvements: In this typologies the three compositions behave in the same way, generating the same level of environmental impact.
- B.2.3.2 Base + Improvements: We can see that the typology composed of wood fiber as a thermal insulating material produces less environmental impact during the use stage, reducing energy consumption. This together with its low embodied energy during the Stage of production, makes the typology and composition with less environmental impact.

Figura 132\_

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

• **Etapa de Producción de Materiales –Coste de producción y procura–:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que genera en la B.2.3.1. teniendo 17% de menor impacto comparada con la tipología B.1.3.1., esto se traduce en 18.44 €/m<sup>2</sup>. Esto se debe a que está compuesta por materiales tradicionales, de fácil adquisición local, y además, es la que cuenta con menor cantidad de materiales por la cámara de aire. También podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto –B.1.3.1 –. es las que están compuesta por materiales no tradicionales de difícil adquisición local, que no se acostumbra a usar en el ámbito de la construcción de España.

Con esto podemos concluir, que si se desea reducir el impacto económico en la etapa de producción de materiales se deben especificar materiales tradicionales y locales que sean de fácil adquisición, de esta manera se reducen costes durante la producción y obtención del material.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras –materiales alternativos–.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

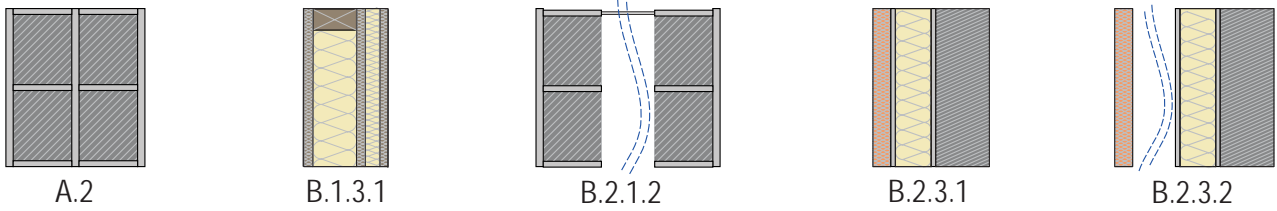
- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que ambos materiales tiene un buen rendimiento en esta etapa del ciclo de vida y en esta categoría de

**b. Economic Impact LCC:** This section of the conclusions will analyse the results of the study of the economic impact generated during the stage of production of materials and use of the life cycle of the constructive element.

• **Production stage of Materials–Production and demand stage–:** At this stage it can be verified that the typology that generates less impact –B.2.3.2. Is the one that is composed of traditional materials, of easy local acquisition, and in addition is the one that counts on less amount of materials, since it does not have the tube of air. We can also conclude that the typology that generates the greatest impact – B.1.3.1 –. Are those that are composed of non–traditional materials of difficult local acquisition, which is not customary to use in the field of construction of Spain.

With this we can conclude that if we want to reduce the economic impact in the production stage of materials we must specify traditional and local materials that are easy to acquire, thus reducing costs during the production and procurement of the material.

Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.



impacto. Pero también se puede mencionar que el hormigón celular genera 5% de menor impacto que la termo arcilla, esto se traduce en 4.5 €/m<sup>2</sup>. Esto se debe a que el hormigón celular se puede conseguir por medio de empresas de mayor escala que la termo acilla. Al ser empresas de mayor escala tienen el mercado mejor estudiado y logran reducir sus costes para ser más competitivos.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: La lana mineral tiene menos impacto que el EPS y la fibra de madera, ya que es un material de fácil adquisición en el mercado y logra tener un precio competitivo con respecto a materiales más tradicionales como el EPS. La diferencia del Impacto Económico es de 3% menos, siendo el EPS es que produce menos impacto y la fibra de madera la que produce más, esto se traduce en un promedio del 2.3 €/m<sup>2</sup>.

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2

- B.2.3.1 Base + Mejoras: La lana mineral tiene menos impacto que el EPS y la fibra de madera, ya que es un material de fácil adquisición en el mercado y que logra tener un precio competitivo con respecto a materiales más tradicionales como el EPS. Pero como este sistema constructivo está compuesto por materiales tradicionales, el rendimiento en términos económicos durante esta etapa es bueno para las tres composiciones. Lo cual hace que las tres terminen teniendo el mismo nivel de impacto dentro del sistema de evaluación

### Comparison of basic typologies plus improvements:

- A.2 Base + Improvements: We can see that both materials have a good performance in this stage of the life cycle and in this category of impact. But it is worth to mentioning that the aircrete generates 5% of less impact than the thermal clay, this translates into 4.5 €/m<sup>2</sup>. This is due to the fact that aircrete can be obtained by means of companies of greater scale than the thermal clay. Being larger scale companies have the market better studied and manage to reduce their costs to be more competitive.

- B.1.3.1 Base + Improvements: Mineral wool has less impact than EPS and wood fiber, since it is an easily available material in the market and achieves a competitive price compared to more traditional materials such as EPS. The difference in economic impact is 3% less, with EPS being less impact and wood fiber producing more, this translates into an average of 2.3 €/m<sup>2</sup>.

- B.2.1.2 Base + Improvements: Comparative results are similar to typology A.2

- B.2.3.1 Base + Improvements: Mineral wool has less impact than EPS and wood fiber, since it is a material easily acquired in the market and manages to have a competitive price with respect to more traditional materials like The EPS. But as this constructive system is composed of traditional materials, the economic performance during



Figura 133\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

utilizado para esta investigación.

- B.2.3.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.2.3.1.

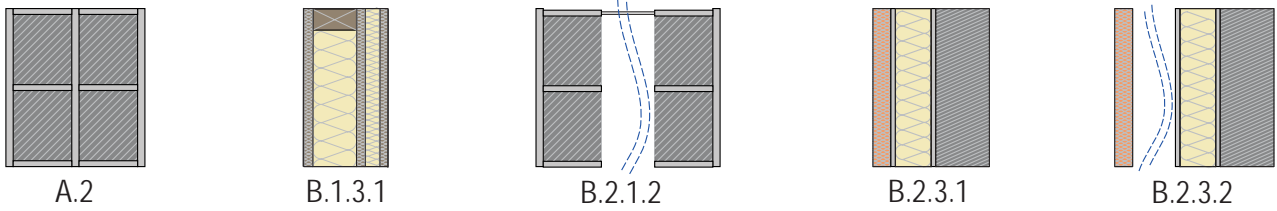
• **Etapa de Uso – Coste de energía –:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto es la B.2.3.2, teniendo una reducción del 15% comparada con la tipología B.1.3.1 que es la que genera mayor impacto. Esta diferencia se traduce en un ahorro de 133.07 €/m<sup>2</sup>. Esto sucede porque logra adaptarse mejor a los cambios de temperaturas del clima local, teniendo diferentes estrategias de diseño que permiten resguardarse contra el frío de invierno –aislamiento térmico– y combatir el calor del verano –inercia térmica y cámara de aire–. A su vez podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto es la B.1.3.1, ya que este sistema sólo tiene una estrategia que reduce el consumo de energía durante los meses de inviernos –aislamiento térmico–, pero no tiene una estrategia que ayude a reducir el riesgo de sobre calentamiento en los meses de verano, esto hace que el coste de electricidad en los meses de verano sea muy elevado.

Con esto podemos concluir, que si se desea reducir el impacto económico en la etapa de uso se deben especificar sistemas constructivos que

this stage is good for the three compositions. This makes the three end up having the same level of impact within the evaluation system used for this research.

- B.2.3.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.2.3.1.

• **Usage Stage – Energy Cost –:** At this stage it can be verified that the typology that generates the least impact is B.2.3.2, having a reduction of 15% compared to the typology B.1.3.1 which is the one that Generates greater impact. This difference translates to a savings of 133.07 €/m<sup>2</sup>. This happens because it manages to adapt better to the changes of local climate temperatures, having different design strategies that allow to guard against the cold of winter – thermal insulation – and to combat the heat of the summer – thermal construction and tube of air. Also we can conclude that the typology that generates the greatest impact is B.1.3.1, since this system only has a strategy that reduces energy consumption during the winters months – thermal insulation – but does not have a strategy that help reduce the risk of overheating in the summer months, this makes the cost of electricity in the summer months very high.



permitan disminuir el consumo de energía durante los meses de verano; reduciendo de esta manera el consumo de energía eléctrica. Esto pasa porque la energía eléctrica es casi tres veces más costosa que la energía de gas natural; por lo tanto, la disminución del consumo de este tipo de energía impacta más drásticamente el impacto económico que la reducción del consumo de gas natural.

Vale la pena mencionar que este impacto también se podría ver beneficiado de sistemas de generación de energía renovable que aporten al consumo de energía eléctrica. Es decir, por ejemplo, si el edificio cuenta con un sistema de paneles fotovoltaicos, que generan energía eléctrica, esta fuente de energía renovable supliría a el edificio de energía eléctrica sin generar mayor costo que el de la instalación y su mantenimiento. Esto no se podría hacer para suplantar la energía de gas natural.

También vale la pena analizar la comparativa entre la tipología B.2.3.1 y B.2.3.2. Ambas tipologías son sistemas tradicionales: uno con cámara de aire —B.2.3.2— y otra sin cámara de aire —B.2.3.1—. En esta comparativa se puede notar la importancia de la cámara de aire, generando una reducción del coste de un promedio de 53.89 €/m<sup>2</sup>añ. La cámara de aire reduce el riesgo de sobre calentamiento durante los meses de verano, ya que podemos notar como el coste —y por ende

With this we can conclude that if it is desired to reduce the economic impact in the stage of use it is necessary to specify constructive systems that allow to reduce the energy consumption during the summer months; Thus reducing the consumption of electrical energy. This happens because electric energy is almost three times more expensive than natural gas energy, therefore the reduction of consumption of this type of energy impacts more drastically the economic impact than the reduction of natural gas consumption.

It is worth mentioning that this impact could also be benefited from renewable energy generation systems that contribute to the consumption of electricity. That is to say, if the building has a photovoltaic panel system, which generates electric energy, this renewable energy source would supply the electric power building without generating a higher cost than the installation and maintenance. This could not be done to supplant natural gas energy.

It is also worth analysing the comparison between typology B.2.3.1 and B.2.3.2. Both typologies are traditional systems: one with cavity — B.2.3.2 — and another without ventilated cavity — B.2.3.1 —. In this comparison the importance of the cavity can be noted to reduce the risk of overheating during the summer months, as we can see how the cost

Figura 134\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

el consumo— de la energía eléctrica que se utiliza para refrigerar el edificio es mucho mayor cuando la tipología no tiene la cámara de aire ventilada.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—. Es importante mencionar que las tendencias de los resultados comparativos son parecidos al impacto ambiental , pero por diferentes razones.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que el hormigón celular tiene mejor comportamiento que la termo arcilla, generando 1% menos de impacto económico en esta etapa —4.97 €/m<sup>2</sup> menos—, reduciendo más el consumo de energía eléctrica durante esta etapa.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: El material aislante térmico que mejor se comporta es el de fibra de madera, generando una reducción del 1.3% comparada con el EPS —6.78 €/m<sup>2</sup> menos—. Esto sucede porque la madera comprimida le añade un poco de inercia térmica a la fachada, ayudando a disminuir en pequeña escala el sobre calentamiento en los meses de verano, y por lo tanto reduciendo el coste de energía eléctrica. De esta manera ayuda a que una tipología que no tiene ningún material con inercia térmica, pueda tener un grado mayor de masa térmica.

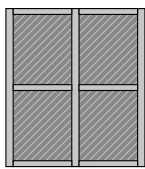
– and therefore the consumption – of the electric energy used to cool the building is much larger when the typology does not have the ventilated cavity.

Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials. It is important to mention that the trends of the comparative results are similar to the environmental impact, but for different reasons.

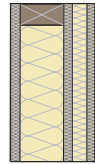
#### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

- A.2 Base + Improvements: We can see that the aircrete has a better performance than the thermal clay, generating 1% less economic impact in this stage —4.97 €/m<sup>2</sup> less –, reducing further the consumption of electric energy during this stage.

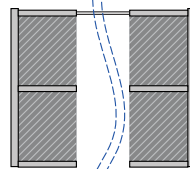
- B.1.3.1 Base + Improvements: The thermal insulating material that best behaves is that of wood fiber, generating a reduction of 1.3% compared to EPS —6.78 €/m<sup>2</sup> less—. This happens because the compressed wood adds a bit of thermal inertia to the façade, helping to reduce on a small scale the overheating in the summer months, and therefore reducing the cost of electric energy. In this way it helps that a typology that does not have any material with thermal inertia, can have a higher degree of thermal mass.



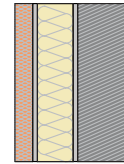
A.2



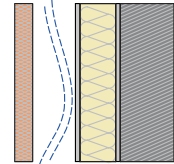
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2.
- B.2.3.1 Base + Mejoras: El material aislante térmico que mejor se comporta es el de fibra de madera; porque la madera comprimida le añade un poco de inercia térmica a la fachada. Aumentando de esta manera la masa térmica del sistema constructivo y ayudando a reducir el riesgo de sobre calentamiento y por ende el coste de energía eléctrica.
- B.2.3.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.2.3.1.

• **Total CCV Económico:** En la totalidad del ciclo de vida estudiado en esta investigación se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto durante todo el ciclo es la B.2.3.2, generando una reducción del 15% del coste de energía en comparación con la B.1.3.1 que es la que mayor impacto tienen  $-149,84 \text{ €/m}^2$  menos—. Esto sucede porque es la que logra equilibrar de buena manera el coste de la producción y procura de los materiales, especificando unos de fácil adquisición local. Además logra disminuir el coste del consumo de energía, en especial durante los meses de verano, reduciendo el coste de la energía eléctrica. Por lo tanto se consigue un buen balance entre el impacto producido en la etapa de producción de materiales y la etapa de uso.

- B.2.1.2 Base + Improvements: The comparative results are similar to the typology A.2.
- B.2.3.1 Base + Improvements: The thermal insulation material that behaves best is that of wood fiber; Because the compressed wood adds a bit of thermal inertia to the facade. This increases the thermal mass of the construction system and helps reduce the risk of overheating and thus the cost of electric energy.
- B.2.3.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.2.3.1.

• **Total LCC Economic:** During the whole life cycle studied in this research it can be verified that the typology that generates the least impact during the whole cycle is B.2.3.2, generating a reduction of 15% of the energy cost in comparison with the B.1.3.1 that is the one with the greatest impact  $-149.84 \text{ € / m}^2$  less—. This happens because it is the one that manages to balance in a good way the cost of the production and demand of the materials, specifying ones of easy local acquisition. It also reduces the cost of energy consumption, especially during the summer months, reducing the cost of electricity. Therefore, a good balance is achieved between the impact produced in the stage of production of materials and the stage of use.

Figura 135\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

A su vez podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto durante la totalidad del ciclo de vida estudiado en este análisis es la B.1.3.1 pues es la que cuenta con una producción y procura de los materiales de mayor coste, ya que no son de fácil adquisición. Además genera mucho coste de energía, en especial energía eléctrica, durante los meses de verano, pues no tiene una estrategia para erradicar el sobre calentamiento durante esta etapa del año; por lo cual el impacto es negativo en ambas etapas.

Con esto se concluye que, si se desea reducir el impacto económico, se deben especificar sistemas constructivos que logren mitigar el sobre calentamiento en los meses de verano, reduciendo el coste de la energía eléctrica. Además se recomienda especificar sistemas constructivos con materiales de fácil adquisición donde se pueda hacer una búsqueda del mejor precio del mercado, ponderando varias empresas locales.

Luego de tener esto claro, se analizaron los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que la composición que tiene menor impacto es la de hormigón celular, esto sucede porque por una

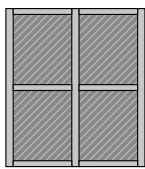
Also, we can conclude that the typology that generates the greatest impact during the entire life cycle studied in this analysis is B.1.3.1 because it has the production and demand of higher cost materials, since are easy to acquire. It also generates a lot of energy costs, especially electricity during the summer months, as it does not have a strategy to eradicate overheating during this stage of the year; So the impact is negative in both stages.

With this, it is concluded that, if it is desired to reduce the economic impact, it is necessary to specify construction systems that will mitigate overheating in the summer months, reducing the cost of electric energy. In addition, it is recommended to specify constructive systems with materials of easy acquisition where a search of the best price of the market can be made, pondering several local companies.

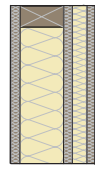
Then we analysed the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.

#### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

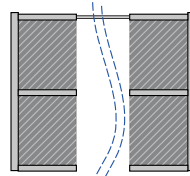
- A.2 Base + Improvements: We can see that the composition that has less impact is the one of aircrete. This happens because on the one hand the production and demand of the aircrete is less



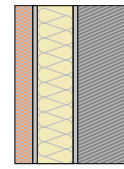
A.2



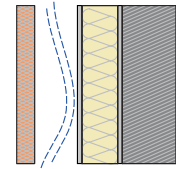
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

parte la producción y procura del hormigón celular es menos costosa, porque las empresas que lo producen son de mayor escala, y pueden ofrecer precios más competitivos. También le añade masa térmica al sistema, reduciendo el consumo de energía eléctrica durante los meses de verano.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: En esta comparativa, dos de las tres composiciones tiene el mismo nivel de impacto durante ambas etapas, siendo la lana mineral y la fibra de madera las que generan menor impacto por diferentes razones. La producción y procura de la lana mineral es menos costosa que la fibra de madera, pero la fibra de madera reduce el consumo de la energía eléctrica. Por lo tanto, ambas equilibran el impacto económico durante el ciclo de vida, teniendo una totalización igual.

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Podemos notar que las tendencias de esta tipología son iguales a la A.2, pero con la diferencia de que esta tipología genera menor impacto que la A.2.

- B.2.3.1 Base + Mejoras: En esta tipología la composición con EPS y lana mineral tiene comportamientos parecido; pero la fibra de madera tiene impactos parecidos en la etapa de producción. Sin embargo, en la etapa de uso logra reducir el coste de la energía, por lo tanto genera menor impacto durante todo el ciclo de vida.

expensive, because the companies that produce it are of greater scale, and can offer more competitive prices. It also adds thermal mass to the system, reducing the consumption of electrical energy during the summer months.

- B.1.3.1 Base + Improvements: In this comparison, two of the three compositions have the same impact level during both stages, with mineral wool and wood fiber being the ones that generate the least impact for different reasons. The production and demand of mineral wool is less expensive than wood fiber, but wood fiber reduces the consumption of electrical energy. Therefore, both balance the economic impact during the life cycle, having an equal totalization.

- B.2.1.2 Base + Improvements: We can see that the trends of this typology are equal to A.2, but with the difference that this typology generates less impact than A.2.

- B.2.3.1 Base + Improvements: In this typology the composition with EPS and mineral wool has a similar behaviour. But the wood fiber has a similar impacts in the production stage. However, in the stage of use it manages to reduce the cost of energy, thus generating less impact throughout the life cycle.

- B.2.3.2 Base + Improvements: We can see that the trends of this typology are the same as B.2.3.1, but with the difference that this typology generates less impact than B.2.3.1.

Figura 136\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

- B.2.3.2 Base + Mejoras: Podemos notar que las tendencias de esta tipología son iguales a la B.2.3.1, pero con la diferencia de que esta tipología genera menor impacto que la B.2.3.1.

**c. ACV- Social – Impacto Social–** En esta sección de las conclusiones se analizarán los resultados que arroja el estudio del impacto social generado durante la etapa de producción de materiales y uso del ciclo de vida del elemento constructivo.

• **Etapa de Producción de Materiales –RSC–:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que crea menor impacto es la B.1.3.1, generando un promedio del 40% de reducción del impacto en comparación a las tipologías A.2 y B.1.2.1. Esto se debe a que está compuesta por materiales producidos por empresas de gran escala que apoyándose en normativas locales, estatales y mundiales, logran tener un impacto positivo a nivel social.

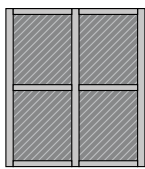
También se puede notar que las tipologías A.2 y B.2.1.2 son las que tienen mayor impacto negativo durante esta etapa, esto sucede porque la termo arcilla proviene de una empresa de mediana o pequeña escala, la cual tiene menos estrategias publicadas para reducir y asegurar mitigar el impacto social negativo.

**c.LCA– Social– Social Impact–** This section will analyse the results of the study of the social impact generated during the stage of production of materials and use of the life cycle of the constructive element.

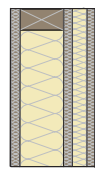
**Material Production Stage –RSC–:** At this stage it can be verified that the typology that generates the least impact is B.1.3.1, generating an average of 40% of impact reduction compared to typologies A.2 and B.1.2.1. This is because it is made up of materials produced by large scale companies that, based on local, state and global regulations, have a positive social impact.

It can also be noted that typologies A.2 and B.2.1.2 are the ones that have the greatest negative impact during this stage, this is because the thermal clay comes from a medium or small scale company, which has fewer strategies published for Reducing and ensuring mitigation of the negative social impact.

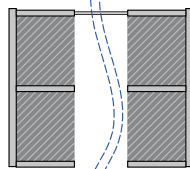
With this we can conclude that if we want to reduce the social impact in the stage of production of materials should be specified materials produced by large scale companies, preferably, which tend to have more strategies to mitigate negative impacts or produce positive impacts to social level.



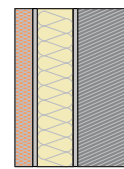
A.2



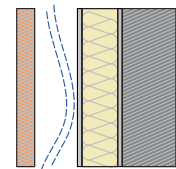
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Con esto podemos concluir, que si se desea reducir el impacto social en la etapa de producción de materiales se deben especificar materiales producidos por empresas de gran escala, preferiblemente, las cuales tienden a poseer más estrategias para mitigar los impactos negativos o producir impactos positivos a nivel social.

A su vez, por medio de la evaluación del RSC de las empresas estudiadas, se puede concluir que para mejorar estos impactos a nivel de estado o país, se deberían de exigir ciertos certificados que justifiquen dichas categorías de impacto, para de esta manera estandarizar las pólizas y los compromisos que todas las empresas, sean grandes o pequeñas, ofrecen. De esta manera se regula el impacto social, y no queda de parte de cada empresa justificar sus impactos, si no es parte de una normativa local. La manera en la que normalmente esto se toma en consideración, es que para cualquier obra pública se exigen tener ciertas normativas y certificados para que las empresas puedan licitar, de esta manera el gobierno local se muestra como pionero para demostrar el valor que la estandarización de la evaluación de la RSC de una empresa debería tener.

At the same time, through the CSR assessment of the companies studied, it can be concluded that in order to improve these impacts at the state or country level, certain certificates should be required to justify these categories of impact, in order to standardize the policies and commitments that all companies, whether large or small, offer. In this way, the social impact is regulated, and it is not left to each company to justify its impacts, if it is not part of a local regulation. The way in which this is normally taken into account is that for any public work it is required to have certain regulations and certificates for the companies to be able to tender, in this way the local government is shown as a pioneer to demonstrate the value that the standardization of the CSR assessment a company should have.

As mentioned earlier in Chapter 4; We must take into consideration that this study could be more profound if we have access to information of the companies that is not public. For example, working with a small-scale local business will not always have a negative impact, because you have to take more things into consideration, such as maybe because the company is small, you do not yet have all the regular certificates you require in order to qualify by some impact, but perhaps has strategies, less formal, to mitigate some impact, and such non-formal strategies are often not public information.



Figura 137\_

**Título:** Tipologías seleccionados.

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas.

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento.

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 4; hay que considerar que este estudio podría ser más profundo si se tiene acceso a información de las empresas que no sea pública. Por ejemplo, trabajar con una empresa local de pequeña escala no siempre representará un impacto negativo, porque hay que tomar más cosas en cuenta, como que tal vez al ser pequeña la empresa, aún no tiene todos los certificados regulares que requiere para poder calificar por algún impacto, pero tal vez tiene estrategias, menos formales, para mitigar algún impacto, y dichas estrategias no formales muchas veces no son información pública.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—.

**Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Cuando la tipología está compuesta por hormigón celular genera un menor impacto, generando una reducción del 80% del impacto comparado con la termo arcilla. Esto sucede gracias a que la empresa que manufactura este material es internacional, y cumple con casi todos los parámetros que se estudiaron para esta evaluación.

Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.

**Comparison of basic typologies plus improvements:**

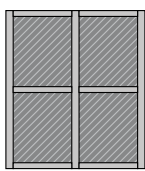
- A.2 Base + Improvements: When the typology is composed of aircrete it generates a smaller impact, generating a reduction of 80% of the impact compared to the thermal clay. This happens because the company that manufactures this material is international, and meets almost all the parameters that were studied for this evaluation.

- B.1.3.1 Base + Improvements: It is worth noting that the EPS as an insulating material generates a lower impact average, generating a reduction of 50% of the impact compared to the wood fiber that is the one that generates the least impact. The company that produces the EPS is an international company, but the companies of wool mineral and wood fiber, are companies of European scale, not global, having less parameters to combat the social impact.

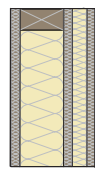
- B.2.1.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology A.2.

- B.2.3.1 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.1.3.1.

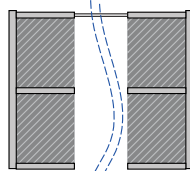
- B.2.3.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.1.3.1.



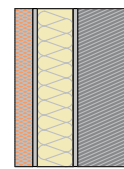
A.2



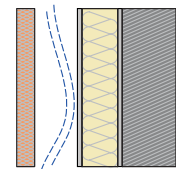
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

- B.1.3.1 Base + Mejoras: Se puede notar que el EPS como material aislante genera un promedio un menor impacto, generando una reducción del 50% del impacto comparado con la fibra de madera que es la que genera menor impacto. La empresa que produce el EPS es una empresa internacional, en cambio la empresas de la lana mineral y la fibra de madera, son empresas de escala europea, no mundial, teniendo menos parámetros para combatir el impacto social.
- B.2.1.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2.
- B.2.3.1 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1.
- B.2.3.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1.

• **Etapa de Uso – Confort –:** En esta etapa se puede comprobar que la tipología que genera menor impacto es la B.2.3.2, siendo la que logra reducir 40% del impacto comparada con la A.2. Esta reducción se traduce en 31,522.50 Horas de discomfort, que son 3.5 años. Esto sucede gracias a que es la que logra adaptarse mejor a los cambios de temperaturas del clima local, teniendo diferentes estrategias de diseño que permiten resguardarse contra el frío de invierno –aislamiento

• **Use – Comfort – Stage:** At this stage it can be verified that the typology that generates the smallest impact is B.2.3.2, being the one that manages to reduce 40% of the impact compared to the A.2. This reduction translates into 31,522.50 hours of discomfort, which are 3.5 years. This is due to the fact that it is the one that is able to adapt better to changes in local climate temperatures, having different design strategies to protect against the cold of winter – thermal insulation – and to combat the heat of the summer – thermal mass and cavity –. Also, we can conclude that the typology that generates the greatest impact is A.2, since this system only has a strategy that reduces the hours of discomfort during the summer months – thermal energy – but does not have a strategy that helps to reduce the risk of overheating in the summer months, generating many hours of discomfort at these times of the year.

With this we can conclude that if we want to reduce the impact in the stage of use we must specify constructive systems that allow to mitigate the hours of discomfort, adapting better to the local climate, having different strategies that allow the evolvment to behave physically in different ways When there are climatic changes in the locality where the building is located.

Figura 138\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

térmico— y combatir el calor del verano —inercia térmica y cámara de aire—. A su vez podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto es la A.2, ya que este sistema solamente tiene una estrategia que reduce las horas de discomfort durante los meses de verano —inercia térmica—, pero no tiene una estrategia que ayude a reducir el riesgo a sobre calentamiento en los meses de verano, generando muchísimas horas de discomfort en estas épocas del año.

Con esto podemos concluir, que si se desea reducir el impacto en la etapa de uso se deben especificar sistemas constructivos que permitan mitigar las horas de discomfort, adaptándose mejor al clima local, teniendo diferentes estrategias que le permitan a la envolvente comportarse físicamente de maneras diferentes cuando hay cambios climáticos en la localidad donde se ubica el edificio.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—.

#### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que el material que hormigón celular tiene mejor comportamiento que la termo arcilla, reduciendo un promedio de 5% menos de las horas de discomfort durante esta etapa, lo cual se traduce en 4 meses

Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials.

#### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

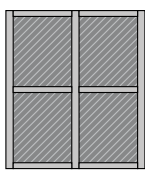
- A.2 Base + Improvements: We can notice that the material that aircrete has better behaviour than the thermal clay, reducing an average of 5% less hours of discomfort during this stage, which translates into 4 months of discomfort. This is because it adds more thermal mass to the system.

- B.1.3.1 Base + Improvements: The thermal insulating material that behaves best is that of wood fiber. Reducing an average of 2.2%, being 950 hours of discomfort. This is because the compressed wood adds a bit of thermal inertia to the façade, helping to reduce overheating a bit in the summer months, and therefore reduces the hours of discomfort a little. Helping thus that a typology that does not have any material with thermal inertia, can have a greater degree of thermal mass.

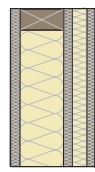
- B.2.1.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology A.2.

- B.2.3.1 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.1.3.1.

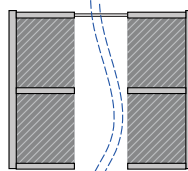
- B.2.3.2 Base + Improvements: The trends of the comparative results are similar to the typology B.1.3.1.



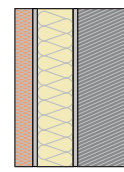
A.2



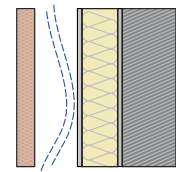
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

de discomfort. Esto se debe a que le añade más masa térmica al sistema.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: El material aislante térmico que mejor se comporta es el de fibra de madera. Reduciendo un promedio del 2.2%, siendo 950 horas de discomfort. Esto se debe a que la madera comprimida le añade un poco de inercia térmica a la fachada, ayudando a reducir un poco el sobre calentamiento en los meses de verano, y por lo tanto logra reducir un poco las horas de discomfort. Ayudando así a que una tipología que no tiene ningún material con inercia térmica, puede tener un grado mayor de masa térmica.

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología A.2.

- B.2.3.1 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1.

- B.2.3.2 Base + Mejoras: Las tendencias de los resultados comparativos son parecidos a la tipología B.1.3.1.

• **Total ACV Social:** Como se mencionó en los capítulos anteriores de este documento; el impacto social no se puede totalizar bajo un mismo indicador, esto sucede porque cada etapa se mide en diferentes unidades funcionales, lo cual no se puede totalizar con una simple suma, como se hace con las otras categorías de impacto.

• **Total Social LCA:** As mentioned in previous chapters of this document; The social impact cannot be totalized under the same indicator, this happens because each stage is measured in different functional units, which cannot be totalized with a simple addition, as is done with the other categories of impact.

In spite of this, it can be verified that the typologies that generate less impact during the whole cycle are B.1.3.1 and B.2.3.2, for different reasons each one. Taking B1.3.1 with less impact in the production stage of materials, because the companies that produce and procure all the materials of this system are large scale and with a lot of social awareness. On the other hand, we have the B.2.3.2 which is the system that produces less hours of discomfort, thanks to its adaptability to the local climate, responding to changes in temperature of the outside environment. Both typologies manage to balance their impacts by having similar levels of social impact.

Also, we can conclude that the typology that generates the greatest impact during the whole life cycle studied in this analysis is A.2. Since it is the one that produces more impact during its two stages, because the manufacturing company of the thermal clay, does not have many strategies to improve a social impact; And also is the system that

Gráfica 27\_

Título: Eco brújula Tipología A.2

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las dos opciones investigadas para la tipología A.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

Gráfica 28\_

Título: Eco brújula Tipología B.1.3.1

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.1.3.1, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

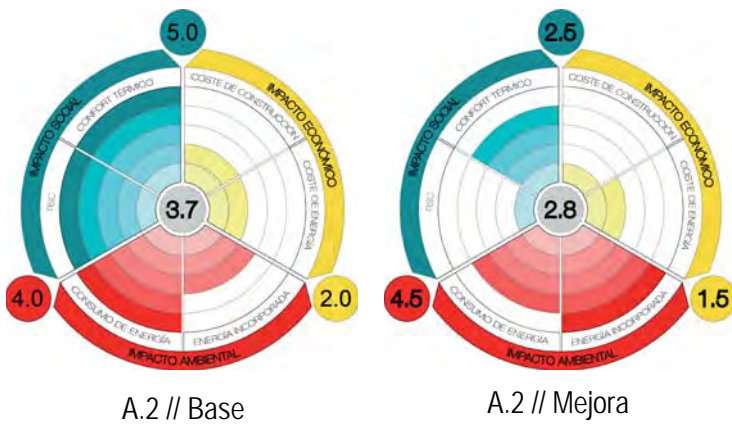
Fuente: Imagen creada por autor de documento

Figura 139\_

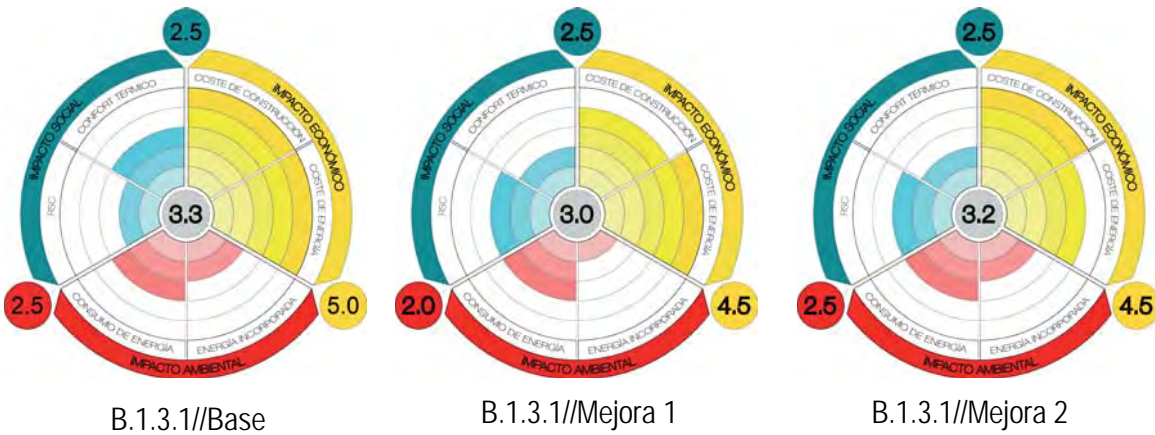
Título: Tipologías seleccionadas

Descripción: En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

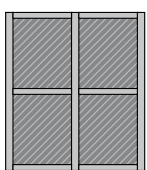
Fuente: Imagen creada por autor de documento



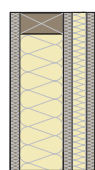
Gráfica 27\_



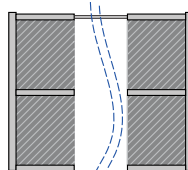
Gráfica 28\_



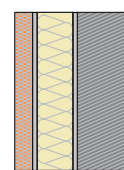
A.2



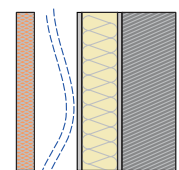
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

Figura 139\_

Gráfica 29\_

Título: Eco brújula Tipología B.2.1.2

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las dos opciones investigadas para la tipología B.2.1.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento

Gráfica 30\_

Título: Eco brújula Tipología B.2.3.2

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.2.3.1, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

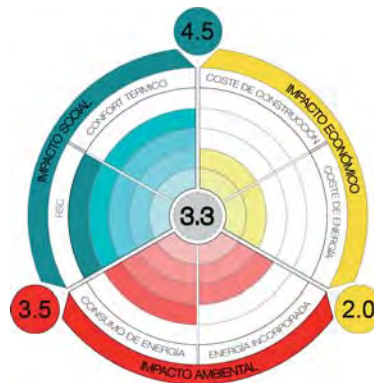
Fuente: Imagen creada por autor de documento

Gráfica 31\_

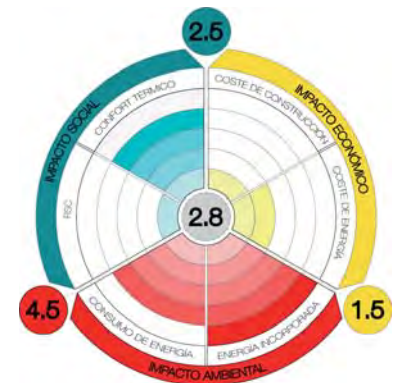
Título: Eco brújula Tipología B.2.3.1

Descripción: En esta imagen se identifican de manera gráfica el impacto sostenible de las tres opciones investigadas para la tipología B.2.3.2, utilizando la Eco Brújula realizada para totalizar de manera gráfica los resultados de esta investigación.

Fuente: Imagen creada por autor de documento



B.2.1.2//Base

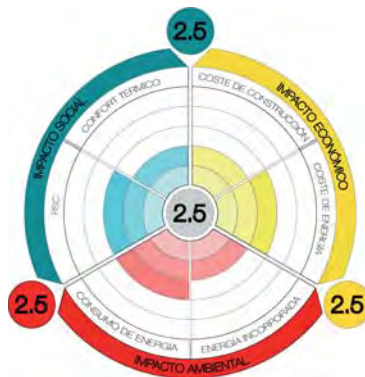


B.2.1.2//Mejora

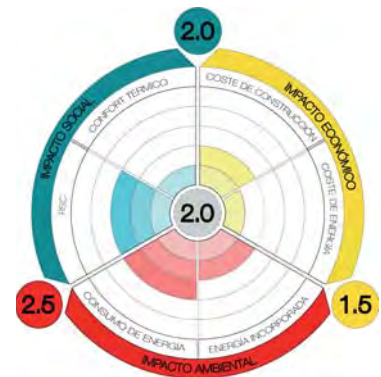
Gráfica 29\_



B.2.3.1//Base



B.2.3.1//Mejora 1



B.2.3.1//Mejora 2

Gráfica 30\_



B.2.3.2//Base



B.2.3.2//Mejora 1



B.2.3.2//Mejora 2

Gráfica 31\_

Figura 140\_

**Título:** Tipologías seleccionados

**Descripción:** En esta imagen se puede ver un esquema de las tipologías seleccionadas

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

A pesar de esto, se puede comprobar que las tipologías que genera menor impacto durante todo el ciclo son las B.1.3.1 y B.2.3.2, por diferentes razones cada una. Teniendo la B1.3.1 con menor impacto en la etapa de producción de materiales, porque las empresas que producen y procuran todos los materiales de este sistema son de gran escala y con mucha conciencia social. Por otro lado, tenemos la B.2.3.2 que es el sistema que produce menor horas de disconfort, gracias a su adaptabilidad al clima local, respondiendo a los cambios de temperatura del ambiente exterior. Ambas tipologías logran balancear sus impactos teniendo niveles de impacto social parecidos.

A su vez podemos concluir que la tipología que genera mayor impacto durante la totalidad del ciclo de vida estudiado en este análisis es la A.2. ya que es la que produce más impacto durante sus dos etapas, pues la empresa manufacturera de la termo arcilla, no tiene muchas estrategias para mejorar un impacto social; y además es el sistema que menos se logra adaptar al clima local, mitigando el disconfort en los meses de verano, pero generando mucho disconfort en los meses de invierno.

Con esto se concluye, que si se desea reducir el impacto social se deben especificar sistemas constructivos que logren mitigar el disconfort en la

is less able to adapt to the local climate, mitigating the discomfort in the summer months, but generating much discomfort in the winter months.

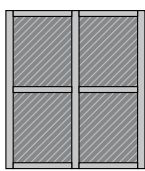
With this, it is concluded that if it is desired to reduce the social impact, it is necessary to specify constructive systems that manage to mitigate the discomfort at the stage of use, having the amount of strategies necessary to adapt to all local temperature changes. In addition, it is recommended to specify construction systems with materials produced by international companies that have several tactics to improve their social impacts.

Then we proceeded to analyse the comparative results between the basic typologies and their improvements – alternative materials

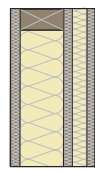
#### **Comparison of basic typologies plus improvements:**

- A.2 Base + Improvements: We can see that the composition that has less impact is the one of aircrete, this happens because the manufacturing company of this material is of international scale, having several strategies to reduce its negative social impacts. It also adds more thermal mass to the system which further reduces the discomfort.

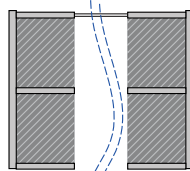
- B.1.3.1 Base + Improvements: In this comparison the three typologies end up having the same level of social impact, but for different reasons.



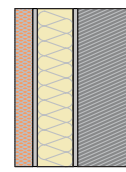
A.2



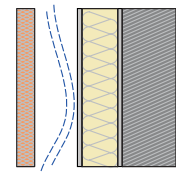
B.1.3.1



B.2.1.2



B.2.3.1



B.2.3.2

etapa de uso, teniendo la cantidad de estrategias necesarias para adaptarse a todos los cambios de temperatura del clima local. Además se recomienda especificar sistemas constructivos con materiales producidos por empresas internacionales que tengan varias tácticas para mejorar sus impactos sociales.

Luego de tener esto claro, procedimos a analizar los resultados comparativos entre las tipologías bases y sus mejoras —materiales alternativos—

### **Comparación de tipologías bases más mejoras:**

- A.2 Base + Mejoras: Podemos notar que la composición que tiene menor impacto es la de hormigón celular, esto sucede porque la empresa manufacturera de este material es de escala internacional, teniendo varias estrategias para reducir sus impactos sociales negativos. También le añade más masa térmica al sistema lo cual reduce más el discomfort.

- B.1.3.1 Base + Mejoras: En esta comparativa las tres tipologías terminan teniendo el mismo nivel de impacto social, pero por razones diferentes. La que esa compuesta por EPS, logra reducir su impacto en la etapa de producción, pero genera más discomfort. Al contrario, las que están compuestas por lana mineral o fibra de madera tiene mayor impacto que el EPS en la etapa de producción de materiales pero logra mitigar el discomfort de

The one that this one composed by EPS, manages to reduce its impact in the production stage, but generates more discomfort. On the contrary, those that are composed of mineral wool or wood fiber have greater impact than the EPS in the material production stage but manage to mitigate the discomfort better than the EPS in the stage of use.

In the end, the three systems are able to balance the impacts produced in both stages in the same way, having the same social impact to the final.

- B.2.1.2 Base + Improvements: We can see that the trends of this typology are equal to A.2, but with the difference that this typology generates less impact than A.2.

- B.2.3.1 Base + Improvements: The system that is composed of wood fiber is the one that produces less impact. This is because the three typologies generate similar impact levels during the production stage; But the wood fiber manages to reduce even more the discomfort as it adds thermal mass to the typology.

- B.2.3.2 Base + Improvements: We can notice that the trends of this typology are the same as B.2.3.1, but with the difference that this typology generates less impact than B.2.3.1.



mejor manera que el EPS en la etapa de uso. Al final, los tres sistemas logan balancear de la misma manera los impactos producidos en ambas etapas, teniendo el mismo impacto social a la final.

- B.2.1.2 Base + Mejoras: Podemos notar que las tendencias de esta tipología son iguales a la A.2, pero con la diferencia de que esta tipología genera menor impacto que la A.2.

- B.2.3.1 Base + Mejoras: El sistema que está compuesto por fibra de madera es el que produce menor impacto. Esto es gracias a que las tres tipologías generan nivel de impactos parecidos durante la etapa de producción; pero la fibra de madera logra reducir aún más el discomfort ya que le añade masa térmica a la tipología.

- B.2.3.2 Base + Mejoras: Podemos notar que las tendencias de esta tipología son iguales a la B.2.3.1, pero con la diferencia de que esta tipología genera menor impacto que la B.2.3.1.

**d. Total ASC:** Cumpliendo con el objetivo principal de esta tesis, se evalúa cada tipología de envolvente siguiendo el sistema de evaluación explicado en el Capítulo 1 junto con la metodología. Logrando llegar a la conclusión de cual tipología es más sostenible, analizando todas las categorías de impacto del Desarrollo Sostenible —ambiental, económico y social—.

**d. Total LCSA:** Complying with the main objective of this thesis, each type of envelope is evaluated following the evaluation system explained in chapter 1 along with the methodology. Achieving the conclusion of which typology is more sustainable, taking into consideration all categories of impact of Sustainable Development – environmental, economic and social –.

In this way we can conclude that the most sustainable building system of the outer wall is B.2.3.2, which reduces its impact in the three categories, having several strategies that manage to use local and traditional building materials and systems, which reduce energy consumption, cost and CSR. It also has several strategies that allow it to adapt better to the local climate, reducing the energy consumption, the cost of the same and the hours of discomfort.

Therefore, in order to design a constructive system of exterior wall located in Barcelona, we must look for local strategies, construction materials produced by international companies, and also strategies that allow the building to adapt to changes in local climate temperature.

We can also note that the typology that generates the greatest impact is the A.2, since it does not have enough strategies that allow it to adapt to






Descripción: En esta tabla describe las tipologías seleccionadas como sistemas constructivos base

Fuente: Imagen creada por autor de documento

De esta manera, podemos concluir que el sistema constructivo de muro exterior que es más sostenible es el B.2.3.2, el cual logra reducir su impacto en las tres categorías, teniendo varias estrategias que logran utilizar materiales y sistemas constructivos locales y tradicionales, los cuales reducen energías incorporada, coste y RSC. También tiene varias estrategias que le permiten adaptarse de mejor manera al clima local, reduciendo el consumo de energías, el coste de la misma y las horas de discomfort.

Por lo tanto, para lograr diseñar un sistema constructivo de muro exterior ubicado en Barcelona, debemos buscar estrategias locales, materiales constructivos producidos por empresas internacionales, y también estrategias que permitan que el edificio se adapte a los cambios de temperatura del clima local.

También podemos notar que la tipología que genera mayor impacto es la A.2, ya que no tiene suficientes estrategias que le permitan adaptarse al clima local, generando grandes consumos de energía y discomfort. A su vez, está compuesta por materiales pesados que aunque tienen bajos impactos económicos, estos se ven poco balanceados por los impactos negativos a nivel ambiental y social.

A.2	Envoltente pesada uni-capa con material con inercia térmica		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Recubrimiento</li> <li>■ Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.1.2	Envoltente pesada multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico y con cámara de aire ventilada		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Recubrimiento</li> <li>■ Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.1.3.1	Envoltente ligera (madera) multi-capa con aislamiento térmico ubicado hacia el exterior sin cámara de aire		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aislamiento Térmico</li> <li>■ Lamina de madera</li> <li>■ Contra-enchapada</li> </ul>
B.2.3.1	Envoltente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y sin cámara de aire		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aislamiento Térmico</li> <li>■ Pieza cerámico</li> <li>■ Recubrimiento</li> <li>■ Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>
B.2.3.2	Envoltente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central y cámara de aire ventilada		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aislamiento Térmico</li> <li>■ Pieza cerámico</li> <li>■ Recubrimiento</li> <li>■ Pieza prefabricada de Hormigón</li> </ul>

Ante las comparativas sobre diferentes composiciones de materiales podemos notar que el hormigón celular presenta menor impacto que la termo arcilla, gracias a que le añade masa térmica al sistema, reduciendo el consumo de energía y el discomfort; a su vez es un material que está producido por empresas internacionales beneficiando de esta manera sus sostenibilidad, reduciendo coste, y mejorando la RSC, lo cual genera un balance positivo cuando se pondera con la gran energía incorporada que tiene.

También podemos notar que la fibra de madera, como material aislante térmico, es más sostenible que el EPS o la lana mineral. Gracias a que este material es producido por una empresa del ámbito europeo, y su materia prima es de procedencia natural lo cual reduce la energía incorporada. Le brinda un poco más de masa térmica al edificio, que el EPS y la lana mineral, ayudando a reducir el consumo y coste de energía, junto con el discomfort térmico.

## **5. PAUTAS DE DISEÑO PARA EL PROYECTISTA**

Luego de toda esta exploración se quieren dejar unas pautas de diseño claras, para que cualquier arquitecto, sin importar su nivel de entendimiento en el ámbito de la sostenibilidad, pueda apoyarse en ellas para mejorar el diseño de sus fachada.

the local climate, generating great consumption of energy and discomfort. At the same time, it is composed of heavy materials that although they have low economic impacts, these are little balanced by the negative impacts at environmental and social level.

On the comparatives about different compositions of materials we can notice that the aircrete presents less impact than the thermal clay, thanks to that it adds thermal mass to the system, reducing the energy consumption and the discomfort; Also is a material that is produced by international companies benefiting in this way their sustainability, reducing cost, and improving the CSR, which generates a positive balance when you weigh with the great embodied energy.

We can also note that wood fiber, as thermal insulation material, is more sustainable than EPS or mineral wool. Thanks to this material is produced by a company of the European scope, and in addition its raw material is of natural origin which reduces the incorporated energy. In addition, it gives a little more thermal mass to the building, than the EPS and the mineral wool, helping to reduce the consumption and cost of energy, together with the thermal discomfort.

### **i. Lugar:**

- Se pudo identificar una tendencia del 15% de reducción del impacto cuando la tipologías seleccionada se adapta al clima local. Reduciendo el consumo de energía, el coste de energía y las horas de discomfort. Esta tendencia se debe a la buena selección del sistema constructivo y de los materiales que lo componen. La adaptación al clima local, logra disminuir el consumo de energía —Impacto Ambiental—, reducir el coste energético —Impacto Económico—, y mitigar el discomfort térmico —Impacto Social—.

Esto último también se debe a la gestión del edificio y del uso que tenga el mismo. El confort térmico depende mucho de la cultura y regulación local, y de la buena gestión del edificio, controlando los impactos por medio de monitoreo y educación al usuario.

o El sistema de envolvente vertical del edificio, debe permitir adaptabilidad al clima local. Por lo tanto, antes de elegir cualquier material o sistema debemos analizar el clima local, identificar los posibles cambios de temperatura que la localidad sufre durante un año; y también debemos pensar a futuro, proyectando el muro exterior para que también se pueda adaptar a los posibles cambios climáticos futuros que pueda generar el calentamiento global.

## **5. DESIGN GUIDELINES FOR ARCHITECTS**

After all this exploration we want to leave clear design guidelines, so that any architect, regardless of their level of understanding in the field of sustainability, can rely on them to improve the design of their façade.

### **i. Site:**

- A 15% impact reduction trend could be identified when the selected typologies are adapted to the local climate. Reducing energy consumption, energy cost and hours of discomfort. This tendency is due to the good selection of the construction system and the materials that compose it. The adaptation to the local climate, reduces the consumption of energy – Environmental Impact –, reduce the energy cost – Economic Impact – and mitigate the thermal discomfort – Social Impact. The latter is also due to the management of the building and its use. The thermal comfort depends a lot on the local culture and regulation, and on the good management of the building, controlling the impacts by means of monitoring and education to the user.

- The vertical envelope system of the building should allow adaptability to the local climate. Therefore, before choosing any material or system we

- Se pudo identificar una tendencia del 30% de reducción del impacto cuando se seleccionan materiales o sistemas constructivos tradicionales del lugar donde se está construyendo. Reduciendo de esta manera el coste económico, la energía consumida en la extracción y transporte de la materia prima, entre otros.

o Mientras podamos, debemos trabajar con materiales y sistemas constructivos tradicionales de la localidad donde estamos proyectando. Esto permitirá reducir costos y garantizará el funcionamiento del sistema, ya que las tipologías más tradicionales tienden a tener años de estudios; y ensayo y error que los han perfeccionado. Con esto no se quiere decir que no hay espacio para la innovación, pero cada una debe pasar por un estudio exhaustivo del rendimiento sostenible, buscando cómo mejorar sistemas que no son tradicionales para que puedan tener un mejor desempeño.

- Se puede notar una tendencia de reducción del 40% cuando se trabaja con empresas locales

o Se debe procurar trabajar con empresas de producción de materiales que sea locales, para que tengan un impacto positivo en la comunidad que rodea el edificio, pero que a su vez sean de gran o mediana escala, para garantizar que los procesos de producción de los materiales constructivos sean reducidos.

must analyse the local climate, identify possible temperature changes that the locality suffers during a year; And we must also think ahead, projecting the outer wall so that it can also adapt to possible future climate changes that can generate global warming.

- A 30% impact reduction trend can be identified when traditional building materials or systems are selected from the location where construction is being undertaken. Reducing in this way the economic cost, the energy consumed in the extraction and transport of the raw material, among others.

- If possible, we must work with traditional building materials and systems in the locality where we are planning. This will reduce costs and guarantee the operation of the system, since more traditional typologies tend to have years of studies; And trial and error that have perfected them. This is not to say that there is no room for innovation, but each must go through an exhaustive study of sustainable performance, seeking to improve systems that are not traditional so that they can perform better.

- A 40% reduction trend can be seen when working with local companies

- Work should be undertaken with local materials production companies to have a positive impact on the community surrounding the building, but at the

## ii. Material:

- Especificar materiales de origen natural puede reducir hasta en un 6% del impacto ambiental en la etapa de producción de materiales, pero a su vez producen un 3% más de impacto económico durante la misma etapa del ciclo de vida

o La utilización de materiales de baja energía incorporada siempre reducirá el impacto ambiental en la etapa de producción de materiales, pero debemos estudiar el impacto que tenga trabajar con este tipo de materiales sobre las otras categorías y etapas de ciclo. Un material de origen natural con baja energía incorporada, puede a su vez ser muy difícil de conseguir en el mercado local, lo cual implica un mayor impacto social y económico.

- La fácil adquisición de los materiales de construcción puede reducir hasta un 1.3% del impacto económico

o Podemos identificar que a la hora de seleccionar los materiales que van a componer los sistemas constructivos de un edificio, se debe hacer un estudio de los materiales de fácil adquisición en el mercado de la construcción local, buscando alternativas que puedan brindar un mejor coeficiente de conductividad térmica, y que preferiblemente sean de origen natural, para reducir la energía incorporada.

same time be large or medium-scale, to ensure that the production processes of the Materials are reduced.

## ii. Material:

- Specifying materials of natural origin can reduce up to 6% of the environmental impact in the material production stage, but Also produce a 3% more economic impact during the same stage of the life cycle

- The use of low energy materials will always reduce the environmental impact in the material production stage, but we must study the impact of working with this type of materials on the other categories and stages of the cycle, since natural resources materials with low embodied energy, can be very difficult to obtain in the local market, which implies a greater social and economic impact.

- Easy acquisition of building materials can reduce up to 1.3% of economic impact

- We can identify that when selecting the materials that are to compose the construction systems of a building, a study of the materials of easy acquisition in the market of the local construction must be made, looking for alternatives that can provide a better coefficient of Thermal conductivity, and preferably are of natural origin, to reduce the embodied energy.

- Se identifica una reducción de un promedio de 40% en la escogencia de la empresa manufactureras de los materiales de construcción.

o Se puede notar que el impacto económico tiende a ser menor cuando la empresa que distribuye y produce el material constructivo es más grande en escala y/o tiene mayor impacto en el mercado de la construcción de España. Esto se debe a que la empresa logra mantener o reducir sus precios teniendo un alto volumen de producción y venta. Verificando que mientras la empresa sea de mayor escala, el impacto social y económico en la etapa de Producción de Materiales se verá reducido.

- Se puede identificar una pequeña diferencia entre la fibra de madera y la lana mineral, hay un promedio de 0.5% de reducción especificando la lana mineral, en la etapa de producción de materiales del Impacto Ambiental

o Luego de analizar todos los resultados comparativos podemos concluir que la utilización de materiales de origen natural es importante si se quiere reducir el impacto ambiental durante la etapa de producción de materiales. Pero no se puede asumir que el material tiene menos impacto sólo porque la mayoría de la materia prima es de origen natural, porque deberíamos analizar la energía incorporada al material, ya que en ella no sólo contribuye la extracción de la materia prima, sino también el proceso de producción del producto

- A reduction of an average of 40% in the choice of the manufacturing company of the building materials is identified

- It can be noted that the economic impact tends to be lower when the company that distributes and produces the construction material is larger in scale and / or has a greater impact on the construction market in Spain. This is because the company manages to maintain or reduce its prices having a high volume of production and sale. Noting that as long as the company is larger scale, the social and economic impact in the Material Production stage will be reduced.

- A small difference can be identified between wood fiber and mineral wool, there is an average of 0.5% reduction specifying mineral wool, in the production stage of Environmental Impact materials

- After analysing all the comparative results, we can conclude that the use of materials of natural origin is important if we want to reduce the environmental impact during the production stage of materials. But it cannot be assumed that the material has less impact only because most of the raw material is of natural origin, because we should analyse the embodied energy in the material, since not only does it contribute the extraction of the raw material, but also the production process of the final product and other materials involved in the production. For example, would be the wood

final y los otros materiales que intervienen en la producción. Por ejemplo sería la fibra de madera, la cual por tener como materia prima la madera, se podría asumir que la energía incorporada debería ser mejor que con otros materiales, pero en el proceso de producción se utilizan materiales aglomerantes que, al ser de origen pétreo, impactan la energía gris del material.

Se identifica una reducción de un promedio de 40% en la escogencia de la empresa manufactureras de los materiales de construcción.

o Se puede notar que el impacto económico tiende a ser menor cuando la empresa que distribuye y produce el material constructivo es más grande en escala y/o tiene mayor impacto en el mercado de la construcción de España. Esto se debe a que la empresa logra mantener o reducir sus precios teniendo un alto volumen de producción y venta. Verificando que mientras la empresa sea de mayor escala, el impacto social y económico en la etapa de Producción de Materiales se verá reducido.

- Se puede identificar una pequeña diferencia entre la fibra de madera y la lana mineral, hay un promedio de 0.5% de reducción especificando la lana mineral, en la etapa de producción de materiales del Impacto Ambiental

o Luego de analizar todos los resultados comparativos podemos concluir que la utilización de materiales de origen natural es importante si se

fiber, which to have the wood as raw material, it could be assumed that the embodied energy should be better than other materials, but in the production process are used binder materials that, being of petrous origin, Impact the gray energy of the material.

### **iii. Design of facade:**

- A small reduction of up to 3% in the economic impact of the material production stage could be identified, among the more complex construction types, such as B.2.3.2 and B.2.3.1

- Construction systems that are not very complex should be selected or projected; the complexity of the system has a negative impact on some of the stages, such as the economic impact of the Materials Production stage. Therefore, a balance between functionality and efficiency must be found in the outer wall system.

- As mentioned in the section on the conclusions generated by the study of the methodology, there is a direct relationship between energy consumption, energy cost and discomfort at the stage of use.

- We can see a direct relationship between energy consumption and all categories of impact during the Use Stage. This is because in this research we focus on analysing thermal comfort and the cost



quiere reducir el impacto ambiental durante la etapa de producción de materiales. Pero no se puede asumir que el material tiene menos impacto sólo porque la mayoría de la materia prima es de origen natural, porque deberíamos analizar la energía incorporada al material, ya que en ella no sólo contribuye la extracción de la materia prima, sino también el proceso de producción del producto final y los otros materiales que intervienen en la producción. Por ejemplo sería la fibra de madera, la cual por tener como materia prima la madera, se podría asumir que la energía incorporada debería ser mejor que con otros materiales, pero en el proceso de producción se utilizan materiales aglomerantes que, al ser de origen pétreo, impactan la energía gris del material.

### iii. Diseño de fachada:

- Se pudo identificar una pequeña reducción de hasta el 3% en el impacto económico de la etapa de producción de materiales, entre las tipologías constructivas más complejas, como la B.2.3.2 y la B.2.3.1
- o Se deben seleccionar o proyectar sistemas constructivos que no sea muy complejos, la complejidad del sistema tiene un impacto negativo en alguna de las etapas, como podría ser por ejemplo en el impacto económico de la etapa de Producción de Materiales. Por lo tanto, hay que encontrar

of energy consumption for social and economic impact, During the use step. If we had analysed other types of impact, perhaps this relationship would be less direct.

- A trend of reduction of an average of 17% can be identified between the typologies that manage to reduce energy consumption against those that do not contribute to controlling the overheating of the interior space.
- If it is desired to reduce the economic impact in the Use Stage, it is necessary to specify construction systems that allow to reduce the energy consumption during the summer months; Thus reducing the consumption of electrical energy. This happens because electric energy is almost three times more expensive than natural gas energy, therefore the reduction of consumption of this type of energy impacts more drastically the economic part that the reduction of the consumption of natural gas.
- There is a 1% reduction in energy consumption between thermal clay and cell concrete.
- If you want to work with Thermal Inertia, and the objective is to reduce the environmental impact during the stage of use, you must specify materials with high density to improve the thermal performance of the building. Taking into account the evaluation that was made in this thesis, it is

**Título:** Ciclos de producción de materiales constructivos

**Descripción:** En esta imagen se pueden identificar dos tipos de ciclos de producción de materiales. Uno abierto donde los residuos no logran ser reciclados en su totalidad por lo tanto son enviados a vertederos. Otra opción de ciclos de producción de materiales cerrados donde la producción de los materiales no genera residuos y logran ser reciclados o reutilizados

**Fuente:** Varios, 2009

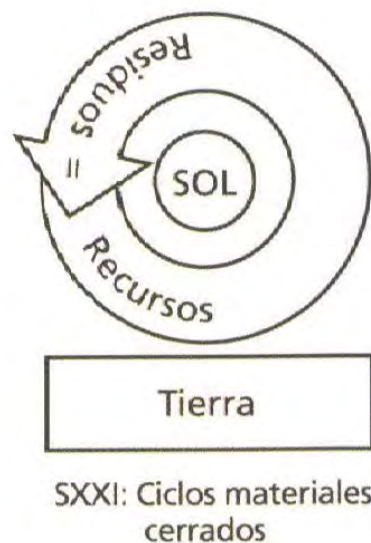
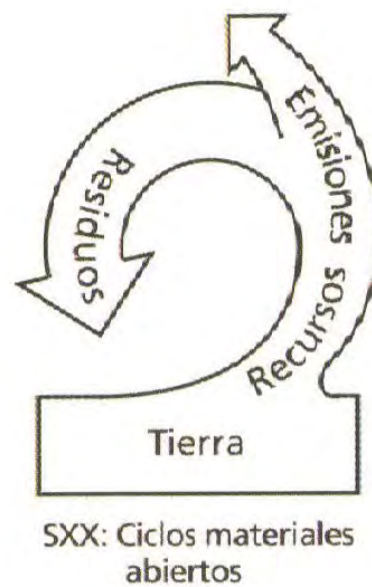
un equilibrio entre funcionalidad y eficiencia en el sistema de muro exterior.

- Como se mencionó en el apartado sobre las conclusiones generadas por el estudio de la metodología, existe una relación directa entre el consumo de energía, coste de energía y discomfort en la etapa de uso.

o Podemos notar una relación directa entre el consumo de energía y todas las categorías de impacto durante la Etapa de Uso. Esto sucede porque en esta investigación nos concentramos en analizar el confort térmico y el coste del consumo de energía para el impacto social y económico, durante la etapa de uso. Si hubiéramos analizados otros tipos de impacto, tal vez esta relación sería menos directa.

- Se puede identificar una tendencia de reducción de un promedio del 17% entre las tipologías que logran reducir el consumo de energía contra las que no contribuyen con controlar el recalentamiento del espacio interior.

o Si se desea reducir el impacto económico en la Etapa de Uso se deben especificar sistemas constructivos que permitan reducir el consumo de energía durante los meses de verano; reduciendo de esta manera el consumo de energía eléctrica. Esto pasa porque la energía eléctrica es casi tres veces más costosa que la energía de gas



natural, por lo tanto la disminución del consumo de este tipo de energía impacta más drásticamente la parte económica que la reducción del consumo de gas natural.

- Existe una reducción del 1% del consumo de energía entre la termo arcilla y el hormigón celular.

o Si se quiere trabajar con Inercia Térmica, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben especificar materiales con alta densidad para mejorar el rendimiento térmico del edificio. Tomando en consideración la evaluación que se hizo en esta tesis, es preferible trabajar con hormigón térmico que con termo arcilla, ya que equilibra más los impactos, teniendo un mejor nivel de sostenibilidad. Pero mientras se pueda, este material se debería acompañar por otras estrategias que permitan mitigar el intercambio de energía durante los meses de invierno —para el clima de Barcelona—.

- Existe una reducción de un promedio del 1.4% del consumo de energía entre el EPS y la fibra de madera.

o Si se quiere trabajar con aislamiento térmico, y el objetivo es reducir el impacto ambiental durante la etapa de uso, se deben especificar materiales con bajo coeficiente de conductividad térmica, para mejorar el rendimiento térmico del edificio.

preferable to work with thermal concrete than with thermal clay, because it balances the impacts more, having a better level of sustainability. But if possible, this material should be accompanied by other strategies that allow to mitigate energy exchange during the winter months – for the climate of Barcelona.

- There is a reduction of an average of 1.4% of the energy consumption between EPS and wood fiber.
  - If it is desired to work with thermal insulation, and the objective is to reduce the environmental impact during the use stage, materials with a low coefficient of thermal conductivity must be specified, to improve the thermal performance of the building. Taking into account the evaluation that was made in this thesis, it is recommended to use wood fiber, because being a thermal insulation material with low conductivity and high density, it contributes to give a little more thermal mass to the building, improving its operation.

- A reduction trend of 55% can be identified between the typologies that adapt to the local climate and those that cannot be adapted.

- If it is desired to reduce the social impact, it is necessary to specify construction systems that will mitigate the discomfort at the stage of use, having the amount of strategies necessary to adapt to all

Tomando en consideración la evaluación que se realizó en esta tesis, se recomienda utilizar fibra de madera, ya que al ser un material aislante térmico con baja conductividad y gran densidad, logra aportarle un poco más de masa térmica al edificio, mejorando su funcionamiento.

- Se puede identificar una tendencia de reducción del 55% entre las tipologías que se adaptan al clima local y las que no se logran adaptar.
- o Si se desea reducir el impacto social se deben especificar sistemas constructivos que logren mitigar el discomfort en la etapa de uso, teniendo la cantidad de estrategias necesarias para adaptarse a todos los cambios de temperatura del clima local. Además se recomienda especificar sistemas constructivos con materiales producidos por empresas internacionales que tengan varias tácticas para mejorar sus impactos sociales.

changes in local climate temperature. In addition, it is recommended to specify construction systems with materials produced by international companies that have several tactics to improve their social impacts.

## **6. FUTURE LINES OF RESEARCH**

After reviewing all the results that this thesis proves, it was possible to identify new opportunities of different lines of research from this study. Although this research closes with this document, the need to study architectural projects follows the definition of Sustainable Development, studying the balance of three types of impact; Environmental, economic and social.

The main objective of this thesis is to create an evaluation methodology that allows to study an architectural element taking into account the three categories of Sustainable Development – environmental, economic and social – and the life cycle of the building. It can be applied to future research to create a greater understanding of the need to understand well how our buildings operate following the true concept of sustainability, and not just focusing on environmental impact.

## 6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Luego de revisar todos los resultados que esta tesis arroja, se pudieron identificar nuevas oportunidades de diferentes líneas de investigación provenientes de este estudio. Como se comentó en el apartado sobre las conclusiones generadas por el análisis de la metodología, se reconoce con facilidad, varias líneas futuras de investigación que ayuden a calibrar y ajustar el sistema de evaluación. Aunque esta investigación se cierra con este documento, persiste la necesidad de estudiar los proyectos de arquitectura siguiendo la definición del Desarrollo Sostenible, estudiando el balance de tres tipos de impacto: ambiental, económico y social.

El objetivo principal de esta tesis es crear una metodología de evaluación que permita estudiar un elemento arquitectónico tomando en consideración las tres categorías de impacto del Desarrollo Sostenible —ambiental, económico y social— y el ciclo de vida del edificio. Se puede aplicar a investigaciones futuras para crear mayor comprensión de la necesidad de entender bien cómo funcionan nuestros edificios siguiendo el verdadero concepto de sostenibilidad, y no sólo enfocándonos en el impacto ambiental.

**Possible future lines of research are listed below:**

- Application of research methodology to a complete building and application to professional practice. This research was carried out within an academic environment with the use of the Model Box as a representative sample of a building. It would be prudent to apply this methodology to the scale of a real building, and see how it could be implemented in a professional environment as a design tool.
- Apply the research methodology to different samples of complete buildings, draw a scoring system that can be applied to the scale of a building and apply the Eco Compass. The Eco Compass scoring system is calibrated to evaluate the Exterior Wall, so to apply it to larger scales or other architectural elements the system would have to be adjusted.
- Application of research methodology to other constructive elements. It would be interesting to see if the methodology is easily translated into the study of other architectural elements.
- Analysis of other types of Exterior Wall. For this research were selected five typologies in which the methodology of evaluation was applied, it would be interesting to make another selection of

A continuación se enlistan posibles líneas futuras de investigación:

- Aplicación de metodología de investigación a un edificio completo y aplicación a la práctica profesional. Esta investigación se realizó dentro de un ambiente académico con la utilización del Modelo Box como muestra representativa de un edificio. Sería prudente aplicar esta metodología a la escala de un edificio real, y ver como se podría implementar en un ambiente profesional como herramienta de diseño.
- Aplicación de la metodología de la investigación a diferentes muestras de edificios completos, sacar un sistema de puntuación que se pueda aplicar a la escala de un edificio y aplicar la Eco Brújula. El sistema de puntuación de la Eco Brújula está calibrado para el valorar el Muro Exterior, por lo tanto para aplicarlo a mayores escalas o a otros elementos arquitectónicos se tendría que ajustar el sistema.
- Aplicación de metodología de investigación a otros elementos constructivos. Sería interesante comprobar si la metodología se traduce con facilidad al estudio de otros elementos arquitectónicos.

typologies to verify if the unidentified trends are maintained.

- Recalibrate the scoring system to apply it to the scale of a building. The scoring system was made taking into account the impacts generated by the five types of opaque vertical envelope that would be interesting to calibrate this system so that it can be applied to the scale of a building, and also analysing all stages of the Life Cycle of a building.
- You could look for contact with the manufacturing companies that were analysed to identify if the greater the access to the information of the company, the results can be calibrated, thus identifying the importance or not of having direct access with the company to evaluate The Social Impact in the Production Stage of Materials.
- The methodology of this thesis could be applied to the development, adjustment, revision, calibration of methods and programs of 3D modelling of parametric design of buildings; So that they take into account and calculate the impacts generated throughout the Life Cycle, for the three categories of impacts.

- Análisis de otras tipologías de Muro Exterior. Para esta investigación se seleccionaron cinco tipologías en las que se aplicó la metodología de evaluación, sería interesante hacer otra selección de tipologías para verificar si las tendencias identificadas se mantienen.

- Recalibrar el sistema de puntuación para aplicarlo a la escala de un edificio. El sistema de puntuación se realizó tomando en consideración los impactos generados por las cinco tipologías de envolvente vertical opaca que sería interesante calibrar este sistema para que se puede aplicar a la escala de un edificio, y también analizando todas las etapas del Ciclo de Vida de un edificio.

- Se podría buscar contacto con las empresas manufactureras que se analizaron para identificar si al tener mayor acceso a la información de la empresa, se pueden calibrar los resultados, y de esta manera identificar la importancia o no de tener acceso directo con la empresa para evaluar el Impacto Social en la Etapa de Producción de Materiales.

- The parameters of thermal comfort could be compared in different locations around the world to identify the differences between the study of Social Impact in the Use Stage between a building located in one context or another.

- Impacts could be assessed in more depth, following the same methodology of this research but adding other parameters of evaluation such as CO<sup>2</sup> emissions, natural light, cost of saleable area, among others.

- To further study the opaque envelope, the outer and inner finishes materials could be added to the analysis.

- La metodología de esta tesis se podría aplicar al desarrollo, ajuste, revisión, calibrado de métodos y programas de modelado 3D de diseño paramétrico de edificios; para que los mismo tomen en consideración y calculen los los impactos generados durante todo el Ciclo de Vida, para las tres categoría de impactos.
- Se podrían comparar los parámetros de confort térmico en diferentes localidades del mundo, para identificar cuáles serían las diferencias entre el estudio del Impacto Social en la Etapa de Uso entre un edificio localizado en un contexto u en otro.
- Se podría evaluar a más profundidad los Impactos, siguiendo la misma metodología de esta investigación pero añadiendo otros parámetros de evaluación como sería las emisiones de CO<sup>2</sup>, la luz natural, el coste de la superficie vendible, entre otros.
- Para profundizar más el estudio de la envolvente opaca se podrían añadir al análisis los materiales de recubrimiento exterior e interior.





**PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES  
PÚBLICAS**



# PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES PUBLICAS:

- 2017, PDP London: Título: Why do Architects need to be more aware of their environmental footprint? Autor: Michelle Sanchez Brajkovic. Link: <https://goo.gl/hcphsn>
- 2016, Green Register Bite-Size Session: Título: Building Physics and the tools of the Trade. Conferencia: "A Life Cycle Sustainable Approach to Buildings". Autor: Michelle Sanchez de Leon. Link: <https://goo.gl/gBktLx>
- 2015, Construíno:
  - o Título: Consejos para hacer un Proyecto sostenible (Parte 1). Number 35 Autor: Michelle Sanchez de Leon. Editorial: Construíno
  - o Título: Consejos para hacer un Proyecto sostenible (Parte 2). Number 36. Autor: Michelle Sanchez de Leon. Editorial: Construíno
  - o Título: Consejos para hacer un Proyecto sostenible (Parte 3). Number 37. Autor: Michelle Sanchez de Leon. Editorial: Construíno
- 2014, Science Journal of Civil Engineering and Architecture: Título: "Classification of opaque exterior walls of buildings from a sustainable point of view". Autor: Michelle Sanchez de Leon
- 2014, CISTI 2014: Título: "Classification of opaque exterior walls of buildings from a sustainable point of view". Autor: Michelle Sanchez de Leon
- 2014, L'Informatiu: Título: "Els aïllaments tèrmics d'origen vegetal". Número 79. Junio, 2014. Autores: Michelle Sánchez de León Brajkovich, Nuria Martí, Josep Olivé. Editorial: CAATEEB. Link: <https://goo.gl/9ng68V>
- 2013, Congress eCAADe 2013: Manuela Ianni y Michelle Sanchez de Leon, Título: Applying Energy Performance-Based Design in Early Design Stages, Source: Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (eds.), Computation and Performance. Link: <https://goo.gl/aG63iw>
- 2013, Entrerayas Architecture Magazine: Editor Invitado, editorial número 99 título del número: Arquitectura y Sostenibilidad. Además de editar la edición de la revista se escribieron dos artículos. Link: <https://goo.gl/2LJmdC>
  - o "EDITORIAL" Entrerayas, architecture magazine, Publication number 99, Architecture and Sustainability. P. 24.
  - o "SYSTEMS FACADES AS A TOOL OF SUSTAINABLE DESIGN". Entrerayas, architecture magazine. Publication number 99, Architecture and Sustainability I. P.24. Technical Article.

## Classification of Opaque Exterior Walls of Buildings from a Sustainable Point of View

Michelle Sánchez de León Brajkovich and Nuria Martí Audi

Architecture La Salle, University Ramón Llull. Barcelona, Spain

Accepted 4<sup>th</sup> September, 2014

### ABSTRACT

The envelope is one of the most important elements when one analyzes the operation of the building in terms of sustainability. Taking this into consideration, this research focuses on setting a classification system of the envelopes opaque systems, crossing the knowledge and parameters of construction systems with requirements in terms of sustainability that they may have. To have a better understanding of how these systems work with respect to their sustainable contribution to the building. Therefore in this paper it evaluates the importance of the envelope design on the building sustainability, it analyses the parameters that make the construction systems behave differently in terms of sustainability. At the same time it explains the classification process generated from this analysis that results in a classification where all opaque vertical envelope construction systems enter.

**KEYWORDS:**Sustainable, exterior walls, envelope, facades, construction systems, energy efficiency.

### I. INTRODUCTION

This research rises from the need to cross parameters and requirements of construction systems with the applications they may have on a sustainable level over the building. The vertical envelope systems are one of the elements that most contributes with the quantity of energy exchange and comfort parameter of a building. This is evident when analyzing the life cycle of a building, the envelope represents 15% of the total CO<sub>2</sub> emissions and 17% of the energy consumed of the total of the cycle; Cuchi et al (2009).

Therefore, a good design of these elements can mean a big change in the building sustainable level. The façade is one of the components that most contribute to the amount of energy exchange and comfort parameters of a building. Energy consumption is clearly related to the design of the façade. Energy demand can be reduced by applying materials with thermal inertia, thermal insulation, optimizing the glass surface, and applying passive and active measures to the layers of materials that compose the envelope construction system; Knaack (2007).

Taking all of these concerns and parameters into consideration, a classification system of the vertical opaque envelope arises.

### II. SUSTAINABILITY AND ARCHITECTURE

The concept of sustainable architecture is based on the principle of sustainable development proposed by the United Nations; United Nations (1987), which is a term that describes environmentally conscious managed by

**Corresponding Author:** Michelle Sánchez de León Brajkovich  
Architecture La Salle, University Ramón Llull. Barcelona, Spain  
Email address: michellesanchezb@gmail.com

architecture design techniques. Being this defined, sustainable architecture is what allows that the design of any urban or architectural element respects the needs of future generations, minimizing the waste, energy and water consumption generated by buildings or cities; Edwards (2009).

Having said that, nowadays, not only we should be concerned about being more sustainable, but also we must contribute with researches of new construction systems and their reuse or recycling. Moreover, we have to pay close attention to climate change and how the society is being evolving. Taking this as premise, this research focuses on the possibility of being able to understand what the sustainable requirements of the façade are, without neglecting the comfort and satisfaction user needs; Olgay (2010).

Considering from the construction stage to demolition; taking into account the embodied energy in the material production, the development of the construction, use, demolition and reuse of materials. Not forgetting the location, the climate conditions, orientation, materials and technical resources. You cannot talk about sustainability as an abstract, it has to be situated on a context to suit all variables or indeed sustainable. Taking into consideration that "[...] the buildings adaptation to climate change requires respect three principles: the envelope and the area occupied by the building are critical to their long-term survival, adaptability and energy efficiency; the average construction quality must be higher (better insulation, high quality materials, etc.) means should be provided to improve the conditioning of buildings, especially in cooling and consumption of renewable energy"; Edwards (2009).

### III. THE ARCHITECTURAL ENVELOPE

It is understood as building envelope as the construction system that separates the interior space with the outside, delimiting the living area. The envelope includes the four main facades of the building, the cover, and the surface in contact with the ground. Which not only limit the space they occupy but are an integral part of the building, influencing both, the interior and exterior and relating to the design, use, structure, function and construction services; Knaack (2007).

The vertical envelope "[...] is the architectural enclosure for excellence, as in addition to basically defines the interior spaces, constitutes the most apparent envelope of the architectural work, through which it can be express the

building functionality and defines the sculptural-architectural value thereof with all historical, creative and social aspects that this entails"; Monjo (2003).

No doubt that the facade is what gives the character, shape and image we perceive at first glance of the building; Sanchez (2011).

It is the only part we observe from the outside, which makes it one of the elements that people pay more attention of building design. This special focuses in details should include their performance and requirements as "controlling

humidity, natural light and noise; in addition to the geometric definition (volumetric) of spaces and separation and external independence"; Monjo (2003).

One of the most important features that building envelopes must have is the ability to act like a membrane skin which adapt to local climate; this will contribute to the sustainable performance of the building, Rodriguez-Mora (2007). This attributes allowed to have more relationship between the interior space and the outside environment, because the more tightness and rigid it is, the less ability to adapt to extreme behaviors that may have the local weather "Fig 01".

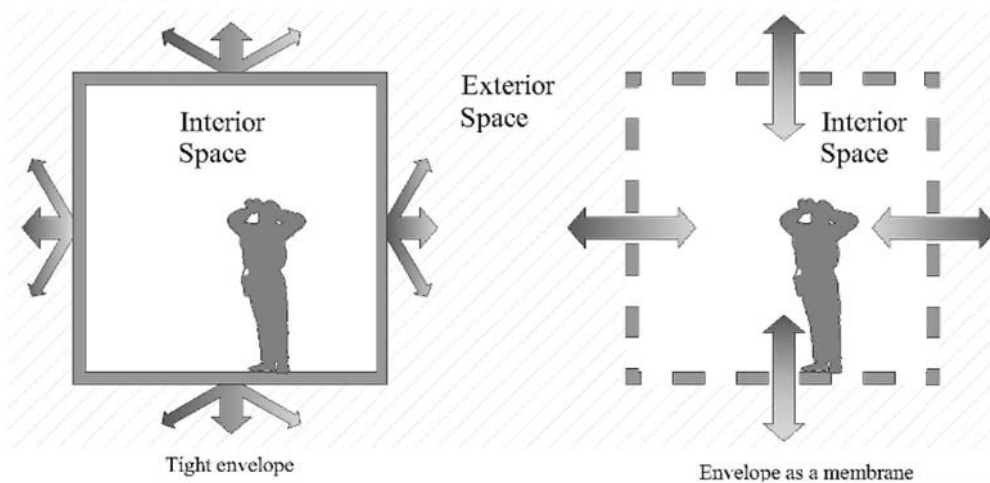


Figure 1. The envelope as a membrane vs. as a sealed

#### A. Function and composition of vertical envelope:

The envelope design should take into account the technical requirements that this element needs to respond. These aspects can be defined considering the following parameters: "

- Weather data: The composition and design of the facade must consider the weather data of the location where the building is located. These weather data would be: outside air temperature, the insolation, prevailing winds direction, etc. "
- Thermal and energy consumption requirements to reach the level of comfort: Thermal comfort in a building is controlled by avoiding the energy exchanges between the interior and exterior environment, in this, the composition and design of the facades plays a very important role; Knaack (2007). These requirements will be better explained in the next chapter. "
- Requirements of visual comfort: This requirement is satisfied by the glazed facade. The aim is to relate the user with the external environment. This helps with the entry of natural light into the interior spaces of buildings; Knaack (2007). "
- Resistance and stability: "the facade may be structural or not structural but both cases must meet the mechanical strength and stability to the vertical and horizontal gravitational, wind and eventually seismic loads", Schmitt et al (2009). "

- Hygiene requirements/ natural ventilation: The air quality of the indoor environment plays a significant role in terms of comfort and hygiene. This hygiene can be ensured by renewing the indoor air introducing fresh air through openings in the facade to allow natural ventilation of the space; Knaack (2007). "
- Acoustic comfort requirements: The acoustic comfort in a room is influenced by the sounds transferred from outside to inside space. The building envelope has to filter these sounds from the outside to avoid the level of comfort comes down; Knaack (2007). "
- Water and air tightness: The facade acts as a screen that prevents the rainwater and outdoor air from entering into the building; Desplazes (2010). "
- Safety requirements: The facade systems must ensure the minimum requirements in the regulations for safety and fire resistance; Herzog (2004).

To speak about the performance from a sustainable point of view that an envelope type has, we must take into account that the design have to response to the local weather and orientation of the building in which this facades is located.

The envelope of the building works as a filter between the interior and exterior environment. This element will act as an interface through which air and heat can be acquired and be dissipated. That element helps to provide comfort as discussed in the previous section.

In order to provide the user with this environmental comfort, the facade should be a flexible membrane that adapts the local climate and minimizes the energy exchange between the interior and the outside environment. If the envelope is not malleable enough, this flexibility can be supported with passive and active systems that are incorporated into the design of the façade; Knaack (2007). To analyze the sustainability performance of a building system, we must consider the active and passive physical processes that the envelope has that help it to be more efficient.

### B. The envelope and sustainability

Taking in to consideration all the features that were just describe, this research focus on the sustainable

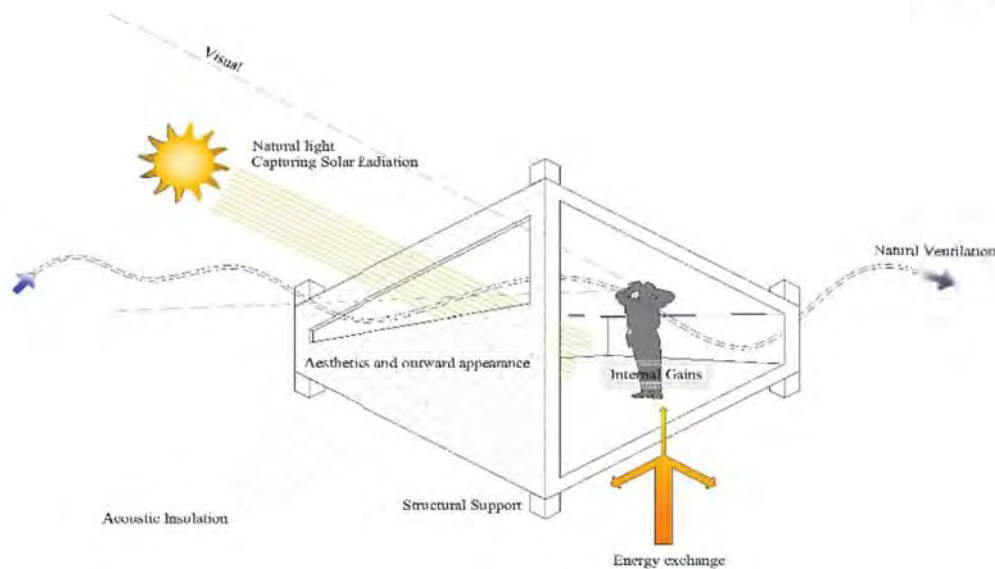


Figure 2. Sustainable envelope functions

### C. Difference between the opaque and glazed envelope

There are two main differences between the types of envelopes that can be found in buildings, one is opaque envelope and another is glazed envelope.

The major difference is that the glazed envelope is characterized by being located in the holes or openings of the façade of a building by means of which the visual connections between the external environment and the internal spaces are generated.

At the same time it is identified with glass that is its main material that is translucent and allows the visual connection, the heat input and natural lighting. Therefore, it is one of the materials that allow more energy exchange. This type of envelope is composed of different layers of glazing material (different glass types), gases or fibers in the air gap as a thermal insulation, and sun protection application.

By contrast the opaque envelope is composed of materials not translucent, usually contains the structural part of the building, and supports the glazed façade. This type may be composed of one or more materials, and can accommodate various physical processes at a time, as the insulation and

requirements of the envelopes systems (thermal comfort, natural lighting, minimize the energy exchange, reduce the CO2 emissions, etc.). The main parameters to be taken into account when designing the envelope as a sustainable tool to improve the building performance are as follows "Fig 02":

- Site requirements: energy exchange, visual connection, adaptability to local climate, etc.
- User comfort requirements/ climate conditioning: natural light and ventilation, solar radiation, humidity, views and hygiene requirements, etc.
- Construction requirements: water and air tightness, embodied energy of materials, durability, life cycle, etc.

thermal inertia. In this research we focus on the opaque envelope as it is the least studied form a sustainable level in the academic world.

## IV. CLASSIFICATION SYSTEM OF OPAQUE VERTICAL ENVELOPE

The classification process consists in crossing the typologies of construction systems worldwide with physical processes (discussed above) that affects the sustainable performance of a building. Taking this into account, we may have on one side the construction systems, with the Mono-layer and Multi-layer as principal systems, and crossing this information with the possibility of having materials with thermal inertia or insulation if available, and the location of an air gap. In this way, we have the crossing of construction field of expertise with sustainable field or the environmental impact that buildings produce.

### A. Classification of construction systems

The first step of the classification is to enunciate the two main types of construction systems. Having the vertical opaque envelope system of Mono-layer and Multi-Layer "Fig 03".

The Mono-layer consists of a single material which has to respond to the requirements of comfort, energy exchange and structural support.

Usually, they are vertical envelopes of materials origin from stone, which base their performance in terms of energy exchange in the capacity of thermal inertia that this material may or may not have. Considering the mass, thickness and thermal transmittance of the same (e.g.: factory walls, mud, stone, etc.) "Fig 03". The average U value of these types of materials is between 2.8 to 2 W/m<sup>2</sup>-K, since stone materials fail to have low thermal transmittance (U value); BRE, (2007).

The Multi-layer system consists of several specialized layers

of different materials; each material have a specific function on the performance of the opaque façade, this function can be structural, aesthetic or sustainable.

The materials that compose the Multi-layer construction systems can be quite varied, but usually we can find at least one layer that is structural supports and the layer that complies with the aesthetic functions. Then, having other possible layer that comply with thermal insulation, thermal inertia, heat dissipation, control of solar radiation, etc., depending on which configuration is been design "Fig 03".

Having U values that varied depending on the materials that form the façade, the ranges are from 3.7 to 0.35 W/m<sup>2</sup>-K; Anderson (2006).

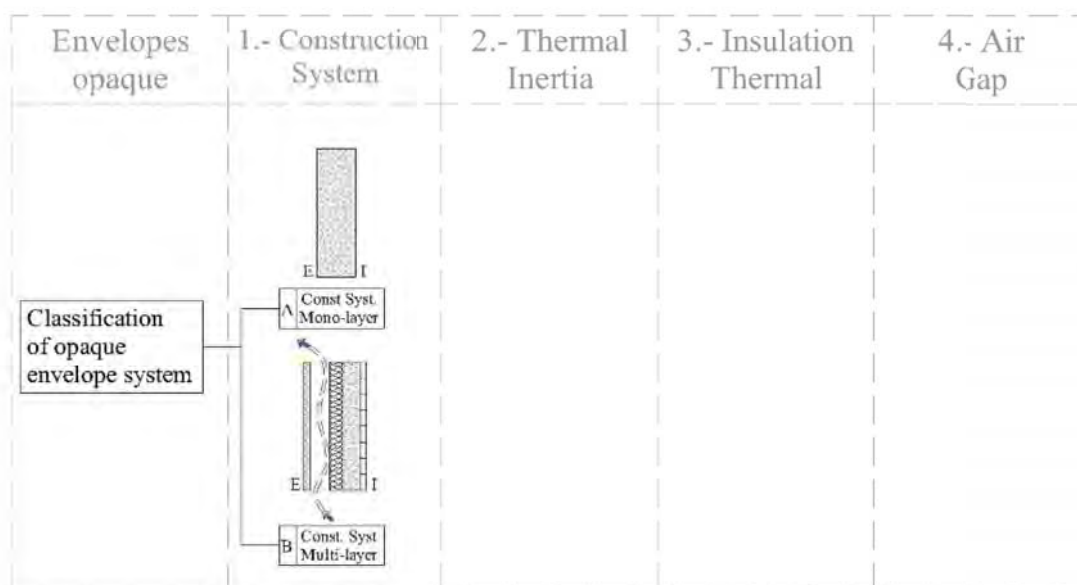


Figure 3. Classification scheme/ construction system (Caption: Mono-layer system: A, Multi-layer construction system: B)

### B. The incorporation of Thermal Inertia

The second step of the classification is the existence or not of materials with thermal inertia in the composition of the construction system.

This physical process is taking into account since the presence or not of thermal inertia in the construction system defines a direct reaction that the system has before the local climate, having depreciation on the energy exchange between the interior and exterior area.

The thermal inertia usually occurs in heavy materials (e.g.: brick, mud, stone derivatives, etc.), and on lightweight materials is almost nonexistent.

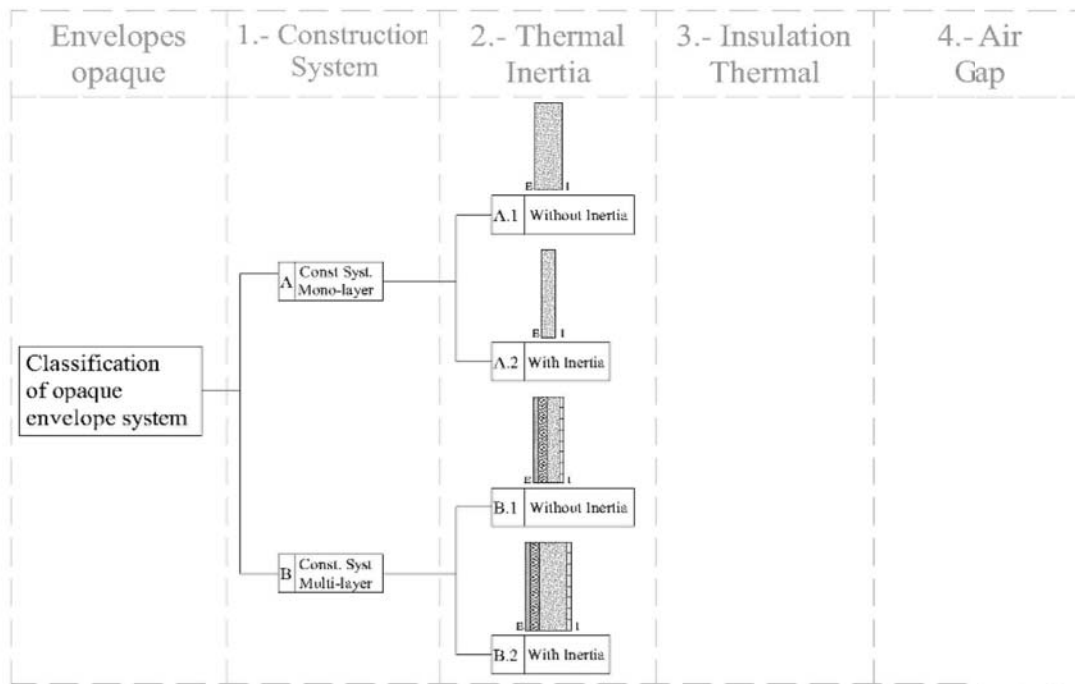
This happens because the inertia depends on the mass, specific heat and thermal conductivity coefficient of the material.

The benefit of this type of envelope is that amortized heat, absorbing the heat generated by the energy exchange that occurs during the day, and giving this heat back overnight. This works very well in varying weathers, where daytime has high temperatures and at night there is a significant decrease in temperature.

In this type of façade it can have variety U values, presenting ranges from 2.5 to 0.25 W/m<sup>2</sup>-K for the types of envelope without thermal inertia and ranges between 2.8 to 0.28 W/m<sup>2</sup>-K for the type of façades with thermal inertia; Anderson (2006).

These ranges were calculated taking into consideration the material type and thicknesses that usually participates in each classification composition. Taking into account all of these parameters the construction systems are classified considering whether they have a layer with or without thermal inertia "Fig 04".





**Figure 4.** Classification scheme, incorporation of thermal inertia (Caption: Without Inertia: A1 and B1. With Inertia: A2 and B2)

**C. The incorporation of Thermal insulation**

The third step of the classification is the existence or not, and location of a thermal insulation layer on the composition of the opaque façade.

The importance from a sustainable point of view depends of the type of weather in which the building is located, the presence of thermal insulation materials can achieve significantly reduce the energy flow of the exchange with ranges of few centimeters of material.

What characterizes a thermal insulating material in terms of energy exchange is the level of thermal transmittance which it has, as this is what controls the exchange of heat between the interior and the outside, which is the relationship between material thickness and thermal conductivity.

When we talk about thermal insulation materials we refer to materials with low thermal conductivity of the order of 0.04 W/m2-K or lower. These types of materials are very important to counteract energy exchanges in cold climates.

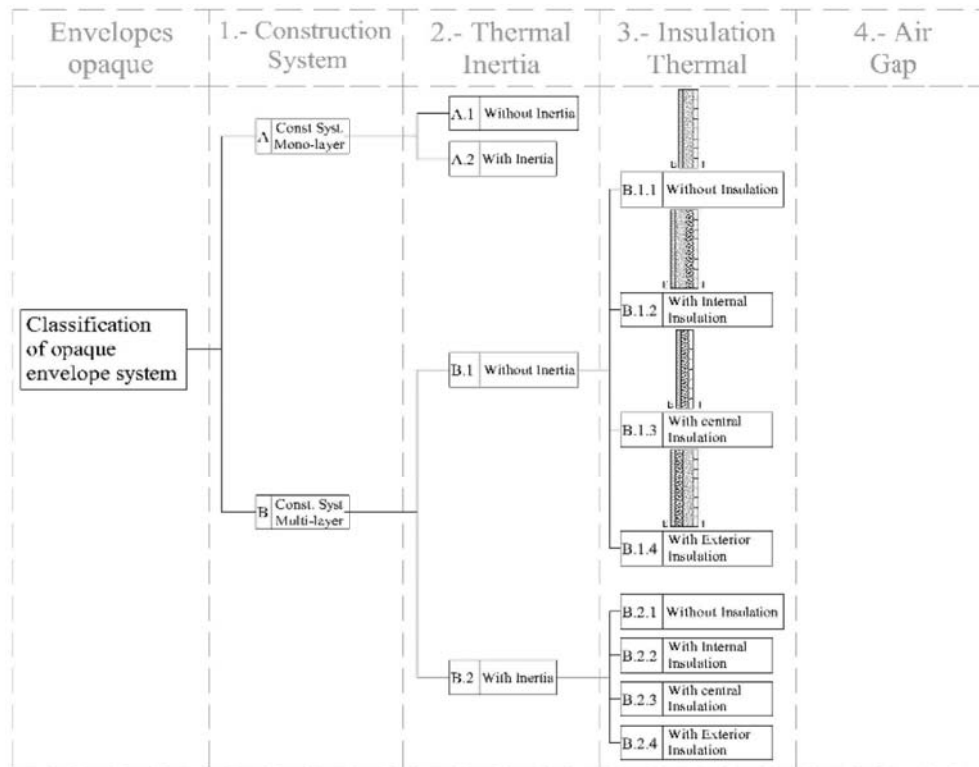
This is because during the winter the contribution of these materials is to stop the energy exchange, making the heat of the inner layer decanted into the environment slower.

In this type of facades, we can have various U values, presenting ranges from 2.5 to 1.0 W/m2-K for the types of envelope without thermal insulation; ranges between 0.7 to 0.1 W/m2-K for types of facades with internal thermal insulation; ranges between 0.6 to 0.2 W/m2-K the classification with central thermal insulation; and ranges between 0.7 to 0.2 W/m2-K for types of envelope with external thermal insulation; BRE (2006).

These ranges were calculated taking into consideration the types of materials and thicknesses normally involved in the composition of each classification.

Taking all these parameters into account the construction systems are classified considering whether it is composed of a layer with thermal insulation material and the location will be identified within the constitution of the system. Having as possible locations: to the central system, and to the exterior of the system "Fig 05".

**How to Cite this Article:** Michelle Sánchez de León Brajkovich and Nuria Martí Audi, "Classification of Opaque Exterior Walls of Buildings from a Sustainable Point of View" Science Journal of Civil Engineering and Architecture, Volume 2014, Article ID sjcea-210, 9 Pages, 2014. doi:10.7237/sjcea/210



**Figure 5.** Classification scheme/ incorporation of thermal insulation (Caption: Without insulation: B1.1 and B2.1. Interior thermal insulation: B1.2 and B2.2. Central thermal insulation: B1.3 and B2.3. External thermal insulation: B1.4 and B2.4)

#### D. The incorporation of Air Chamber

The fourth step of the classification is to identify the existence of an air gap or chamber within the composition of the construction system, which is one of the possible layers of an opaque façade.

The presence of the air gaps helps to reduce the effects of the solar radiation, throwing shadow to the system, and ventilating the outer layer, causing the outdoor air to which the system is exposed to have lower temperature than the environmental weather.

This effect helps very much when you are working with very warm weather or with temperature fluctuations that in summer times have high temperatures. Within the classification scheme the presence or absence of the air gap in the system is identified. Also identifies whether this air chamber is ventilated or unventilated "Fig 06".

This difference exists because there are construction systems that only use the air gap to minimize the effects of solar radiation without venting the air inside the chamber.

In this type of envelope we can have various U values, presenting ranges from 3.7 to 0.2 W/m<sup>2</sup>-K for types of envelopes without an air gap, ranges between 2.5 to 0.2 W/m<sup>2</sup>-K for classifications with ventilated air gap, and ranges between 2.5 to 0.2 W/m<sup>2</sup>-K for types of facades with non-ventilated air chamber; Anderson (2006).

These ranges were calculated taking into consideration the types of materials and thicknesses normally involved in the composition of each classification. After having cleared this classification scheme, it is contrast with another chart where it has been studied all types of construction systems of vertical opaque envelopments, and these types are located in the final classification scheme.

In this way, the accuracy of the classification is verified and the parameters are identified.

#### E. Classification of envelope system and the adaptability to the local climate

Having studied this classification we can realize significant parameters. These parameters speak about the behavior of each vertical opaque envelope system to the local climate and ability to adapt to it, as well as ranges of values of transmittance (U value) that each type has, taking into consideration the materials that compose it. night temperatures, but is not so recommended for cold weathers. On the other hand, including thermal insulation on buildings envelope improves the performance of the buildings that are located in cold and temperate climates, especially cold weathers where you have lower temperatures most of the year, because buildings needs to be protected against the cold, blocking the energy exchange.

We can also deduce that including an air gap helps the buildings located in warm weathers, especially tropical and

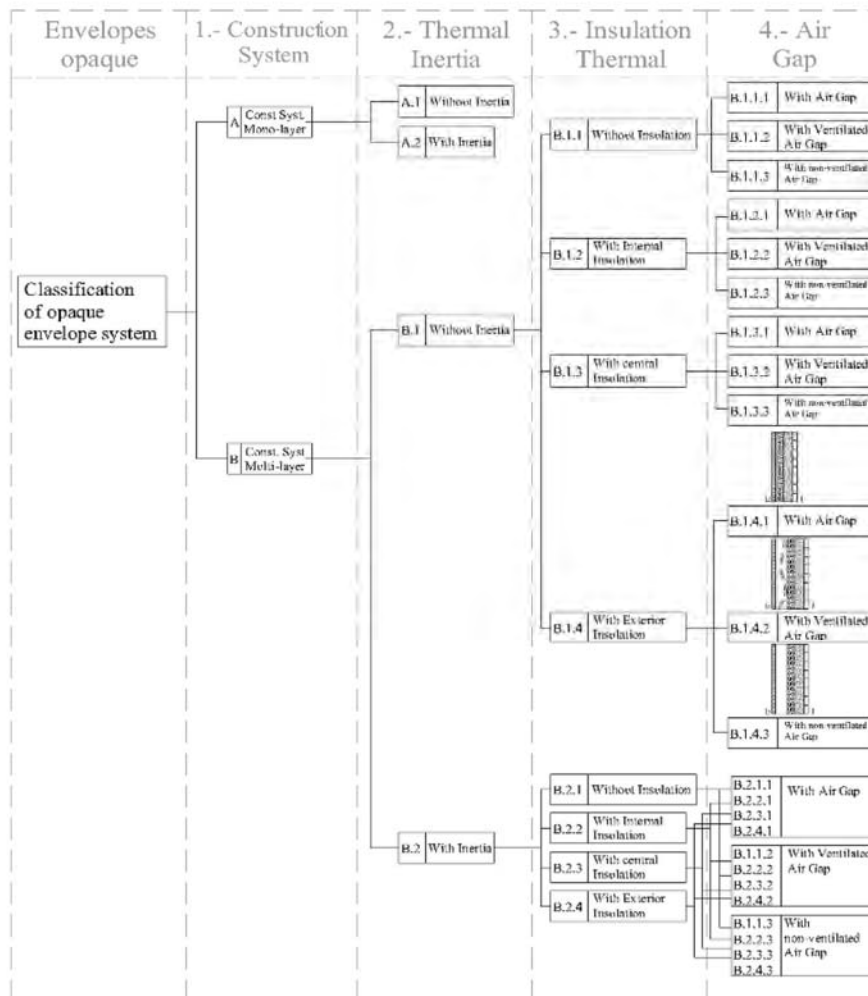
desert climate, where we find high temperatures throughout the year. At the same time supports building located on temperate or seasonal climates where we can find high temperatures during the summer time.

This happens because Regarding the adaptability of the façade to the climate, it can be noted that the Multi-layer construction systems are more versatile than the Mono-layer, because there are composed of various materials allowing reacting to changes in the local weather, this makes more sustainable.

At the same time, we can conclude that the incorporation of

the thermal inertia supports the sustainable performance of the building when located in temperate and warm climates, especially if it has noticeable differences between day and the air chamber helps to lower the temperature of the air inside the building, ventilated the façade, renewing the air in the chamber, lowering the difference between the temperatures outside and inside and the energy exchange.

Taking in consideration all the parameters discussed above we can make another table of classification viewing which façade works better and more sustainable in which climate. For this we are using Koppen climate classification system; EoEarth (2011) "Fig 07".



**Figure 6.** Classification scheme/ incorporation of the air gap (Caption. Without air gap: B1.1.1, B1.2.1, B1.3.1, B1.4.1, B2.1.1, B2.2.1, B2.3.1 y B2.4.1. With ventilated air gap: B1.1.2, B1.2.2, B1.3.2, B1.4.2, B2.1.2, B2.2.2, B2.2.3 y B2.4.2. With non-ventilated air gap: B1.1.3, B1.2.3, B1.3.3, B1.4.3, B2.1.3, B2.2.3, B2.3.3, B2.4.3)

A- Tropical	B- Dry	C- Temperate			D- Continental			E- Polw
Af- Tropical Rainforest	Bsh- Subtropical Dry Semiarid (Steppe)	Cfa- Humid Subtropical	Csb- Coastal Mediterranean	Dfa- Humid Continental Hot Summer, Wet All Year	Dwa- Humid Continental Hot Summer, Wet All Year	ET- Tundra		
A2 B1.1.1 B1.1.2 B1.1.3 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	A2 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	B2.2.1 B2.2.2 B2.2.3 B2.3.1 B2.3.2 B2.3.3 B2.4.1 B2.4.2 B2.4.3	B2.2.1 B2.2.2 B2.2.3 B2.3.1 B2.3.2 B2.3.3 B2.4.1 B2.4.2 B2.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	
Am- Tropical Monsoon	Bsk- Mid-latitude Dry Semiarid (Steppe)	Cfb- Marine- Mild Winter	Cwa- Dry Winter, Wet Summer	Dfb- Humid Continental Mild Summer, Wet All Year	Dwb- Humid Continental Mild Summer, Dry Winter	EF- Ice Cap		
A2 B1.1.1 B1.1.2 B1.1.3 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	A2 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3		
Aw- Tropical Wet and Dry	Bwh- Subtropical Dry Arid (Desert)	Cfe- Marine- Cool Winter		Dfc- Subarctic With Cool Summer, Wet All Year	Dwc- Subarctic With Cool Summer, Dry Winter	H- Highland Climate		
A2 B1.1.1 B1.1.2 B1.1.3 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	A2 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3		B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3		
	Bwk- Mid-latitude Dry Arid (Desert)	Csa- Interior Mediterranean		Dfd- Subarctic With Cold Winter, Wet All Year	Dwd- Subarctic With Cold Winter, Dry Winter			
	A2 B2.1.1 B2.1.2 B2.1.3	B2.2.1 B2.2.2 B2.2.3 B2.3.1 B2.3.2 B2.3.3 B2.4.1 B2.4.2 B2.4.3		B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3	B1.2.1 B1.2.2 B1.2.3 B1.3.1 B1.3.2 B1.3.3 B1.4.1 B1.4.2 B1.4.3			

Figure 7. Classification scheme/ incorporation Climates (Caption. Without air gap: A.1, A.2, B1.1.1, B1.2.1, B1.3.1, B1.4.1, B2.1.1, B2.2.1, B2.3.1 y B2.4.1. With ventilated air gap: B1.1.2, B1.2.2, B1.3.2, B1.4.2, B2.1.2, B2.2.2, B2.2.3 y B2.4.2. With non-ventilated air gap: B1.1.3, B1.2.3, B1.3.3, B1.4.3, B2.1.3, B2.2.3, B2.3.3, B2.4.3)

World map of Köppen-Geiger climate classification

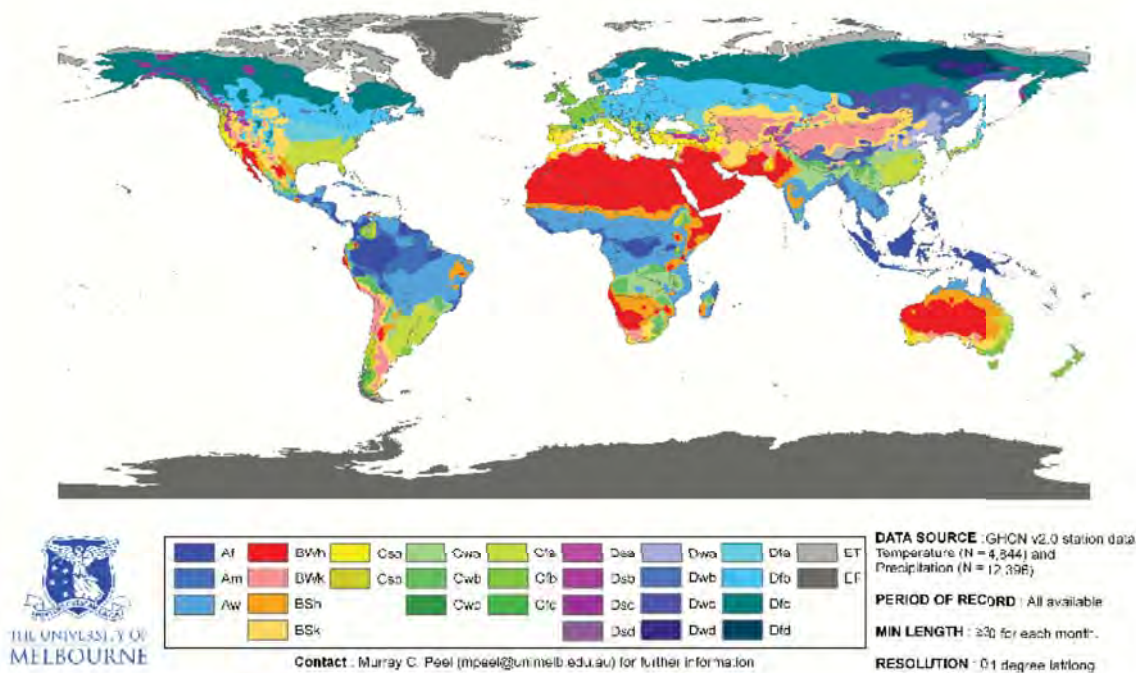


Figure 8. Köppen climate classification system. University of Melbourne. EoEarth

## V. CONCLUSION

The description of envelopes classification according to their behavior in terms of sustainability completes an overall view of all these systems and their implications in the sustainable behavior of the building. This produces a new view towards the choice and design of these envelopes, since the understanding of these systems is based in the classification of the construction systems or covering materials. This classification, allows architects to choose the most appropriate envelope systems relating to the location, climate and environmental parameters that they are working with.

It also confirms the significance that the envelope has regarding the sustainable performance of the building and how a good design of this architectural element may be used as a strategic tool to produce a proper performance of the building through its life cycle. Since this is the element which controls the energy exchanges of interior and exterior area. Because of this, its proper functioning is essential to generate the comfort of building users, and also support the search for reducing energy demands, water use and production of CO2 emissions in buildings.

At the same time, unifying the criteria as it is doing in this research, a better understanding of sustainable operation level is provided, taking into consideration that the information of the traditional construction system merged with the innovative systems. And in turn the concepts on active and passive sustainable architecture, with building systems and their implications on sustainable building operation are unified.

In turn, there should be taken into consideration that after the selection through this typology classification system of opaque envelope to be applied to a project, there should take into account that the material selection to arrange this system shall also vary the sustainable level of the building.

Therefore, the recommendation is that after using this classification method for the selection of the construction system, the decision should be support with an analysis of the complete life cycle of the building. The major contribution of this research is that a well understanding of each typology and, making clear their performance on the latitudes and type of climate they do better and their different applications, the architects shall use these concepts to design in a better way their future projects, taking into consideration the relevance of the envelope proper functioning and the implications of their designs on the buildings performance.

## REFERENCES

1. Anderson, B (2006) Conventions for U-Value calculations. BRE. Watford, UK. ISBN 1-86081-924-9.
2. BRE (2007). U-Value calculator. BRE. Watford, UK.
3. Cuchí, Albert; Sagrera, Albert; López, Fabian; Wadel, Gerardo (2009). 29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, Spain.
4. Deplazes, Andrea (2010). Construir la Arquitectura del material en bruto al edificio. Un Manual Editorial Gustavo Gili, SL. Barcelona, Spain.
5. Edwards, Brian (2009). Guía básica de la sostenibilidad. Gustavo Gili Second edition. Barcelona, Spain.
6. Herzog, Thomas. (2004). Façade Construction Manual. Birkhäuser. Munich, Germany,
7. Knaack, Ulrich (2007). Facades, principles of construction. Birkhäuser Berlin, Germany.
8. EoEarth (2011). Koppen Climate Classification System. <http://www.eoearth.org/view/article/162263/>
9. Más Tomas, Angeles (2005). Cerramientos de obra de Fábrica diseño y tipologías. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, Spain.
10. Monjo Carrió Juan (2003), Tratado de construcción Fachadas y Cubiertas Vol 1 y Vol 2. Munilla-Leria. Madrid, Spain.
11. Olgyay, Victor (2010). Arquitectura y Clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Gustavo Gili. Barcelona, Spain.
12. Rodriguez-Mora, Oscar (2007). Manual de fachadas CTE. Madrid, Spain. ISBN 978-84-612-5458-3.
13. Sánchez Ana, Gutiérrez Otiz (2010). Fachadas, cerramientos de edificios. El Duende. Madrid, Spain.
14. Schmitt, Heinrich; Heene, Andrea (2009). Tratado de Construcción. Editorial Gustavo Gili, SL. Barcelona, Spain. ISBN 978-89-252-2258-0
15. United Nations (1987), Our Common Future. Oxford University Press. Oxford, UK.





## **BIBLIOGRAFÍA**



# BIBLIOGRAFIA:

## LIBROS, REVISTAS, ARTÍCULOS TÉCNICOS Y TESIS DOCTORALES CONSULTADAS:

- (AENOR, 2006). AENOR. Título: UNE-EN ISO/TS 21931-1:2010. Sostenibilidad en la construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios. Asociación Española de Normalización.
- (AdB Rasid, 2015). Adb Rashid, Ahmad; Yusoff, Sumiani. Título: A review of Life Cycle assessment method for building industry. Editorial. Renewable and Sustainable ENergy Reviews. USA, 2015
- (Andrés, 2017). Andrés Ortega, Silvia. Título: Tesis Doctoral - Herramientas de evaluación aplicadas a los materiales de construcción en procesos de edificación sostenibles. Editorial: Universidad Europea. Madrid, 2017
- (BEC, 2016). BEC. Título: Boletín Económico de la Construcción. Barcelona, España, 2016.
- (BRE, 2008). Building Research Establishment. BRE Global Ltd. Título: BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products SD6050. Londres, UK. Editorial: BRE. 2008
- (BRE, 2014). Building Research Establishment. BREEAM New Construction 2014. Editorial: BRE Global. Londres, UK, 2014
- (Brown, 2016) Brown, Martin. Título: FutuREstorative: Working Towards a New Sustainability. Londres, UK. 2016. Editorial: RIBA Publishing.
- (Brundtland, 1987). UN. Título: Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427- Development and International Co-operation: Environment. Naciones Unidas. Oxford /Inglaterra. Editorial: Oxford University Press. 1987.
- (Clark, 2013) Clark, David. Título: What colour is your Building? Measuring and reducing the energy and carbon footprint of buildings. Londres, UK. 2013. Editorial: RIBA Publishing.
- (Construc, 2016) Construc. Título: Revista Técnica de la Construcción. Editorial Ediciones Construc, S.L. Barcelona, España, 2016
- (CPA, 2015). Construction Product Association. Título: A guide to understanding the embodied impacts of construction products. Londres, 2015. Editorial: CPA.
- (Deplazes, 2009) Deplazes, Andrea. Título: Constructing Architecture Materials processes structures a handbook, second edition. Berlin / Alemania: Editorial DArch ETH. 2009
- (Edwards, 2009) Edwards, Brian. Título: Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición ampliada. Barcelona /España. Editorial: Gustavo Gili, 2009
- (eCAADe, 2013) Ianni, Manuela and Sánchez de León, Michelle, Título: Applying Energy Performance-Based Design in Early Design Stages, Source: Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (eds.), Computation and Performance. Congress eCAADe 2013
- (EU, 2016) EU. Título: Directive of the European Parliament and of the council. Amending directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings. Publicado por: European Union. Bruselas, 2016. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_en\\_act\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v10.pdf)
- (Garrido, 2015) Garrido, Pablo. Título: Vida y obsolescencia de fachadas del siglo XX en la ciudad de Barcelona. Universidad Politécnica de cataluna, Barcelona, 2015

- (Gonçalves, 2004) Gonçalves, Artur Jorge de Jesús Título: El análisis de ciclo de vida y su aplicación a la arquitectura y al urbanismo, trabajo desarrollado en la asignatura Por una ciudad más sostenible. El planeamiento urbano frente al paradigma de la sostenibilidad del Doctorado en Ciudades, Periferias y Vitalidad Urbana. Madrid: ETSAM, 2004.
- (González, 1996) González Josep, Casals Albert, Falcones Alejandro. Título: Les Claus per a construir l'arquitectura, Tomo 1. Principis. Barcelona, España: Gustavo Gili, 1996.
- (Heinrich, Andreas, 2009) Heinrich Schmitt, Andreas Heene. Título: Tratado de construcción, octava edición revisada y ampliada. Barcelona, España: Gustavo Gili, 2009.
- (ISO, 2006) AENOR. Título: UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Asociación Española de Normalización. España, 2006
- (ISO, 2006) AENOR. Título: UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y marco de referencia. Asociación Española de Normalización. España, 2006
- (ISO, 2003) ISO. Título: UNE-EN ISO 14044:2006 Environmental management, Life cycle impact assessment. Examples of application of ISO 14042. Ginebra, 2003
- (ISO, 2015). ISO. Título: UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios - Indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios . USA, 2015.
- (Herdriksen, 2011) Herdriksen, Ole J, Título: Doble Skin Facades- Fashion or a step towards sustainable buildings. Pag we: [http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01\\_Ole\\_Juhl\\_Hendriksen\\_Double\\_Skin\\_Facades\\_Fashion\\_or\\_a\\_step\\_.pdf](http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01_Ole_Juhl_Hendriksen_Double_Skin_Facades_Fashion_or_a_step_.pdf). Dinamarca, 2011
- (HAPM, 1992) HAPM, Título: HAPM Component Life Manual. Hapm Publications. USA, 1992
- (Jourda, 2012). Jourda, Françoise-Helene. Título: Pequeño Manual del Proyecto Sostenible. Barceona., España. Gustavo Gili, 2012
- (Knaack, 2007) Knaack, Ulrich. Título: Facades, principles of construction. Berlín/ Alemania: Birkhäuser, 2007
- (LEED, 2016). USGBC. LEED Sustainable certification system. Editorial: USGBC. USA, 2016
- (Lewis, 2014) Lewis, Sarah. Título: PHPP Illustrated. Editorial RIBA Publishing. Newcastle upon Tyne/ UK. 2014
- (Linares, 2009) Linares, Rubén. Título: Estudio del empleo de cubiertas vegetales temporales para la regulación de régimen hídrico, crecimiento y manejo sostenible del viñedo. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España, 2009
- (López-Mesa, 2013) López-Mesa, Belinda. Huecda, P. Título: Review of tolos to assist in the selection of sustainable building assemblies. Editorial: Informes de la Cosntrucción. España, 2013.
- (Más Tomas, 2005) Más Tomas, Angeles. Título: Cerramientos de obra de Fábrica diseño y tipologías. Valencia/ España: Universidad Politécnica de Valencia, 2005
- (Mc Donough, 2005) Mc Donough, Branguart. Título: Cradel to Cradel, Macgraw-hill Interamericana de España. Madrid, 2005
- (Monjo, 2003) Monjo Carrió Juan, Título: Tratado de construcción Fachadas y Cubiertas Vol 1 y Vol 2. Madrid/España: Editorial Munilla-Leria, 2003
- (Olgay, 2010) Olgay, Victor. Título: Arquitectura y Clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, 2010.
- (Pardal, 2010) Pardal, Cristina. Título: La Hoja Interior de la Fachada Ventilada. Análisis, Taxonomía y Prospectiva. Tesis Doctoral, Escuela técnica superior de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelo, España, 2009.
- (Paricio, 1997) Paricio, Ignacio. Título: La Protección Solar. Zaragoza / España: Bisagra, 1997.

- (Paricio, 1985) Paricio, Ignacio. Título: La construcción de L'Arquitectura, segunda edición. Barcelona / España: ITEC, 1985.
- (Paricio, 2006) Paricio, Ignacio. Título: La fachada ventilada y ligera. Zaragoza / España: Bisagra, 2006. ISBN 9788493132057
- (Pelsmakers, 2014) Pelsmakers, Sofie. Título: The Environmental Design Pocketbook, segunda edición. Editorial RIBA Publishing Londres, UK.
- (Rieznik, 2005) Rieznik, Natalia; Hernández, Agustín. Título: Análisis del ciclo de vida, Madrid, 2005. Web: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html#fntext-2>
- (Sauer, 2008) Sauer, Bruno. Título: Hacia una arquitectura sostenible, más allá delo formal. Valencia/ España: Icaro. CTAV, 2008.
- (Sánchez, 2011) Sánchez Ana, Gutiérrez Otiz. Título: Fachadas, cerramientos de edificios. Madrid / España: Editorial el Duende. 2011.
- (San Miguel, 2007) San Miguel, Sandra. Título: Un Vitruvio ecológico, principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona / España: Gustavo Gili, 2007
- (SBTool, 2016). IISBE. SBTool. Editorial: IISBE. Canada, 2016
- (Sheweka, 2012) Sheweka, Samar, Título: Green Facades as a New Sustainable Approach towards Climate Change. Egypto: SciVerse ScienceDirect, Energy Procedia. 2012. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- (Solanas, 2008). Antoni Solanas i Cánovas Título: Viviendas y Sostenibilidad en España Vol 2 colectiva. Editorial Gustavo Gili. Barcelona / España. 2008
- (Sturgis Carbon Profiling, 2016) Cheung, Leo; Farnetani, Mirko de Sturgis Carbon Profiling. Título: Whole-Life carbón: Wellbeing. Revista: Building.co.uk. 2016
- (Timberlake, 2009) Timberlake James, Maimon Richard. Título: Sustainable Architecture in the US- An Interview with, James Timberlake and Richard Maimon (KieranTimberlake). Revista Detail Green número 01/09. Múnich, Alemania. Editorial: Detail. 2009
- (Tronchin, 2007) Tronchin, Lamberto; Fabbri, Kristian. Título: Energy performance building evaluation in Mediterranean countries. Comparison between software simulations and operating rating simulation. Revista: Energy & Buildings, (2007). Doi: 10.1016/j.enbuild.2007.10.012.
- (UNE-EN, 2015) EU. UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo. España, 2015
- (UNEP, 2011) UN. Título: Naciones Unidas. Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. UN Enviromental Program, 2011. <http://www.lifecycleinitiative.org>.
- (Varios, 2008) Pfundstein, Margit; Gellert, Roland; Spitzner, Martin; Rudolphi, Aleander. Título: Insulating Materials. Munich, Alemania, 2010. Editorial Detail
- (Varios, 2009) Cuchí, Albert; Sagrera, Albert; López, Fabian; Wadel, Gerardo. Título: 29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió. Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge. Barcelona, 2009.
- (Varios, 2014) Zirkelbach, Daniel; Kunzel, Hartwig. Título: Internal insulation of external walls: design guidelines and system selection. Revista Detail Green número 01/14. Múnich, Alemania. Editorial: Detail. 2014.
- (Varios -3, 2014) Cabeza, Luisa; Rincon, Lidia; Vilarino, Virginia; Perez, Gabriel; Castell, Albert. Título: Life cycle asesment (LCA) and life cycle energy analysi (LCEA) of buildings and the building sector. A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. USA, 2014

- (Varios, 2011) Wittstock, HGantner, Lenz, Saunders, Anderson, Carter, Gyetvai, Kreibig, Braune, Lasvaux, Bosdevigie, Bazzana, Schiopu, Jayr, Nivel, Chevalier, Hans, Fullana, Gazulla, Mundy, Barrow, Sjostrom, IBP, CSTB, ESCI, BRE. Título: EaB Guide. Eudorpean Commission under FP7. 2011.
- (Varios 2,2011) Wadel, Gerardo; Alfoso, Pol; Zamora, Joan-Lluis. Título: "Proyecto FB720. Informe sobre el análisis del ciclo de vida de los materiales". Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2011
- (Varios, 2015) El khouli, Sebastian; John, Viola; Zeumer, Martin. Título: "Sustainable Construction Techniques". Editorial Detail Green Books. Munich/Alemania. 2015.
- (Varios, 2010) Konig, Holger; Kohler, Niklaus; Keibig, Johannes; Lutzkendorf, Thomas. Título: "A life cycle approach to buildings". Editorial Detail Green Books. Munich/Alemania. 2010.
- (Verde, 2017). ESGBC. Proceso de certificación Verde. Editorial: ESGBC. España, 2017
- (Wadel, 2009) Wadel, Gerardo. Título: "La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2009.
- (WELL, 2017). The Well Institut. The Well Standard. EitorialÑ the Weel Institut. USA¿ 2017.
- (Zabalza, 2009) Zabalza-Bribian, I; Aranda-Uson, A; Scarpellini, S. Título: Life cycle assesment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment. Building and Enviroment. USA, 2009
- (Zero Carbon Hub, 2015) Título: "Zero Carbon Compendium, The future of low energy cities and communities". Editorial y Autor: Zero Carbon Hub. Londres, UK, 2015.

## PÁGINAS WEB CONSULTADOS:

- (AISLECO, 2013). Título: Catálogo de productos. AISLECO. Huesca, España. 2013. <http://www.aisleco.com>
- (ASA, 2010). Título: Aislamiento de Corcho. Editorial: Asociación Sostenibilidad y Arquitectura. España, 2010. <http://www.sostenibilidadyarquitectura.com>
- (Aisla Nat, 2013) Título página web: Aplicación de la celulosa/ El futuro, la rehabilitación. Aisla Nat, 2013. <http://www.aislantesaislanat.es/el-aislamiento-de-celulosa/aplicaciones-de-la-celulosa/>
- (ANDIMAT, 2007) Título página web: Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes. España, 2007. <http://www.andimat.es/>
- (ASA, 2010). Título: Aislamiento de Corcho. Editorial: Asociación Sostenibilidad y Arquitectura. España, 2010. <http://www.sostenibilidadyarquitectura.com>
- (Banco Mundial , 2012) Título: Banco Mundial consumo de energía per capital <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?display=defaulthttps%253A%2F%25252Fwww.cia.gov%2Flibrary%2Fpublications%2Fthe-world-factbook%2Ffields%2F2102.html>
- (BASF, 2015) Título: Empresas BASF. Revisado: 2015. <https://www.basf.com/es/es.html>
- (BID, 2012) Título: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2012. Título: Un espacio para el desarrollo: los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe. <http://www.iadb.org/es/investigacion-y-datos/publicacion-dia,3185.html?id=2012>
- (BioHouses, 2008). Título: Catálogo de productos. BioHouses. Alemania, 2008 <http://www.biohaus.es/productos/gutex.php>
- (CCBP, 1993) Título: Conferencia sobre construcción con balas de paja. Título: Aspectos técnicos en construcción con balas de paja Arthur, Nebraska, 1993. <http://lapajaenlaconstruccion.wikispaces.com/file/view/AspectosTecnicosPaja.pdf>
- (CEMEX, 2015). Título: Empresas CEMEX. Revisado: 2015. <http://www.cemex.es/>
- (CEN, 2016). Título: Comité Europeo de Normalización. Bruselas, 2016. <https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>
- (CTE DBHE, 2016) Título: Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>
- (CTE - SI, 2014). Título: Código técnico de la edificación española (2014). Título: Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendios. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>
- (Construmat, 2011) Título: Construmat. (2011, 05 18). Título: Construmat. Revisado: 05.29.2012, Autor: Construmat: <http://www.construmat.com/>
- (CYPE, 2016) Título: Generador de precios (2016). Título: Generador de precios. Autor: CYPE Ingenieros. <http://www.generadordeprecios.info/>.
- (Design Builder, 2014). Título: Design Builder Software. <https://www.designbuilder.co.uk/>
- (e2CO2cero, 2014) Título: e2CO2cero. Revisada en Febrero 2014. <http://tienda.e2co2cero.com/>
- (EBS, 2016). Título página web: Ecological Building Systems. EBS, 2016. <http://www.ecologicalbuildingsystems.com/UK/Products/Calsitherm-Climate-Board>
- (Ecohabitar, 2011) Título página web: Aislamientos e impermeabilización convenientes. Ecohabitar, 4 de diciembre de 2011. <http://www.ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-convenientes/>
- (EMPA, 2011) EMPA database, ETH Board, Federal Council, Switzerland (on-line access between March 2011 -November 2012). / [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*54731/---/l=2h](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*54731/---/l=2h)

- (EnerBuilCa, 2012). EnerBuilCa. Título: Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings. Revisado: 20.04.2013. <http://www.enerbuilca-sudoe.eu/>• (EPLCA, 2014) Título: European Platform on Life Cycle Assessment EPLCA Data Base. European Commission. (on-line access between March 2011 -November 2014). [http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page\\_id=126](http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=126)
- (EoEarth , 2011) Enciclopedia del planeta Tierraa. Revisado: 2014. <http://www.eoearth.org/>
- (Ecoinvent, 2017) ETH Zurich. Título: Ecoinvent Database. Revisado, 2017. <http://www.ecoinvent.org/>
- (Fotocatálisis. 2011) Título: Fotocatálisis, A. I. (2011). Título: Asociación Ibérica de la Fotocatálisis. Revisado: 05 18, 2011, Autor: Asociación Ibérica de la Fotocatálisis: <http://www.fotocatalisis.org/>
- (Frutos-Sanmartín, 2006) Arquitectos Frutos y Sanmartín. Título: 24 habitatges HPO a Cerdanyola del Valles. Revisado: 18.11.2012. <http://frutos-sanmartin-arquitectes.blogspot.com.es.html>.
- (GaBi, 2014) Título: GaBi Thinkstep. Product Sustainability Performance. Revisado: April, 2014. <http://www.gabi-software.com/uk-ireland/index/>
- (Garnica, 2015). Título: Empresas Garnica. Revisado: 2015. <http://www.garnica.one/en/home>
- (Gutex, 2015). Título: Empresas Gutex. Revisado: 2015. <http://gutex.es/home/>
- (ICE, 2008) Título: ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/serf/> (on-line access between March 2011 - November 2012). Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil. Engrs: Energy, in press.
- (IES, 2015) Título Integrated Environmental Solutions. Revisado: April, 2015. <https://www.iesve.com/>
- (IDAE, 2008), Título: “Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución.”. Madrid, España. Editorial: IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008. <http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/relcategoria.1030/id.226/relmenu.53>
- (IDAE, 2016) Título: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital / Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. <http://www.idae.es/index.php>
- (INCASOL, 2000) Título: INCASOL, 2000. [http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/incasol?newLang=es_ES)
- (INE, 2017) Título: Instituto Nacional de Estadística, 2001. <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=%2Ft25%2Fp442%2Fa2001&file=pcaxis&L=0&divi=&his=>
- (ITTCC, 2012) Título: Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya, España (2011). Título: BEDEC database. Revisado 05.2012. Autor: ITTCC. [www.itec.cat](http://www.itec.cat)
- (ITEC, 2006) Título: Manteniment del'edifici. Fitxes. Publicado por el ITEC, 2006. <http://docs.itec.cat/c/DicPla.4.0.Cat.Manual.pdf>
- (ISO 2006) Título: International Organization for Standardization, ISO 14040:2006, ISO 14044:2006, 2006. <http://www.iso.org>
- (JFS Arquitectos, 2010) Título: Aislantes térmicos ecológicos de origen vegetal. Madrid Arquitectura, 2010. <http://www.madridarquitectura.com/es/blog/169-los-aislantes-ecologicos.html>
- (Malpesa, 2015) Título: Empresas Malpesa. Revisado: 2015. <http://www.malpesa.es/>
- (Nikken, 2011) Título: Proyecto de edificio de oficinas para la sede de SONY en el distrito de Osaki en Tokyo Japón, Arquitectos Nikken Sekkei, 2011. <http://www.nikken.co.jp/en/projects/office/hq/sony-osaki-west-building.html>
- (Okalux, 2012) Okalux. (n.d). Título: Okalux. Revisado: 04.2012. Autor: Okalux: <http://www.okalux.de/>
- (RA, 2016) Título: Retrofit Academy. Revisado: 12. 2016. <https://www.retrofitacademy.org/>
- (RCP, 2013) Título: página web: Red de Construcción con Paja. 2013. <http://www.casasdepaja.org/>

- (Rockwool, 2015). Título: Empresas Rockwool. Revisado: 2015. <http://www.rockwool.es/>
- (SAAs, 2008) Título: Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilidad. Revisado: 2014. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar/>
- (SETAC, 2012) Título: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) 2012. <http://www.setac.org/>
- (SEL, 2017) Título: Southwest Environmental Limited. Life Cycle Assessment. Revisado: Mayo, 2017. <http://www.southwest-environmental.co.uk/>
- (SimaPro, 2015) Título: SimPro. Revisado: April, 2015. <http://www.simapro.co.uk/>
- (SO, 2006) Título: Societat Organica. Revisado: 2014. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>
- (Passivhaus, 2017) Título: PassivHaus Trust. Revisado: Enero, 2017 <http://www.passivhaustrust.org.uk/>
- (Passivhaus Trus, 2017) Título: Passivhaus Trus Magazine. Revisado: Abril 2017. <https://passivehouseplus.ie/>
- (PsyTherm, 2017) Título: Psy Therm. Revisado: Abril 2017. <http://www.psitherm.uk/>
- (Tabicea, 2015) Título: Empresas Taicesa. Revisado: 2015. <http://www.tabicesa.es/>
- (Tally, 2015) Título: Tally. Revisado: April, 2015. <http://choosetally.com/>
- (Thermo Hemp, 2013). Título: Catálogo de productos. Thermo Hemp, Alemania, 2013. <http://www.thermo-hanf.de/>
- (UN\_HABITAT, 1978) Título: UN\_HABITAT for a better urban future. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de recursos (1978). Título: UN\_HABITAT. Revisado: 03.20.2012. <http://www.unchs.org/>. 1978
- (UN\_CED, 1992). Título: UN Agenda 21 de Rio. <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/>
- (UN\_CMDSD, 2002). Título: UN Cumbre Mundial sobre desarrollo sostenible de Johannesburgo. [http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp\\_PD.htm](http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm)
- (UN\_COP21, 2015) Título: UN Climate Change Conference, Paris 2015. <http://www.cop21paris.org/>
- (UNEP, 2011) Título: Towards a Lyfe Cycle Sustainability Assessment. United Nations Environment Program. [http://www.unep.org/pdf/UNEP\\_LifecycleInit\\_Dec\\_FINAL.pdf](http://www.unep.org/pdf/UNEP_LifecycleInit_Dec_FINAL.pdf).
- (UDAJ, 2009) Título: Artículo “refrigeración pasiva, efecto botijo, eficiencia energética” <http://gep.dpa-etsam.com/?q=content/refrigeraci%C3%B3n-pasiva-efecto-botijo-ahorro-energ%C3%A9tica>.
- (Valderrivas, 2015) Título: Empresas Valderrivas. Revisado: 2015. <http://www.valderrivas.es/en/>

## **INFORMES OFICIALES CONSULTADOS:**

- U.S. Energy Information Administration, Título: Annual Energy Outlook 2010, with projections to 2035. (Abril 2010)
- (U.S. Energy Information Administration, 2010). Título: Annual Energy Outlook 2010, with projections to 2035. 2010.
- SETAC Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment Society of Environmental Toxicology And Chemistry, Foundation for Environmental Education, Inc. Pensacola, Florida (1993).

## **NORMATIVAS:**

- UNE-EN 16309+A1:2015. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo. (UNE-EN, 2015)
- UNE-EN ISO 14047:2003, Título: Environmental management, Life cycle impact assessment. Examples of application of ISO 14042. (ISO, 2003)
- UNE-EN ISO 14040:2006, Título: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO, 2006)
- UNE-EN ISO 14044:2006, Título: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y marco de referencia. (ISO-2, 2006)
- UNE-ISO/TS 21931-1:2008 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios. (ISO, 2008)
- UNE-EN 15643-1:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general. (ISO, 2012)
- UNE-EN 15643-2:2011. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental. (ISO-2, 2012)
- UNE-EN 15643-3:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social. (ISO-3, 2012)
- UNE-EN 15643-4:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico. (ISO-4, 2012)
- UNE-EN 15978:2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo. (ISO-5, 2012)
- UNE-ISO/TS 21929-1:2009 IN. Sostenibilidad en construcción de edificios - Indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios (ISO, 2015)
- EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (CNE, 2006)
- ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 1: General principles and framework. (ISO, 2011)
- ISO 15686-2:2012. Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 2: Service life prediction procedures. (ISO-2, 2011)
- CTE DBHE, 2016. Código técnico de la edificación española (2016). Título: Documento Básico HE, Ahorro de Energía. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>
- CTE - SI, 2014. Código técnico de la edificación española (2014). Título: Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendios. Autor: Ministerio de fomento español. España, 2014. <http://www.codigotecnico.org>





## **BIBLIOGRAFIA EXTRA:**

### **LIBROS Y REVISTAS**

- Barrow Leather, Título: La Superficie de la Arquitectura. Madrid / España: Editorial Akal, 2007
- Chueca, Pilar. Título: Facades: Selection and details. Barcelona/España: Editorial Links Books.
- De Garrido, Luis. Título: Sustainable Architecture, Green in Green. Barcelona/ España. Editorial: Monsa. 2011.
- Knaack Ulrich, Klein Tillmann, Bilow Marcel. Título: Imagine 01 Façades. Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Chair of Design of Constructions. Rotterdam: 010 Publishers, 2008
- Reyes, César; Baraona, Ethel; Pirillo, Claudio. Título: Arquitectura Sostenible. Valencia/ España. Editorial Pencil, 2007
- Schittich, Christian. Título: In Detail Building Skins New enlarged edition. Alemania/ Berlín: Editorial DETAIL.
- Solé Bonet, Josep. Título: Aislamiento térmico en la edificación, limitación de la demanda energética DBHE1 e iniciación a la calificación energética. Tarragona/ España: Editorial colegio de aparejadores y arquitectos técnicos de Tarragona. 2007
- Trovato, Graziella. Título: Dos-Velos. Madrid / España: Editorial Akal, 2007



## **ANEXOS**

1. Glosario	388
2. Lista de Figuras	394
3. Lista de tablas	399
4. Lista de abreviaciones	401

## 1. GLOSARIO

### **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA - AMBIENTAL:**

Es el sistema más completo de análisis y evaluación ambiental, cuya metodología está establecida por las normas ISO 1404/44. Permite cuantificar el impacto ambiental global de un sistema a analizar realizando una contabilidad completa del consumo de recursos y de la emisión de residuos asociados al ciclo de vida total, que en el caso de los edificios se puede resumir en las fases de extracción y producción de los materiales, distribución o transporte de los materiales, construcción, uso y mantenimiento y demolición —derribo y gestión final de residuos—. (Wadel, 2009).

**ANÁLISIS DEL COSTE DE VIDA (CCV):** Es un análisis económico importante utilizado en la selección de alternativas que impactan tanto los costos pendientes como futuros. Compara las opciones de inversión inicial e identifica las alternativas de menor costo por un período de veinte años.

**ANÁLISIS SOSTENIBLE DEL CICLO DE VIDA (ASCV):** “se refiere a la evaluación de todos los impactos negativos y los beneficios ambientales, sociales y económicos; en los procesos de toma de decisiones hacia productos más sostenibles a lo largo de su ciclo de vida. El creciente interés en el desarrollo de métodos para comprender mejor

y abordar los impactos de los productos a lo largo de su ciclo de vida ha sido estimulado por una creciente conciencia mundial de la importancia de proteger el medio ambiente; Un reconocimiento de los riesgos de compensaciones entre los posibles impactos asociados a los productos (tanto fabricados como consumidos); Y la necesidad de tener en cuenta las cuestiones relacionadas con el cambio climático y la diversidad biológica desde una perspectiva holística” (UNEP, 2011).

### **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO**

**—de los edificios—:** “Un estudio de ACV simplificado puede llevar a cabo una evaluación rápida de un edificio o de un producto. El reto consiste en adaptar la metodología del ACV y simplificar su uso [...]. Con un ACV simplificado, se aplica un enfoque pragmático a un edificio o producto. Se hace posibles los estudios basados en la información que ya está disponible, por ejemplo, en el proceso de planificación. El ACV simplificado encuentra en algún lugar entre el ACV de detección y el ACV completo. Puede ser adaptado por las partes interesadas de un edificio —por ejemplo, la empresa de construcción o el ingeniero de diseño—, y en una determinada fase del proceso de planificación de la obra. Por ejemplo, si una empresa de construcción lleva a cabo una ACV simplificado, datos más precisos se puede utilizar para los impactos relacionados en el lugar, pero el

estudio todavía puede confiar en las definiciones de la ACV simplificado para las otras etapas del ciclo de vida" (Varios, 2011).

**ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA:** Es la arquitectura que consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles como el sol, vegetación, lluvia, viento para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

**ARQUITECTURA VERNÁCULAR:** Es aquella arquitectura que ha sido proyectada por los habitantes de una región determinando mediante el conocimiento empírico, la experiencia de generaciones anteriores y la experimentación. Usualmente, este tipo de construcción está constituida con materiales de la zona, y sus sistemas constructivos se adaptan mejor al clima de la zona.

**CAMBIO CLIMÁTICO:** Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. —Artículo 1, párrafo 2, las Naciones Unidas—.

**CO<sup>2</sup> (dióxido de carbono):** El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono —IV—, gas carbónico y anhídrido carbónico —los dos últimos cada vez más en desuso[cita requerida] —, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula molecular es CO<sup>2</sup>.

**CONFORT TÉRMICO:** Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 se define como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Este confort depende de varios parámetros ambientales, metodológicos, fisiológicos y psicológicos. Los parámetros ambientales son la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa. Los metodológicos, fisiológicos y psicológicos dependen de la percepción que tenga cada persona sobre el ambiente, pueden estar definidos por la cantidad de ropa, la actividad física, el metabolismo de cada individuo, etc. Por lo cual no se puede diseñar un edificio o un sistema que haga sentir confortable al 100% de los usuarios, por lo tanto, se exige que tengan un mínimo de 85% de usuarios con confort térmico.

**CONSUMO ENERGÉTICO —de los edificios—:**

Consumo energético y demanda energética son conceptos que remiten a la cantidad de energía consumida por las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, iluminación artificial, etc., en el uso de un edificio, en el primer caso, y al potencial de consumo que el edificio en sí mismo demanda para alcanzar las condiciones de habitabilidad deseadas o predeterminadas antes de definir ninguna de sus instalaciones, en el segundo caso. Para la obtención de los valores de consumo energético se parte de considerar demanda energética —de climatización, iluminación, etc— y, una vez definidos los sistemas técnicos que la atenderán se aplica en cada uso sus coeficientes de rendimiento que, dependiendo del tipo de sistema, el combustible utilizado, la utilización o no de energías renovables, el intercambio o no de calor con el aire, el agua y la tierra, etc., pueden ser inferiores, superiores o iguales al 100%. De esta forma el consumo energético puede ser inferior, superior o igual a la demanda energética. (Wadel, 2009).

**DESARROLLO SOSTENIBLE:** El desarrollo sostenible se definió por primera vez en el Informe Brundtland en 1987, por una comisión de las Naciones Unidas, encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland. En este informe se define el desarrollo sostenible como “satisfacer las

necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” (UN\_HABITAT, 1978). Teniendo como principio que el desarrollo sostenible se compone por tres componentes el Social, el Económico, y el Ambiental.

**DEMANDA ENERGÉTICA —de los edificios—:**

Ver consumo energético —de los edificios—.

**EFEECTO INVERNADERO:** Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación solar. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

**EFEECTO ISLA DE CALOR:** es una situación urbana, de acumulación de calor por la inmensa mole de hormigón, y demás materiales absorbentes de calor; y atmosférica que se da en situaciones de estabilidad por la acción de un anticiclón térmico.

**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ARQUITECTURA:**

Se considera eficiencia energética en la arquitectura cuando se diseñan edificios que minimizan el uso de las energías convencionales o

no renovables, a fin de ahorrar y hacer un uso razonable de la misma.

**ENERGÍA GRIS:** Es la suma total de la energía necesaria para garantizar la elaboración de un product, teniendo en cuenta la extracción de materia prima, el tratamiento, la transformación y la ejecución de product así como los transportes sucesivos necesarios para su puesta en servicio. También incluye el gasto de energía de los materiales y maquinaria que hayan participado en su elaboración (Jourda, 2012).

**EMISIONES DE CO<sup>2</sup>:** Las emisiones de dióxido de carbono tienen dos orígenes, naturales y antropogénicas. Las fuentes antropogénicas y efecto invernadero, los medios de transporte que utilizan petróleo —automóviles, camiones, aviones, buques de carga— son una fuente importante de emisiones de CO<sup>2</sup>. Los incendios forestales son la principal fuente natural.

De hecho, el efecto de las actividades humanas sobre el calentamiento global del clima de nuestro planeta se está convirtiendo en bien conocida a través de numerosos estudios, pero su impacto en la acidificación del medio marino es mucho menos conocido ya que sólo hace unos pocos años que los investigadores se han interesado en él.

**HUELLA ECOLÓGICA:** Este concepto denominado por W. Rees y M. Wackernagel en 1996. La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. Representa el área de tierra o agua ecológicamente productivos —cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos— —e idealmente también el volumen de aire—, necesarios para generar recursos y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada de acuerdo a su modo de vida, de forma indefinida.<sup>1</sup> La medida puede realizarse a muy diferentes escalas: individuo —la huella ecológica de una persona—, poblaciones —la huella ecológica de una ciudad, de una región, de un país,[...] —, comunidades —a huella ecológica de las sociedades agrícolas, de las sociedades industrializadas, etc—. El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad.

La ventaja de medir la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible



comparar, por ejemplo, las emisiones producidas al transportar un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala —hectáreas—.

**INERCIA TÉRMICA:** La inercia térmica es la capacidad que tiene un edificio de absorber el calor y, después, liberarlo de manera difusa. Va emparejada a la masa térmica. Cuanto mayor sea la inercia térmica de un edificio, más energía almacenará. Se trata de una verdadera ventaja energética, puesto que, en invierno, permite difundir durante la noche el calor acumulado durante el día y, en verano, restituir durante el día el fresco acumulado durante la noche.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una acción sobre el ambiente en sus distintos aspectos. Las acciones humanas, son los principales motivos que han producido que un bien o recurso natural sufra cambios negativos. Ahora los recursos naturales se encuentran amenazados en todos los sentidos, el agua, el suelo, el aire son recursos que están siendo afectados por medidas o acciones sin previos estudios que permitan mitigar estos impactos, la minimización del impacto ambiental es un factor preponderante en cualquier estudio que se quiera hacer en un proyecto o acción a ejecutar, con esto se logrará que los efectos secundarios

pueden ser positivos y, menos negativos.

**IMPACTO SOCIAL:** Se entiende por impacto social el efecto que produce una acción sobre la comunidad local y mundial. Las acciones humanas, son los principales motivos que han producido que un bien o recurso natural sufra cambios negativos. Ahora los recursos naturales se encuentran amenazados en todos los sentidos, el agua, el suelo, el aire son recursos que están siendo afectados por medidas o acciones sin previos estudios que permitan mitigar estos impactos, la minimización del impacto ambiental es un factor preponderante en cualquier estudio que se quiera hacer en un proyecto o acción a ejecutar, con esto se logrará que los efectos secundarios pueden ser positivos y, menos negativos.

**IMPACTO ECONOMICO:** Se entiende por impacto económico el efecto que produce un producto sobre la economía local. Los edificios pueden impactar negativamente o positivamente a la comunidad local o a los usuarios del edificio, por ejemplo, la reducción o el incremento del consumo de energía puede afectar el coste de energía mensual durante toda la etapa de uso del ciclo de vida. Otro ejemplo podría ser la cantidad de fuentes de trabajos que puede producir un edificio, durante su construcción, y durante su uso.

**PUENTE TÉRMICO:** Un puente térmico es una zona puntual o lineal que, en la envolvente de un edificio, presenta una deficiencia notable de aislamiento térmico. El contacto de dos materiales de conductividad térmica diferente puede producir un Puente térmico.

**TRANSMITANCIA TÉRMICA A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS:** Intercambio de calor entre el espacio interior y el espacio exterior, depende de la serenidad climática y del grado de aislamiento.

## 2. LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: El Problema del Cambio Climático
- Figura 02: El Problema del Cambio Climático
- Figura 03: Emisiones de CO2 por sector
- Figura 04: Desarrollo Sostenible, TBL
- Figura 05: Intercambio de calor en la fachada de un edificio
- Figura 06: Comparativa entre una nueva construcción y un edificio con 20 años de construcción
- Figura 07: Descripción del ciclo de vida de un bloque prefabricado de hormigón
- Figura 08: Nuevas herramientas circulares para mejorar la huella sostenible de un edificio
- Figura 09: propuesta de una cuarta parte del desarrollo sostenible
- Figura 10: Título: Arquitectura Sostenible
- Figura 11: La historia de las ciudades con bajo consumo de energía
- Figura 12: Ciclo de Vida
- Figura 13: El compromiso del Protocolo de Kyoto y sus resultados
- Figura 14: Ciclos técnicos de la producción se materiales y productos
- Figura 15: Las etapas del ciclo de vida de un edificio, correspondiendo con la normativa EN 15978
- Figura 16: Ciclos biológico de la producción se materiales y productos
- Figura 17: Perdidas de energía en la envolvente
- Figura 18: Las metas del Desarrollo Sostenible pautas por la UN
- Figura 19: Estrategías Pasivas
- Figura 20: Intercambio de calor en la fachada de un edificio
- Figura 21: Concepto de Análisis del Ciclo de Vida
- Figura 22: Metodología Propuesta
- Figura 23: Metodología de la investigación – análisis más valoración –
- Figura 24: Formato de cuadro de clasificación
- Figura 25: Metodología de la investigación. Paso 1
- Figura 26: Ejemplos de fichas de tipologías de sistemas constructivos,
- Figura 27: Metodología de la investigación. Paso 1.1
- Figura 28: Volumen del edificio vs el area de Muro Exterior
- Figura 29: Ejemplos de calculo de valor de la U
- Figura 30: Metodología de la investigación. Paso 1.2
- Figura 31: Metodología de la investigación . Paso 2
- Figura 32: Etapas de un Análisis del ciclo de vida según la ISO 14040-2006
- Figura 33: Limites del Sistema
- Figura 34: Plataforma de la base de datos del BEDEC ITEC
- Figura 35: Interfaz del programa CYPE
- Figura 36: Plataforma de Design Builder
- Figura 37: Esquema de Modelo Box, ubicacion en el edificio.
- Figura 38: Esquema del Modelo Box

## 2. LISTA DE FIGURAS

- Figura 39: Estudio de la esquina en varias tipologías de edificio
- Figura 40: Construcción de Modelo Box
- Figura 41: Modelo Box, simulacion
- Figura 42: Estudio de espacialidad para el Modelo Box
- Figura 43: Etapas de ciclo de vida de un edificio contrastadas con las etapas de producción de información de un proyecto arquitectónico
- Figura 44: Metodología de la investigación. Paso 2.1
- Figura 45: Metodología de la investigación. Paso 2.1.1
- Figura 46: Esquema del Modelo Box
- Figura 47: Desarrollo Sostenible
- Figura 48: Metodología de la investigación. Paso 2.1.2.
- Figura 49: Metodología de la investigación. Paso 2.2
- Figura 50: Metodología de la investigación. Paso 2.2.1
- Figura 51: Metodología de la investigación. Paso 2.2.2
- Figura 52: Metodología de la investigación – análisis más valoración–Paso 2.3
- Figura 53: Metodología de la investigación – análisis más valoración–Paso 2.3.1
- Figura 54: Metodología de la investigación – análisis más valoración–Paso 2.3.2
- Figura 55: Comparativa de Sstems de evaluación y puntuación sostenible
- Figura 56: Metodología de la investigación – análisis más valoración–Paso 3
- Figura 57: Eco Brújula
- Figura 58: Aplicaciones de Protección contra la radiación solar
- Figura 59: La envolte del edificio
- Figura 60: Parametros que determinan el confort térmico
- Figura 61: Comportamiento térmico de envolventes en programas de oficinas
- Figura 62: Emisiones de Carbono indicativas sobre los 60 años de uso de un edificio de oficinas
- Figura 63: Funciones sostenible de la envolvente.
- Figura 64: Requerimientos estructurales, resistencia y estabilidad
- Figura 65: Intercambio de energía en la envolvente de un edificio
- Figura 66: Puentes térmico.
- Figura 67: Ventilación Natural
- Figura 68: Estanqueidad al aire
- Figura 69: Control Acustico
- Figura 70: Envolvente estanca vs membrane
- Figura 71: Clasificación de tipos de clima de Köppen
- Figura 72: Adaptabilidad al Clima en la Arquitectua
- Figura 73: Estrategías Pasivas
- Figura 74: Sistema Pasivo de Envolvente
- Figura 75: ¿Cómo se usa la energía en las casa alrededor del mundo?

## 2. LISTA DE FIGURAS

- Figura 76: Tipologías de Aislamiento Térmico
- Figura 77: Proporción de fachada acristalada vs muro exterior
- Figura 78: Tipologías seleccionadas
- Figura 79: Selección de Tipologías Base
- Figura 80: Tipologías seleccionadas
- Figura 81: Tipologías seleccionadas
- Figura 82: Tipologías seleccionadas
- Figura 83: Tipologías seleccionadas
- Figura 84: Tipologías seleccionadas
- Figura 85: Tipologías seleccionadas
- Figura 86: Tipologías seleccionadas
- Figura 87: Tipologías seleccionadas
- Figura 88: Tipologías seleccionadas
- Figura 89: Tipologías seleccionadas
- Figura 90: Tipologías seleccionadas
- Figura 91: Tipologías seleccionadas
- Figura 92: Tipologías seleccionadas
- Figura 93: Tipologías seleccionadas
- Figura 94: Tipologías seleccionadas
- Figura 95: Tipologías seleccionadas
- Figura 96: Tipologías seleccionadas
- Figura 97: Tipologías seleccionadas
- Figura 98: Tipologías seleccionadas
- Figura 99: Tipologías seleccionadas
- Figura 100: Tipologías seleccionadas
- Figura 101: Tipologías seleccionadas
- Figura 102: Selección de Tipologías
- Figura 103: Tipologías seleccionadas
- Figura 104: Tipologías seleccionadas
- Figura 105: Tipologías seleccionadas
- Figura 106: Tipologías seleccionadas
- Figura 107: Tipologías seleccionadas
- Figura 108: Tipologías seleccionadas
- Figura 109: Tipologías seleccionadas
- Figura 110: Tipologías seleccionadas
- Figura 111: Tipologías seleccionadas
- Figura 112: Tipologías seleccionadas
- Figura 113: Tipologías seleccionadas

## 2. LISTA DE FIGURAS

- Figura 114: Tipologías seleccionadas
- Figura 115: Tipologías seleccionadas
- Figura 116: Tipologías seleccionadas
- Figura 117: Tipologías seleccionadas
- Figura 118: Tipologías seleccionadas
- Figura 119: Tipologías seleccionadas
- Figura 120: Tipologías seleccionadas
- Figura 121: Selección de Tipologías
- Figura 122: Selección de Tipologías
- Figura 123: Eco Brújula
- Figura 124: Envolverte estanca vs membrane
- Figura 125: Metodología de la Investigación
- Figura 126: Tipologías seleccionadas
- Figura 127: Tipologías seleccionadas
- Figura 128: Tipologías seleccionadas
- Figura 129: Tipologías seleccionadas
- Figura 130: Tipologías seleccionadas
- Figura 131: Tipologías seleccionadas
- Figura 132: Tipologías seleccionadas
- Figura 133: Tipologías seleccionadas
- Figura 134: Tipologías seleccionadas
- Figura 135: Tipologías seleccionadas
- Figura 136: Tipologías seleccionadas
- Figura 137: Tipologías seleccionadas
- Figura 138: Tipologías seleccionadas
- Figura 139: Tipologías seleccionadas
- Figura 140: Tipologías seleccionadas
- Figura 141: Selección de Tipologías
- Figura 142: Ciclo e Producción de Materiales Constructivos

## GRAFICAS

- Gráfica 01: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–
- Gráfica 02: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–
- Gráfica 03: Gráfica resumen de resultados – Impacto Ambiental–
- Gráfica 04: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–
- Gráfica 05: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–
- Gráfica 06: Gráfica resumen de resultados –Impacto Económico–
- Gráfica 07: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Gráfica 08: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Gráfica 09: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Uso, Impacto Social–
- Gráfica 10: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Gráfica 11: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Uso, Impacto Social–
- Gráfica 12: Eco Brújulas comparativas
- Gráfica 13: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–
- Gráfica 14: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–
- Gráfica 15: Gráfica resumen de resultados – Impacto Ambiental–
- Gráfica 16: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–
- Gráfica 17: Gráfica resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–
- Gráfica 18: Gráfica resumen de resultados –Impacto Económico–
- Gráfica 19: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Gráfica 20: Gráfica resumen de resultados –Etapa de Uso, Impacto Social–
- Gráfica 21: Eco Brújula Tipología A.2
- Gráfica 22: Eco Brújula Tipología B.1.3.1
- Gráfica 23: Eco Brújula Tipología B.2.1.2
- Gráfica 24: Eco Brújula Tipología B2.3.1
- Gráfica 25: Eco Brújula Tipología B2.3.2
- Gráfica 26: Eco Brújulas resultados tipologías base
- Gráfica 27: Eco Brújula Tipología A.2
- Gráfica 28: Eco Brújula Tipología B.1.3.1
- Gráfica 29: Eco Brújula Tipología B.2.1.2
- Gráfica 30: Eco Brújula Tipología B2.3.1
- Gráfica 31: Eco Brújula Tipología B2.3.2

### 3. LISTA DE TABLAS

- Tabla 01: Ejemplo de tabla Tipologías seleccionadas
- Tabla 02: Transmitancia del element
- Tabla 03: Listado de Materiales a estudiar
- Tabla 04: Datos de la etapa de Mantenimiento
- Tabla 05: Información sobre Bases de Datos
- Tabla 06: Tabla explicativa de energía incorporada a los materiales
- Tabla 07: Eficiencias de los sistemas de referencia
- Tabla 08: Parámetros del Modelo Box
- Tabla 09: Perfiles de uso
- Tabla 10: Precios promedios de Gas Natural y Electricidad en España del año 2015-2016
- Tabla 11: Responsabilidad Social Corporativa –RSC–
- Tabla 12: Sistema de puntuación de RSC
- Tabla 13: Perfles de Uso
- Tabla 14: Sistema de Puntuación
- Tabla 15: Clasificación de Sistemas Pasivos
- Tabla 16: Clasificación de Sistemas Activos
- Tabla 17: Primer paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior
- Tabla 18: Segundo paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior
- Tabla 19: Tercer paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior
- Tabla 20: Cuarto paso de clasificación de tipologías de Muro Exterior
- Tabla 21: Clasificación de tipologías siguiendo la capacidad de adaptación al clima local
- Tabla 22: Selección de tipologías para aplicar el ASCV
- Tabla 23: Tabla Tipologías seleccionada
- Tabla 24: Lista de Materiales que componen las tipologías
- Tabla 25: Tabla E.1 Transmitancia del elemento
- Tabla 26: Tabla Tipologías seleccionadas
- Tabla 27: Tabla explicativa de energía incorporada a los materiales
- Tabla 28: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–
- Tabla 29: Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–
- Tabla 30: Tabla resumen de resultados – Impacto Ambiental–
- Tabla 31: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–
- Tabla 32: Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–
- Tabla 33: Tabla resumen de resultados –Impacto Económico–
- Tabla 34: Tabla resumen de resultados –RSC–
- Tabla 35: Tabla de sistema de evaluación del RSC
- Tabla 36: Tabla de listado de empresas vs materiales estudiados
- Tabla 37: Tabla resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–



- Tabla 38: Perfiles de Uso
- Tabla 39: Tabla resumen de resultados –Etapa de Uso, Impacto Social–
- Tabla 40: Tabla resumen de resultados – ASCV –
- Tabla 41: Tabla resumen de resultados ponderación de resultados – ASCV –
- Tabla 42: Tipologías seleccionadas, bases más mejoras
- Tabla 43: Tabla resumen materiales bases y alternativos
- Tabla 44: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Ambiental–
- Tabla 45: Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Ambiental–
- Tabla 46: Tabla resumen de resultados – Impacto Ambiental–
- Tabla 47: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Económico–
- Tabla 48: Tabla resumen de resultados – Etapa de Uso, Impacto Económico–
- Tabla 49: Tabla resumen de resultados –Impacto Económico–
- Tabla 50: Tabla resumen de resultados – Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Tabla 51: Tabla de sistema de evaluación del RSC
- Tabla 52: Tabla de listado de empresas vs materiales estudiados
- Tabla 53: Tabla resumen de resultados –Etapa de Producción de Materiales, Impacto Social–
- Tabla 54: Tabla resumen de resultados –Etapa de Uso, Impacto Social–
- Tabla 55: Tabla resumen de resultados – ASCV –
- Tabla 56: Tabla resumen de resultados – ASCV –

## 4. LISTA DE ABREVIACIONES

- ACV: Análisis del Ciclo de vida
- ACV-A: Análisis del Ciclo de vida Ambiental
- ACV-S: Análisis del Ciclo de vida Social
- ARC: Grupo de Investigación Arquitectura, Representación y Computación
- ASCV: Análisis Sostenible del Ciclo de vida
- ASHARE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers / Sociedad Americana de Ingenieros en Salud, Climatización y Aires Acondicionados
- ASI: Architect Supplement Instruction / Instrucciones Suplementarias para Arquitectos
- BRE: Building Research Establishment / Centro de Investigación en la Construcción
- BREEM: Building Research Establishment Environmental Assessment / Centro de Investigación en la Construcción Estudio Ambiental
- CAD: Computer-Aided Design / Diseño Asistido por Computadoras
- CCV: Coste del Ciclo de vida
- CTE: Código Técnico de la Edificación
- CTE DB HE: Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE (Ahorro de Energía)
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono
- CPA: Construction Products Association
- CSR: Corporate Social Responsibility
- FSC: Forest Stewardship Council
- Hr: Horas
- ICE: Inventory of Carbon and Energy / Inventario de Carbono y Energía
- IES: Integrated Environmental Solutions
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- INCASOL: Instituto Catalán del Sol
- ITeC: Instituto Tecnológico de Catalunya
- INE: Instituto Nacional de Estadística
- ISO: International Organization for Standardization / Organización Internacional de Estandarización
- Kg: Kilogramos
- LCA: Life Cycle Assessment
- LCC: Life Cycle Costing
- LEED: Leadership in Energy and Environmental Design / Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental
- LCSA: Life Cycle Sustainable Assessment
- M<sup>2</sup>: Metros cúbicos
- PEFC: Programme for Endorsement of Forest Certification
- RSC: Responsabilidad Social Corporativa
- SA: Sistema Activo
- SAaS: Sabate Asociados Arquitectura y Sostenibilidad
- SO: Societat Organica
- SP: Sistema Pasivo
- TBL: Triple Bottom Line
- UN: United Nations / Naciones Unidas
- UNPE: United Nations Environment Programme, Sustainable Development / Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, Desarrollo Sostenible
- WCED: World Commission on Environment and Development / Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo



## APÉNDICES

1. Parámetros físicos de los sistemas envolventes verticales opacas	406
2. El ACV Según La ISO 14044-2006	412
3. Justificación de La Selección de La Tipología del Edificio a Estudiar	419
a. Datos censo del 2001 y del 2011 del Instituto Nacional de Estadística de España (INE, 2001)	
4. Información sobre los proyectos utilizados para extraer información para construir el modelo box	432
5. Clasificación de Climas	440
6. Análisis de materiales aislantes térmicos naturales	450
7. Cálculos	468
a. Cálculos del valor de la U de las tipologías base y sus mejoras	
b. Hojas de Cálculos // Respaldo de resultados	
c. Calculo de factor de corrección para el cálculo del Impacto Económico en la etapa de Producción de Materiales.	
8. Vinculación del autor con el tema	531



**1. PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS SISTEMAS ENVOLVENTES VERTICALES OPACAS SEGÚN SU DESEMPEÑO SOSTENIBLE**

# PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS SISTEMAS ENVOLVENTES VERTICALES OPACAS SEGÚN SU DESEMPEÑO SOSTENIBLE

Este apartado se enfoca en describir los requerimientos físicos que tienen los sistemas de envolventes, analizando cuáles de ellos son importantes en el rendimiento que estos elementos tienen en términos de sostenibilidad. Cómo afectan cada uno de estos procesos físicos y cómo podemos proyectar edificios tomándolos en cuenta.

La capacidad que tiene una envolvente para controlar el intercambio de energía se llama Protección Térmica, definiéndose como la habilidad para tratar de evitar que las influencias negativas por una disminución calorífica excesiva o una aportación exagerada de calor afecte el confort del usuario o las instalaciones (Heinrich Schmitt, 2009). Este intercambio físico se da cuando dos cuerpos tienen contacto y se encuentran a diferentes temperaturas, por lo tanto, estos cuerpos tratan de equilibrar las temperaturas transfiriéndose calor entre sí. Este proceso no se puede evitar del todo, pero sí se puede modificar su intensidad y su duración. Es aquí donde el funcionamiento de la envolvente juega su papel más importante.

Tomando en consideración la forma en que se intercambia energía en un edificio, podemos pensar que los sistemas constructivos que modifican tanto la intensidad como la duración de este intercambio son los que se basan en tres aspectos: el aislamiento térmico, la inercia térmica y el control

de la radiación solar.

A continuación, profundizaremos sobre los conceptos y en funcionamiento de estos tres aspectos:

**a. El Aislamiento Térmico:** Cuando se habla de aislamiento térmico, nos referimos al uso de materiales con una elevada resistencia térmica, con los cuales se busca reducir el flujo de energía a través de los cerramientos en los que se incorpora.

Las propiedades de estos materiales dependen del tipo de producto. Hay muchos productos diferentes en el mercado, por ejemplo, los que están generados por medio de materiales naturales o sintéticos. En cuanto al tipo de aislante, lo importante en términos de intercambio es el nivel de transmitancia térmico que tenga el mismo, ya que esto es lo que controla el intercambio de calor entre el interior y el exterior.

Este tipo de envolvente depende de la conductividad del material y del espesor del mismo, la relación entre estos dos parámetros es la resistencia térmica del material. Por lo tanto, es lo que retrasa el intercambio de energía entre el interior y el exterior.

Este tipo de sistema constructivo tiene que ser multicapa, y puede ser vidriada u opaca, dependiendo del tipo de material de aislamiento que se use. Para que estas envolventes cumplan con los parámetros térmicos tienen que seguir con las siguientes funciones:

- Minimizar el intercambio de energía, reteniendo la energía del interior del edificio, evitando que se destile hacia el ambiente exterior.
- Controlar las temperaturas superficiales de los cerramientos, impidiendo la condensación y evitando elevadas temperaturas radiantes interiores.
- Utilizar materiales con elevada resistencia térmica.
- Para tener mayor eficiencia en la solución del sistema constructivo, el aislamiento térmico debe de estar ubicado hacia el exterior de la envolvente, para de esta manera tener mayor contacto con el ambiente exterior y retrasar más el intercambio

**b. Inercia Térmica:** La inercia térmica en los materiales es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede almacenar un cuerpo y la velocidad con la que cede o absorbe calor del entorno. Depende del calor específico, la densidad, el espesor y la conductividad térmica del material.

Los materiales que tienen una elevada inercia térmica generalmente son materiales pesados — con gran cantidad de masa térmica— que tienen la capacidad de absorber la energía calórica, almacenarla y distribuirla gradualmente en el espacio interior. En el estudio y utilización de estos sistemas hay que tomar en cuenta los efectos de retraso y de amortiguamiento térmico que tienen los materiales.

El retraso térmico hace referencia al tiempo que tarda en pasar el calor a través de una capa de material. Es decir, el tiempo transcurrido entre los momentos en que se dan las temperaturas máximas en cada uno de las superficies del material, y mientras mayor espesor, mayor capacidad térmica y menos conductividad, más tiempo requerirá la energía calórica para atravesarlo (Paricio, 1985).

El amortiguamiento térmico mide la reducción de temperatura cíclica de una superficie —generalmente la interior— respecto a la temperatura cíclica de la superficie contraria. El factor de amortiguamiento es la relación entre la oscilación de la temperatura de la superficie exterior y la oscilación de temperaturas de la superficie interior del cerramiento (González, 1996).



El uso más apropiado de este tipo de envolvente es en climas donde las oscilaciones de temperatura durante el día y la noche son muy significativas, para de esta manera trabajar con la inercia térmica, absorbiendo el calor durante el día y liberándolo durante la noche. Por otro lado, en climas cálidos los materiales con elevada inercia pueden llegar a tener efectos perjudiciales. Esto se debe a que la superficie interior tiende a mantenerse estable durante todo el día, y de esta manera el calor absorbido por el material se libera en momentos en los que no es necesario.

Estos sistemas de envolventes tienden a ser tipologías uni-capa, trabajando sólo con los parámetros del material con inercia térmica, requiriendo tener una sección grande de este material. Pero se pueden encontrar en sistemas multicapa cuando se acompañan de materiales aislantes térmicos para de esta manera reducir el tamaño de la sección del material inerte. Sobre este requerimiento se hablará con mayor profundidad en el capítulo 04.

**c. Control de la Radiación Solar:** Los sistemas de envolventes no sólo tienen que contrarrestar las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior, sino también tienen que controlar el nivel de exposición del edificio a los efectos de la radiación solar, ya que ésta por consecuencia, se

transforma en flujos de calor que generan ganancias térmicas adicionales sobre el edificio (Pari-cio, 1997).

Lo más importante que hay que tomar en cuenta con este tipo de envolvente es el tipo de radiación solar, la intensidad, la ubicación geográfica, latitud, longitud, altitud, clima, orientación del edificio y posición solar.

De todos los tipos de radiación existentes, la que tenemos que tomar en cuenta es la radiación solar incidente, la cual se mide en  $w/m^2$  y depende de la época del año y del grado de inclinación de la superficie receptora. Cuanto más perpendicular es la radiación solar a la superficie, mayor es la captación de energía transmitida al interior del edificio. Esta información también depende de la ubicación geográfica y la época del año, y puede ser consultada en tablas de radiación solar, que comparten los promedios mensuales de radiación de una locación en particular.

La radiación solar tiene incomparables efectos sobre los diferentes tipos de sistemas constructivos de envolventes verticales. Para las superficies opacas el efecto de la radiación solar es mucho menor que con las superficies vidriadas, ya que la transmitancia de los materiales opacos es menor que la de los vidriados.

Estos sistemas de envolventes se presentan tanto en vidriadas como en opacas con diferentes estrategias. Lo importante es saber si queremos o no ganancias solares en el edificio. Tomando en cuenta el tipo de clima y la localización del mismo, ya que en climas fríos es conveniente tener ganancias solares en el interior del edificio para calentar de manera pasiva los espacios, pero en climas cálidos es lo contrario, queremos evitar las ganancias solares para evitar que el espacio interior se recaliente y tengamos que perder mucha energía refrigerándolo.

Una de las aplicaciones que podemos conseguir es la existencia de cámaras de aire en la composición de la envolvente, ya que la misma ayuda en el control de la radiación. La presencia de la cámara de aire permite disminuir los efectos de la radiación solar, arrojándole sombra al sistema constructivo.



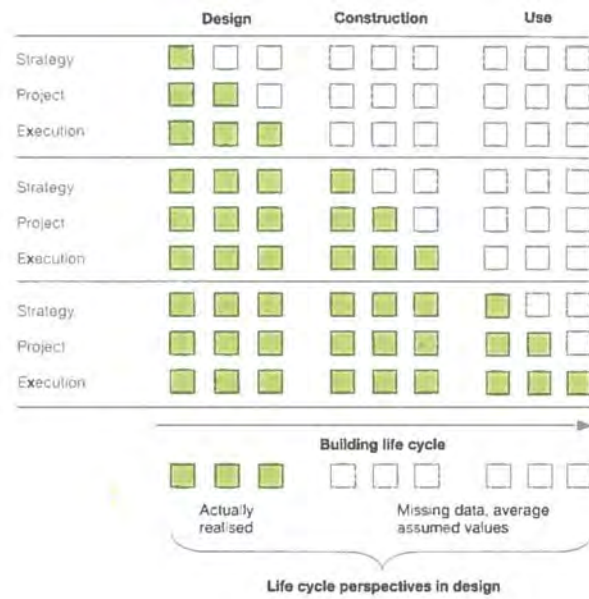
**2. EL ACV SEGÚN LA ISO 14044-2006  
(ISO, 2006)**

Figura 143\_

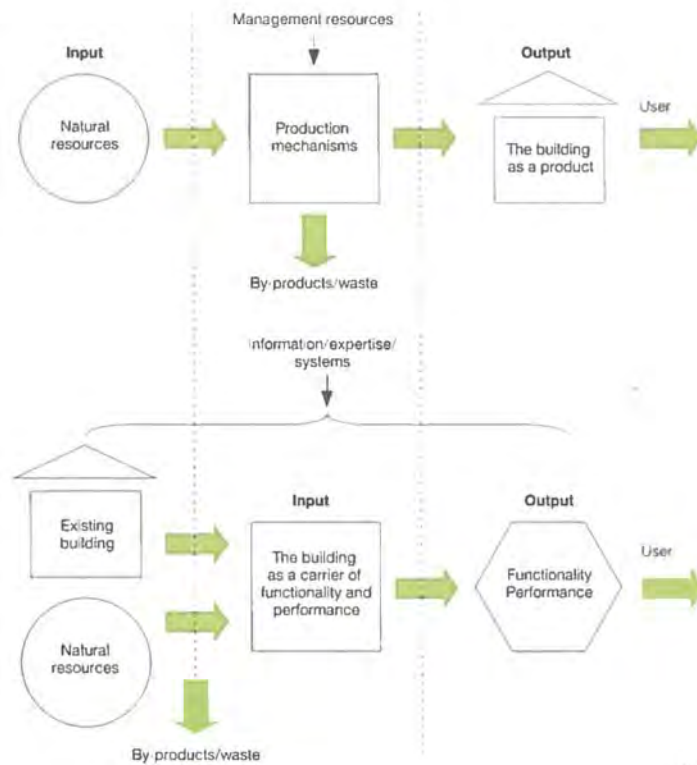
Título: Desarrollo Sostenible

Descripción: En esta imagen se explica como se puede aplicar el concepto del ACV en el sector de la construcción

Fuente: Varios, 2010



2.9



2.10

# EL ACV SEGÚN LA ISO 14044-2006 (ISO, 2006)

Las etapas del ciclo de vida que se deben aplicar para el sector de la construcción consideran las fases de vida del ciclo del edificio o la estructura física que constituye el espacio público. Se podrían considerar las siguientes etapas:

**a. A01-02-03 Materiales:** Corresponde aproximadamente al 31% del total de la energía consumida y las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por el edificio en todo su ciclo de vida

- **A01 Suministro de materia prima:** “[...] en la construcción de edificios se utiliza una gran variedad de materiales, algunos renovables, otros no. En cualquier caso, la construcción dinamiza actividades como importantes impactos ambientales como la tala de madera o la exportación de canchales [...]” (Rieznik, Hernández, 2005).

- **A02 Transporte:** En esta etapa se estudia el impacto ambiental generado por cualquier tipo de transporte ocasionado por la explotación de la materia prima o por la fabricación del material de construcción.

- **A03 Fabricación de material:** En esta fase se evalúa el costo o impacto ambiental que se genera gracias a la producción de los materiales incluidos en la construcción de la obra o proyecto.

- **A04-05 Construcción:** Corresponde aproximadamente al 3% del total de la energía consumida y las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por el edificio en todo su ciclo de vida. Esta fase se enfoca en el impacto producido gracias a las actividades de construcción del edificio.

- **A04 Transporte:** Actualmente los materiales utilizados en las obras de construcción pueden tener orígenes geográficos de producción diferentes, por lo cual en esta etapa se estudia el impacto ambiental que genera el traslado de los materiales desde el punto en el que se producen hasta el lugar en donde se construyen la obra.

- **A05 Construcción:** “[...] los edificios tienen la característica de que [...] son terminados en su lugar de implantación, el solar es en sí mismo una industria donde los materiales se acoplan o se añaden en procesos físicos de producción [...] Las construcciones suelen realizarse al descubierto produciendo impactos Ambientales como el ruido o las partículas [...]” (Rieznik, Hernández, 2005).

**b. B01-02-03-04-05 Etapa de uso / Relacionado con la estructura del edificio:** Corresponde aproximadamente al 64% del total de la energía consumida y las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por el edificio en todo su ciclo de vida.

- **B01 Uso:** En esta etapa se analiza los impactos ambientales que produce la ocupación del edificio, tomando en consideración los residuos generados y el consumo de energía y agua, y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se asume que el promedio de vida de un edificio es de 60 años, por lo cual se considera que esta fase del ciclo es la más larga.

- **B02 Mantenimiento:** En esta fase se considera cualquier trabajo de mantenimiento que se tenga que realizar sobre el edificio durante la fase de Uso.

- **B03 Reparaciones:** En esta etapa se estudia el impacto ambiental creado por las reparaciones que se le tengan que hacer al edificio gracias a los mantenimientos que el mismo tenga. Tomando en consideración la maquinaria, materiales y transporte que este conlleve.

- **B04 Sustitución de elementos:** Tomando en consideración que la etapa de Uso de un edificio se asume que será aproximadamente 60 años, durante este periodo de tiempo hay varios elementos de un edificio que tienen que ser reemplazados ya que su vida útil es inferior a 60 años. Por lo tanto, se toma en consideración el impacto generado por el reemplazo de estos elementos, tomando en consideración todo el ciclo de vida del nuevo elemento, a su vez esto se multiplica por la cantidad

de veces que este reemplazo se tiene que hacer dentro de la etapa de Uso del edificio.

- **B05 Restauración o reforma:** En esta fase se considera cualquier trabajo de restauración o reforma que se tenga que realizar sobre el edificio durante la fase de Uso. Tomando en consideración el impacto generado por las actividades de construcción y los materiales utilizados para dicha renovación.

#### **c. B06-07 Etapa de uso / Relacionado con la operatividad del edificio**

- **B06 Consumo de energía operativa de uso:** La cantidad de energía que se consume en un edificio para satisfacer la demanda de calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, equipos y electrodomésticos.

- **B07 Consumo de agua operativa de uso:** La cantidad de agua que se consume en un edificio para satisfacer la demanda generada por los lavabos, cocina y riego.

#### **d. C01-02-03-04 Final de vida:** Corresponde aproximadamente al 2% del total de la energía consumida y las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por el edificio en todo su ciclo de vida

- **C01 Demolición:** Durante esta etapa se analiza la posible reutilización, reciclaje o gestión de los residuos generados gracias a la demolición del edificio. Tomando en consideración la posibilidad o no del cierre del ciclo de sus materiales.

- **C02 Transporte:** En esta fase se estudia el impacto generado por el transporte de la gestión de residuos de la demolición del edificio. Sea a vertederos, a plantas de reciclaje o puntos de recopilación para reutilización.

- **C03 Tratamiento de residuos:** En esta etapa se toma en consideración el impacto generado por la gestión de los residuos y el tratamiento de los mismos.

- **C04 Desecho de residuos:** En esta fase se toma en cuenta el impacto generado por el desecho de los residuos que no se pueden reciclar o reutilizar, los cuales hay que desplazarlos a un vertedero.

#### **e. D Beneficios y cargas más allá de los límites del sistema**

- **D Reutilización, recuperación, reciclaje:** Estas etapas están fuera de los límites del sistema del ciclo de vida de un edificio, por lo tanto, en esta investigación no los vamos a tomar en consideración. Los mismos se refieren a los beneficios que

traen sobre el impacto Ambiental el lograr reciclar, recuperar o reutilizar elementos que provienen de la demolición del edificio.





### **3. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO A ESTUDIAR**

#### **3-a. DATOS DEL CENSO DEL INE DE ESPAÑA**



# JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE LA TIPOLOGÍA DEL EDIFICIO A ESTUDIAR

La selección de las bases de datos se basa en un estudio sobre la tipología más utilizada en España para vivienda. Según los datos del censo del 2001 y del 2011 del Instituto Nacional de Estadística de España (INE, 2017), podemos tomar en consideración los siguientes datos:

- El tipo de ocupación de vivienda principal es la más utilizada en España, teniendo un 64% de ocupación (Anexo 05).
- La vivienda plurifamiliar de más de 10 viviendas es el tipo de vivienda más construida de la Unión Europea, para el último censo registrado en el INE año 2001 (Anexo 05), teniendo 5.420,8 unidades sobre un total de 13.280, 6.
- La ciudad escogida para el análisis de ocupación es **Barcelona –Catalunya–**, esta ciudad está de número nueve en la lista de cantidad de construcciones de nueva obra para edificios residenciales plurifamiliares de más de diez viviendas para el año 2011. Por lo tanto, para la selección de las ciudades de estudio se tomó en cuenta el tipo de clima de la ubicación geográfica y la ubicación dentro del ranking de construcción de nueva vivienda del INE (Anexo 05).

Tomando esto en consideración se buscó unos proyectos que cumpliera con estas exigencias en tipología, y que se pudiera adaptar a las exigencias de clima y tipo de aplicación de envolvente para la protección solar.

La importancia de trabajar con proyectos reales como bases de datos es que al tener analizados los valores técnicos completos del edificio, eso nos permitiría modificar sólo los datos sobre la tipología de la envolvente vertical opaca y así poder saber con exactitud el impacto que tiene la envolvente sobre todo el funcionamiento del edificio en el ACV.

Aunque los proyectos que se utilizan como base de datos para este trabajo son con base en España, uno de los objetivos de esta investigación es llevar conocimientos sobre temas de sostenibilidad a países de Latino América, donde estos temas están en desarrollo. El vínculo con Latino América se realiza porque el autor de esta Tesis es oriundo de Venezuela, como se explica en el Anexos 05 de este documento donde se habla de la vinculación del autor con el tema de estudio.

La razón por la cual esta investigación se va a ubicar en Europa y no en Latinoamérica, es por temas de normativa y recopilación de datos técnicos para el ACV, ya que en Latinoamérica no están

desarrolladas ni las normativas ni las bases de datos. Se entiende que en Europa el tipo de investigación que más importa es sobre la renovación o reforma, los estudios que se generen de esta investigación deberían arrojar datos tanto para Europa como para estos países en desarrollo ubicados en Latinoamérica.

Se escogió trabajar sobre la tipologías de nueva construcción, porque en Latinoamérica el problema es sobre la nueva construcción. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos de esta investigación es que los conocimientos puedan ser transferidos al contacto Latinoamericano, ya que es de gran importancia este tipo de investigación para los países en desarrollo de Latinoamérica, en especial en Venezuela. La nueva edificación es el tipo de construcción que se consigue más en estos países, ya que el parque urbano no está completamente construido y sus ciudades no están totalmente desarrolladas.

“En la actualidad, una de cada tres familias de América Latina y el Caribe —un total de 59 millones de personas— habita en una vivienda inadecuada o construida con materiales precarios o carente de servicios básicos. Casi dos de los tres millones de familias que se forman cada año en ciudades latinoamericanas se ven obligadas a instalarse en viviendas informales, como en las

zonas marginales, a causa de una oferta insuficiente de viviendas adecuadas y asequibles” (BID, 2012).

También hay que tomar en consideración que, aunque el análisis se aplique sobre una tipología de nueva construcción, esto no quiere decir que los resultados que genere esta investigación no puedan utilizarse para rehabilitación de edificios, ya que considerando que hay casos de proyectos de rehabilitación de gran escala, donde la envolvente se reconstruye, los datos generados por esta investigación pueden aportar una ayuda significativa para este tipo de proyectos.

Este proyecto se propone como base de datos se propone porque reúne las exigencias anteriormente explicadas, y también por la relación entre el autor de esta investigación y el grupo de investigación de Arquitectura, Representación y Computación —ARC— dirigido por el profesor Leandro Madrazo, ya que este proyecto actualmente se utiliza como caso de estudio base de varios trabajos de investigación y tesis doctorales —ejemplo, trabajo de investigación REPENER—. Por lo tanto, tenemos los datos técnicos completos de este proyecto para basar la investigación en él (Anexo 07).

Tomando esto en consideración para este estudio se escogió trabajar con el siguiente caso como base para el análisis. Este mismo se adaptará a las exigencias climáticas de cada ubicación para adecuar el diseño de los proyectos que se usan como bases de datos a la ubicación geográfica.



**3-a. DATOS DEL CENSO DEL INE DE  
ESPAÑA**



# DATOS DEL CENSO DEL INE DE ESPAÑA

4/16/13

Instituto Nacional de Estadística. (National Statistics Institute)



Descargar como:



## Estadísticas de la construcción

### Construcción

#### Edificios (Licencias de los ayuntamientos)

Unidades: Superficie: miles de m2

	1995M01	1995M02	1995M03	1995M04	1995M05	1995M06	1995M07	1995M08	1995M09	1995M10	1995M11	1995M12	1996M01
<b>TOTAL EDIFICIOS a CONSTRUIR</b>	7.190	8.402	9.367	7.774	9.661	6.573	9.704	5.123	8.158	7.755	8.362	8.573	6.417
<b>EDIFICIOS residenciales</b>	6.500	7.624	8.306	7.072	8.785	5.920	8.718	4.577	7.317	6.851	7.460	7.858	5.786
-De viviendas	6.486	7.593	8.282	7.001	8.711	5.912	8.698	4.566	7.296	6.834	7.436	7.828	5.767
-Residencia colectiva permanente	7	18	13	41	20	5	10	8	10	5	11	5	11
-Residencia colectiva eventual	7	13	11	30	54	3	10	3	11	12	13	25	8
<b>EDIFICIOS no residenciales</b>	690	778	1.061	702	876	653	986	546	841	904	902	715	631
-Explot. agrarias y pesqueras	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-Industrias	132	156	308	124	186	133	205	228	206	220	245	173	158
-Transporte y comunicaciones	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-Almacenes	251	236	301	261	275	222	405	123	326	295	284	233	179
-Servicios burocráticos (oficinas)	24	30	34	14	32	19	21	25	15	22	18	17	16
-Servicios comerciales	54	51	86	62	88	36	71	41	31	68	59	46	45
-Otros servicios	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>EDIFICIOS a REHABILITAR</b>	1.417	1.437	1.897	1.444	1.817	1.314	1.939	988	1.971	1.657	1.491	1.310	1.248
<b>EDIFICIOS a DEMOLER</b>	483	599	692	573	720	402	666	407	525	556	595	427	461
<b>SUPERFICIE del Total de edificios</b>	3.522	4.224	5.090	4.743	6.203	3.937	5.130	2.653	4.180	4.453	4.629	4.412	3.238
<b>SUPERFICIE de Edificios residenciales</b>	3.040	3.475	4.245	3.885	5.331	3.199	4.444	2.196	3.562	3.719	4.008	3.908	2.754
-SUPERF: Viviendas	3.019	3.433	4.172	3.727	5.000	3.189	4.343	2.176	3.526	3.650	3.969	3.825	2.727
-SUPERF: Residencia colectiva permanente	16	18	64	106	83	4	25	19	21	16	14	9	19
-SUPERF: Residencia colectiva eventual	5	24	9	52	248	6	76	1	15	53	25	74	8
<b>SUPERFICIE de Edificios no residenciales</b>	482	749	845	858	872	738	686	457	618	734	621	504	484
-SUPERF: Explot. agrarias y pesqueras	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-SUPERF: Industrias	152	157	316	165	259	249	280	131	205	278	214	179	210
-SUPERF: Transporte y comunicaciones	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-SUPERF: Almacenes	121	165	160	118	191	124	173	68	191	168	185	155	79
-SUPERF: Serv burocráticos (oficinas)	42	46	62	20	32	76	37	29	22	79	7	18	21
-SUPERF: Serv comerciales	60	211	76	145	197	153	29	52	77	61	41	37	50
-SUPERF: Otros servicios	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

## Estadísticas de la construcción

### Construcción

#### Edificios y viviendas terminadas (Certificaciones de los Colegios de Aparejadores)

Unidades: unidades

	1995M01	1995M02	1995M03	1995M04	1995M05	1995M06	1995M07	1995M08	1995M09	1995M10	1995M11	1995M12	1996M01	15
<b>Edificios</b>														
<b>TOTAL</b>	5.340	5.603	6.897	6.035	7.319	8.000	8.513	3.416	6.223	7.138	7.367	6.043	6.095	
<b>Personas físicas y com. propietarios</b>	3.145	3.184	3.754	2.988	3.714	4.008	4.207	1.901	3.351	3.675	3.636	3.048	3.316	
<b>Sociedades mercantiles</b>	1.832	1.891	2.639	2.372	2.920	3.423	3.533	1.265	2.226	2.988	2.981	2.523	2.425	
<b>Cooperativas</b>	207	287	251	253	493	220	371	176	480	287	508	150	245	
<b>Administraciones Públicas</b>	83	140	187	380	102	236	229	49	59	73	164	265	57	
<b>Otros promotores</b>	73	101	66	42	90	113	173	25	107	115	78	57	52	
<b>Viviendas</b>														
<b>TOTAL</b>	16.125	17.631	21.235	17.142	24.805	25.340	26.971	10.455	19.564	21.943	22.525	18.386	20.709	
<b>Personas físicas y com. propietarios</b>	4.802	4.637	5.894	4.515	5.961	6.343	6.707	3.159	5.108	6.007	5.717	4.357	5.245	
<b>Sociedades mercantiles</b>	10.024	10.237	13.194	10.863	15.920	16.819	17.764	6.211	12.338	14.210	14.659	11.392	13.413	
<b>Cooperativas</b>	881	1.949	969	1.188	2.034	1.415	1.746	939	1.375	1.338	1.512	1.100	1.663	
<b>Administraciones Públicas</b>	273	594	852	503	568	429	399	138	483	274	467	1.120	260	
<b>Otros promotores</b>	145	214	326	73	322	334	355	8	260	114	170	417	128	

#### Notas:

1) Fuente de información: Ministerio de Fomento

Fuente: Boletín Mensual de Estadística, INE

© INE 2013 | [Accesibilidad](#) | [Aviso de seguridad](#) | [Aviso legal](#) | [Ayuda](#) | [Dónde encontramos](#)

 Año internacional de la Estadística  Sistema estadístico europeo  [Contactar INE](#)

## Panel de hogares de la Unión Europea 2001

### 1.- Vivienda, instalaciones y equipamientos

#### Hogares por tipo de edificio y determinadas instalaciones o servicios que poseen.

Unidades: Número total de hogares y porcentajes

	Número de hogares (miles)	Cocina independiente	Baño o ducha	Inodoro con agua corriente	Agua caliente	Calefacción	Terraza o jardín	Todas las instalaciones
<b>Todos</b>	13.280,6	99,0	99,5	99,7	98,9	43,5	77,8	35,9
<b>Vivienda familiar</b>	5.320,2	98,9	99,3	99,7	98,8	36,8	88,9	35,1
<b>Vivienda familiar independiente</b>	2.745,7	98,5	99,3	99,7	98,4	44,9	88,5	42,6
<b>Vivienda familiar adosada o pareada</b>	2.574,5	99,3	99,2	99,7	99,2	28,1	89,3	27,0
<b>Edificio con más de una vivienda</b>	7.910,2	99,1	99,6	99,7	99,0	48,1	70,4	36,5
<b>Edificio con más de una vivienda: Con menos de 10 viviendas</b>	2.489,4	98,9	99,3	99,0	98,2	40,7	68,3	29,0
<b>Edificio con más de una vivienda: Con 10 viviendas o más</b>	5.420,8	99,1	99,7	100,0	99,4	51,6	71,4	40,0
<b>Otro tipo de edificio</b>	..	..	..	..	..	..	..	..
<b>No consta</b>	-44,8	..	..	..	..	..	..	..

#### Notas:

1) 1) TAMAÑO MUESTRAL DE LAS CELDAS

En algunas tablas aparecen casillas marcadas con un guión (-) y otras en las que el dato ha sido omitido, figurando en su lugar '..'. El guión indica que en la casilla correspondiente el número de observaciones muestrales está comprendido entre 20 y 49, por lo que esa cifra es poco fiable y hay que interpretarla con cautela. Si el número de observaciones muestrales es inferior a 20 no se facilita el dato correspondiente, figurando en ese caso '..'.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

© INE 2013 | [Accesibilidad](#) | [Aviso de seguridad](#) | [Aviso legal](#) | [Ayuda](#) | [Dónde encontramos](#)

 Año internacional de la Estadística  Sistema estadístico europeo  [Contactar INE](#)

**Estadística de la construcción**  
**Visados de dirección de obra. Hasta 2011**

**Obra nueva, ampliación y/o reforma por número de viviendas y edificios, clase de promotor y periodo.**

Unidades: número de viviendas y de edificios

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>VIVIENDAS</b>															
<b>TOTAL</b>	368.259	463.099	558.260	594.820	561.186	575.545	690.206	739.658	786.257	911.568	688.851	299.551	146.640	127.543	109.861
<b>SECTOR PRIVADO</b>	358.557	456.983	550.921	588.607	552.104	564.858	679.306	731.713	777.202	903.107	679.836	294.181	141.265	..	..
Personas físicas y comunidades de propietarios	87.826	100.332	118.399	121.732	110.469	103.394	118.531	121.961	123.234	124.138	100.670	71.642	55.323	55.692	49.52
Sociedades mercantiles	251.522	335.216	412.623	450.404	418.517	439.621	532.653	582.703	628.192	750.618	558.059	199.202	70.523	59.048	47.101
Cooperativas	14.902	14.730	13.937	10.746	15.738	14.368	18.837	17.064	15.079	15.248	10.465	13.964	8.955	7.634	7.04
Otros	4.307	6.705	5.962	5.725	7.380	7.475	9.285	9.985	10.697	13.103	10.642	9.373	6.464	1.730	2.411
<b>ADMINISTRACIONES PÚBLICAS</b>	9.702	6.116	7.339	6.213	9.082	10.687	10.900	7.945	9.055	8.461	9.015	5.370	5.098	2.628	3.401
<b>EDIFICIOS</b>															
<b>TOTAL</b>	160.712	203.090	239.564	252.645	234.002	228.212	273.940	284.508	301.973	277.873	198.772	124.797	91.529	..	..
<b>SECTOR PRIVADO</b>	157.450	198.745	235.786	248.431	229.560	222.811	269.180	280.414	297.241	273.063	194.904	121.235	84.106	82.340	70.581
Personas físicas y comunidades de propietarios	77.622	87.712	101.558	100.821	94.955	88.586	98.641	106.735	109.793	104.126	85.968	71.101	58.750	61.800	54.001
Sociedades mercantiles	72.030	102.577	124.762	139.954	124.713	127.052	161.221	165.668	178.543	161.019	103.264	44.306	19.677	17.341	13.861
Cooperativas	5.079	5.278	6.123	4.203	5.991	3.310	4.312	3.291	3.347	2.796	1.453	1.451	844	864	581
Otros	2.719	3.178	3.343	3.453	3.901	3.863	5.006	4.720	5.558	5.122	4.219	4.377	4.835	2.335	2.121
<b>ADMINISTRACIONES PÚBLICAS</b>	3.262	4.345	3.778	4.214	4.442	5.401	4.760	4.094	4.732	4.810	3.868	3.562	7.423	4.641	2.091

Fuente: Ministerio de Fomento.

**Estadística de la construcción**  
**Visados de dirección de obra. Hasta 2011**

**Obra nueva, ampliación y/o reforma por número de viviendas y superficie media, tipo de obra/destino principal y periodo.**

Unidades: número de viviendas, Superficie media en m<sup>2</sup>

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>NÚMERO DE VIVIENDAS</b>															
<b>OBRA NUEVA</b>	337.728,0	429.821,0	515.493,0	535.668,0	502.583,0	524.181,0	636.332,0	687.051,0	729.652,0	865.561,0	651.427,0	264.795,0	110.849,0	9	..
En edificios de viviendas: unifamiliar	104.094,0	136.282,0	158.487,0	165.400,0	144.937,0	145.368,0	183.411,0	186.728,0	193.468,0	165.988,0	101.152,0	53.031,0	27.072,0	2	..
En edificios de viviendas: en bloque	231.524,0	291.165,0	354.324,0	365.833,0	354.260,0	375.292,0	448.260,0	498.250,0	534.859,0	699.162,0	550.093,0	211.758,0	83.750,0	6	..
En otros edificios	2.110,0	2.374,0	2.682,0	4.435,0	3.386,0	3.521,0	4.661,0	2.073,0	1.325,0	411,0	182,0	6,0	27,0	..	..
<b>A AMPLIAR</b>	9.566,0	10.598,0	13.090,0	14.172,0	12.066,0	8.463,0	9.271,0	10.084,0	10.674,0	9.985,0	7.884,0	5.839,0	3.834,0	..	..
<b>A REFORMAR Y/O RESTAURAR</b>	20.965,0	22.680,0	29.677,0	44.980,0	46.537,0	42.901,0	44.603,0	42.523,0	45.931,0	36.022,0	29.540,0	28.917,0	31.957,0	3	..
<b>SUPERFICIE MEDIA POR VIVIENDA</b>															
<b>OBRA NUEVA</b>	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
En edificios de viviendas: unifamiliar	147,8	149,4	146,0	145,1	150,8	154,9	151,5	159,0	159,8	166,0	167,6	172,7	183,3	..	..
En edificios de viviendas: en bloque	103,7	104,4	105,9	105,5	104,3	103,3	101,3	102,4	99,6	99,5	98,3	96,8	99,1	..	..
En otros edificios	91,2	99,3	104,1	97,8	102,0	97,9	95,0	107,2	98,4	97,8	101,2	147,5	159,5	..	..
<b>A AMPLIAR</b>	94,1	101,0	103,0	97,8	94,9	99,3	100,6	105,1	106,5	105,9	106,3	110,5	121,9	..	..
<b>A REFORMAR Y/O RESTAURAR</b>	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Fuente: Ministerio de Fomento.

**Estadística de la construcción**  
Visados de dirección de obra, Hasta 2011

**Obra nueva, número de edificios por CCAA, periodo y destino del edificio.**

Unidades: número de edificios

	2007							2008				
	Total	Residencial: total	Residencial: Unifamiliar adosada	Residencial: Unifamiliar aislada	Residencial en bloque	Residencial colectivo	Servicios comerciales	Otros destinos	Total	Residencial: total	Residencial: Unifamiliar adosada	Residencial: Unifamiliar aislada
<b>Total</b>	145.840	135.659	50.695	50.456	34.393	115	2.938	7.243	74.152	65.892	21.179	31.852
Andalucía	30.157	27.656	11.917	9.186	6.533	20	1.020	1.481	15.828	13.658	5.128	5.942
Aragón	3.030	2.720	569	1.048	1.092	11	88	222	1.911	1.641	308	894
Asturias, Principado de	2.644	2.339	132	1.734	472	1	77	228	1.884	1.600	123	1.209
Baleares, Illes	3.015	2.823	182	1.357	1.284	..	61	131	2.039	1.868	346	1.043
Canarias	5.669	5.267	1.540	1.849	1.878	..	100	302	2.670	2.377	593	1.103
Cantabria	1.974	1.909	539	874	496	..	9	56	975	922	345	341
Castilla y León	14.772	13.855	7.384	4.983	1.476	12	215	702	7.822	7.065	2.634	3.575
Castilla - La Mancha	18.926	17.852	9.325	5.809	2.707	11	211	863	8.609	7.868	3.133	3.719
Cataluña	19.106	18.742	6.950	6.964	4.828	..	161	203	6.261	5.980	1.578	3.116
Comunitat Valenciana	12.932	11.635	2.257	4.682	4.684	12	373	924	6.147	5.250	1.189	2.706
Extremadura	5.408	4.936	2.253	2.023	660	..	215	257	4.149	3.678	1.663	1.784
Galicia	6.888	6.577	735	4.085	1.751	6	74	237	4.923	4.581	851	2.908
Madrid, Comunidad de	8.906	7.755	3.867	1.916	1.964	8	123	1.028	4.795	4.075	1.904	1.241
Murcia, Región de	7.761	7.431	1.841	2.450	3.114	26	94	236	3.163	2.818	640	1.218
Navarra, Comunidad Foral de	1.770	1.649	662	587	400	..	23	98	1.187	1.039	375	452
País Vasco	1.792	1.493	193	620	674	6	84	215	1.313	1.065	299	407
Rioja, La	1.090	1.020	349	289	380	2	10	60	476	407	70	194

Fuente: Ministerio de Fomento.

© INE 2013 | [Accesibilidad](#) | [Aviso de seguridad](#) | [Aviso legal](#) | [Ayuda](#) | [Dónde encontramos](#)

 Año internacional de la Estadística  Sistema estadístico europeo  Contactar INE

**Panel de hogares de la Unión Europea 2001**

**1.- Vivienda, instalaciones y equipamientos**

**Hogares por tipo de edificio y régimen de tenencia de vivienda principal.**

Unidades: Número total de hogares y porcentajes horizontales

	Número de hogares (miles)	Propiedad	Alquiler o realquiler	Cesión gratuita
<b>Todos</b>	13.280,6	84,9	10,0	5,1
<b>Vivienda familiar</b>	5.320,2	90,0	3,8	6,2
Vivienda familiar independiente	2.745,7	90,1	-3,7	6,2
Vivienda familiar adosada o pareada	2.574,5	90,0	-3,8	6,2
Edificio con más de una vivienda	7.910,2	81,6	14,2	4,2
Edificio con más de una vivienda: Con menos de 10 viviendas	2.489,4	75,6	17,8	6,6
Edificio con más de una vivienda: Con 10 viviendas o más	5.420,8	84,4	12,5	3,1
Otro tipo de edificio	..	..	..	..
No consta	-44,8	..	..	..

**Notas:**

1) 1) TAMAÑO MUESTRAL DE LAS CELDAS

En algunas tablas aparecen casillas marcadas con un guión (-) y otras en las que el dato ha sido omitido, figurando en su lugar '..'. El guión indica que en la casilla correspondiente el número de observaciones muestrales está comprendido entre 20 y 49, por lo que esa cifra es poco fiable y hay que interpretarla con cautela. Si el número de observaciones muestrales es inferior a 20 no se facilita el dato correspondiente, figurando en ese caso '..'.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

© INE 2013 | [Accesibilidad](#) | [Aviso de seguridad](#) | [Aviso legal](#) | [Ayuda](#) | [Dónde encontramos](#)

 Año internacional de la Estadística  Sistema estadístico europeo  Contactar INE

## Panel de hogares de la Unión Europea 2001

### 1.- Vivienda, instalaciones y equipamientos

#### Hogares por tipo de edificio y determinados problemas que sufren.

Unidades: Número total de hogares y porcentaje sobre el total de hogares de cada fila

	Número de hogares (miles)	Falta de espacio	Ruidos producidos por los vecinos	Otros ruidos procedentes del exterior	Luz natural insuficiente	Falta de instalación adecuada de calefacción	Goteras	Humedades	Podredumbre en suelos o ventanas de madera	Contaminación o problemas medioambientales	Delincuencia en la vivienda
Todos	13.280,6	16,2	11,7	22,9	11,7	3,3	8,4	13,9	3,3		9,7
Vivienda familiar	5.320,2	11,1	5,5	12,7	7,3	2,3	13,9	21,0	4,9		4,7
Vivienda familiar independiente	2.745,7	9,8	-4,2	9,1	3,9	-1,5	14,1	19,5	4,5		-3,5
Vivienda familiar adosada o pareada	2.574,5	12,4	7,0	16,5	10,8	-3,1	13,7	22,7	5,2		6,1
Edificio con más de una vivienda	7.910,2	19,7	15,8	29,9	14,7	3,9	4,7	9,1	2,2		13,0
Edificio con más de una vivienda: Con menos de 10 viviendas	2.489,4	16,1	11,5	25,7	14,6	-2,0	6,7	14,2	-3,1		10,1
Edificio con más de una vivienda: Con 10 viviendas o más	5.420,8	21,4	17,8	31,7	14,8	4,8	3,8	6,7	-1,8		14,4
Otro tipo de edificio	..	..	..	..	..	..	..	..	..		..
No consta	-44,8	..	..	..	..	..	..	..	..		..

#### Notas:

1) 1) TAMAÑO MUESTRAL DE LAS CELDAS

En algunas tablas aparecen casillas marcadas con un guión (-) y otras en las que el dato ha sido omitido, figurando en su lugar '..'. El guión indica que en la casilla correspondiente el número muestral está comprendido entre 20 y 49, por lo que esa cifra es poco fiable y hay que interpretarla con cautela. Si el número de observaciones muestrales es inferior a 20 no se facilita el dato figurando en ese caso '..'.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

## Principales cifras

El Censo de Viviendas recoge todas las **viviendas familiares** y todos los **establecimientos colectivos** existentes en la fecha de referencia.

Las **viviendas familiares** se clasifican a su vez en:

- **Principales:** aquellas que constituyen la residencia habitual de al menos una persona.
- **Secundarias:** las usadas sólo en vacaciones, fines de semana...
- **Vacías o desocupadas:** las disponibles para venta o alquiler, o simplemente abandonadas.
- **Otro tipo de viviendas:** las usadas de manera continuada y no estacional, pero sin ser residencia habitual, por ejemplo, las destinadas a alquileres sucesivos de corta duración.
- Las viviendas familiares incluyen, siempre que estén habitados en dicha fecha, los **alojamientos**.

El número total de viviendas familiares en España supera los 20,9 millones, tras crecer un 22% en los últimos 10 años.

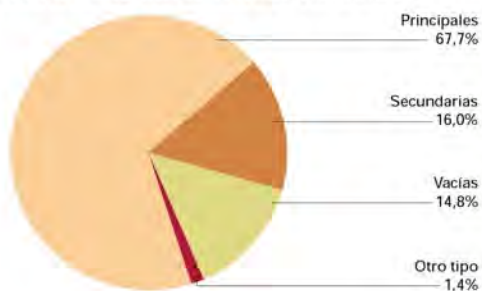
## Viviendas según su tipo

	Valores absolutos
<b>Viviendas Familiares</b>	<b>20.946.554</b>
Principales convencionales	14.184.026
Secundarias	3.360.631
Vacías	3.106.422
Otro tipo	292.332
Alojamientos	3.143
<b>Establecimientos colectivos</b>	<b>11.446</b>

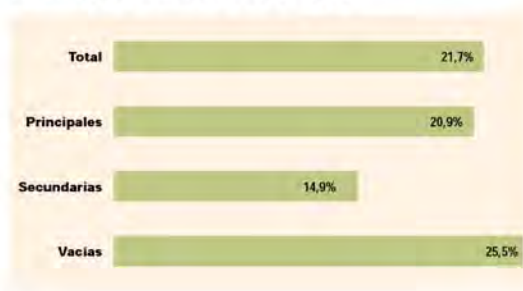
**Establecimientos colectivos:** viviendas destinadas a ser habitadas por un grupo de personas que no constituyen familia (residencias de ancianos, conventos, albergues, etc.).

**Alojamientos:** recintos que no corresponden a la definición convencional de vivienda, tales como chabolas, cuevas, remolques, entre otros.

## Distribución de las viviendas familiares



## Variación intercensal de las viviendas familiares. Censos 1991-2001





**4. INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS  
QUE SE USAN COMO BASES DE DATOS**

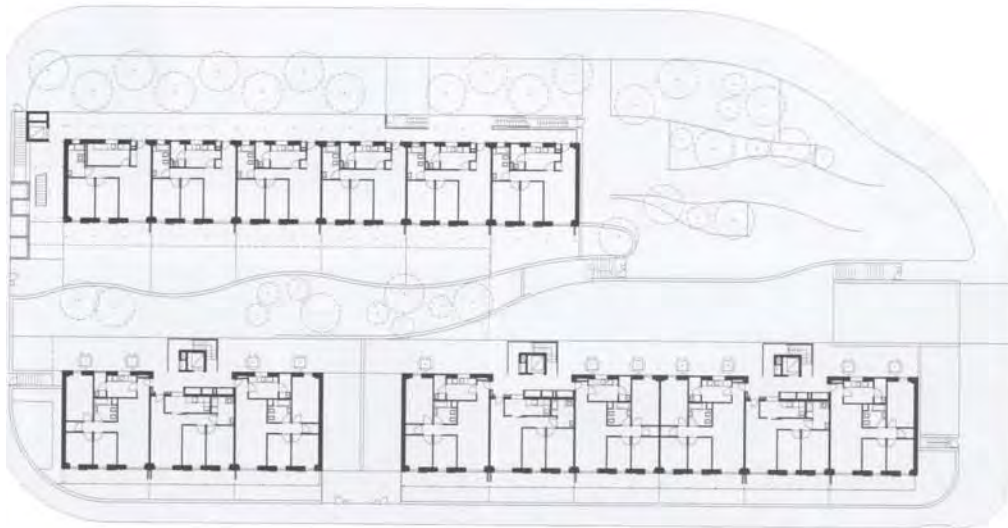


Figura 144\_

Título: 60 VPO en Tossa de Mar

Descripción: En esta imagen se explican las estrategias sostenibles de diseño que este proyecto tiene

Fuente: Solanas, 2008



Planta baja bloques B y C-D

Datos de sostenibilidad

Datos del estudio realizado a partir de la comparativa del proyecto con un edificio estándar de vivienda pública (edificio de referencia)

Valores de masa, energía y emisiones asociadas a los materiales y la construcción por m<sup>2</sup> de superficie construida:

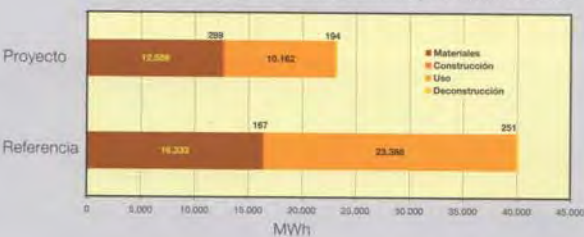
	Edificio de referencia (kg/m <sup>2</sup> )	Proyecto (kg/m <sup>2</sup> )	Reducción
Masa	2.167	1.573	27,41 %
Energía	5.834	4.419	24,25 %
Emisiones	555 CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	412	42,1 %

Resumen de demandas y consumos energéticos durante la vida útil por m<sup>2</sup> de superficie útil:

	Edificio de referencia (kWh/m <sup>2</sup> año)	Proyecto (kWh/m <sup>2</sup> año)	Reducción
Calefacción	39,90	25,60	36 %
refrigeración	3,90	3,10	21 %
ACS (*)	25,60	25,60	0 %
Total demanda	69,40	54,30	22 %
COP medio	0,85	2,42	
Consumo previsto	81,65	22,44	73 %

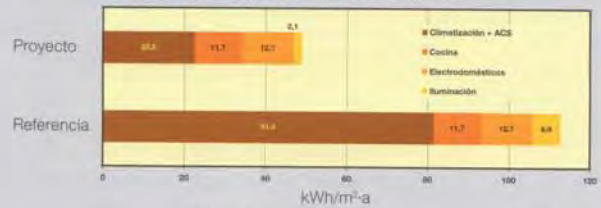
(\*) en ambos casos se ha considerado un 60 % de producción solar

Comparativa de consumo de energía en un ciclo de vida de 50 años



	Referencia (l/d.p)	Proyecto (l/d.p)	Reducción
Materiales	16.333,26	12.489,01	22,9 %
Construcción	166,84	288,73	-
Uso	23.387,82	10.162,39	56,5 %
Destrucción	251,28	193,67	22,9 %
Total	40.139,00	23.233,82	42,1 %

Consumos desglosados durante el uso del edificio



	Referencia (kWh/m <sup>2</sup> año)	Proyecto (kWh/m <sup>2</sup> año)	Reducción
Climatización + ACS	81,4	22,5	72,4 %
Cocina	11,7	11,7	0,0 %
Electrodomésticos	12,7	12,7	0,0 %
Iluminación	6,9	2,1	69,9 %
Total	112,6	48,9	56,5 %

Consumo de agua



	Referencia (l/d.p)	Proyecto (l/d.p)	Reducción
Ducha y aseo	58,0	13,9	76,03 %
Cocina	15,7	14,6	7,01 %
Electrodomésticos	11,7	11,7	0,00 %
Inodoro*	23,1	0,0	100,00 %
Riego*	6,8	0,0	100,00 %
Total	115,3	40,2	65,13 %

\*procedente de terciario depuradora

Por ahora, la sostenibilidad en España acostumbra a ser un adjetivo calificativo que se aplica benévolutamente a los edificios que realizan alguna aportación en este sentido. Pero, en el futuro, tendremos que medir, pesar, cuantificar los diversos parámetros de la sostenibilidad, para poder certificar y valorar su grado y nivel. En este edificio, el INCASOL, organismo de promoción pública de la Generalitat de Catalunya, financió la realización de un estudio comparativo de diversos sistemas de cerramientos. Dicho estudio puede consultarse en la web de los arquitectos: [www.saas.cat](http://www.saas.cat).

# INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS QUE SE USAN COMO BASES DE DATOS

## **a. Descripción del del proyecto del que se extrae datos para la etapa de producción de material/ Edificio de Tossa de Mar, SAAs:**

“El proyecto consiste en 60 viviendas de las cuales 24 son de alquiler, de dos dormitorios y una superficie aproximada de 60 m<sup>2</sup>; y 36 de venta, con dos y tres dormitorios, y superficies aproximadas de 60 m<sup>2</sup> y 70 m<sup>2</sup> respectivamente. Se distribuyen en edificios paralelos cuyas fachadas principales se orientan a noreste y suroeste. Todos disponen de cuatro plantas de altura destinadas a vivienda, y una planta sótano a aparcamiento.

Todas las viviendas tienen doble orientación y ventilación cruzada. Los espacios se organizan en dos franjas diferenciadas: la situada a sureste contiene los espacios principales, y la orientada a noreste, los servicios. Esta organización, así como la disposición perimetral de la estructura, facilita la modificación de la distribución y el paso de las redes de instalaciones. Toda la fachada a sureste dispone de una amplia terraza exterior que permite la expansión hacia el exterior de las estancias de la vivienda, y actúa como eficaz protección solar en verano. En las plantas bajas, este espacio se transforma en un jardín de uso privados.

Durante el desarrollo del proyecto, se realizó un estudio sobre la reducción de la energía y de las emisiones asociadas durante todo el ciclo de vida de las viviendas, y la reducción del consumo de agua. La propuesta incorpora mejoras susceptibles de ser aplicadas de forma generalizada, sin cambiar radicalmente los sistemas constructivos ni la tipología de las viviendas, ni incrementar de modo significativo el coste de la construcción. A pesar de esta limitación inicial, los logros son notables: las emisiones de CO<sup>2</sup> debidas a la climatización y agua caliente sanitaria se reducen en un 73%, mientras que se acercan al 42% si se considera todo el ciclo de vida del edificio. La utilización de agua potable se reduce en un 65%, sin considerar cambios en los hábitos de consumo, gracias al reciclaje y al aprovechamiento de la lluvia. Estas mejoras han significado un incremento de 3% en el precio inicial de referencia de esta promoción, fijado por INCASOL.

La metodología utilizada consistió en definir un proyecto de referencia con la misma geometría que la del proyecto y comparar ambos en cada uno de los aspectos analizados. En el proyecto de referencia se utilizaron materiales y sistemas habituales en vivienda pública que cumplieran las exigencias mínimas de CTE. En ambos edificios se midió la energía consumida y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas en todo el ciclo de vida del

edificio, es decir, en las fases de fabricación de materiales y construcción, uso durante un período de 50 años y derribo selectivo al final de la vida útil. Las conclusiones de cada análisis se tomaban como base de partida para la elaboración del proyecto final.

Las emisiones causadas por la fabricación y puesta en obra de los materiales de construcción se analizaron con el módulo ambiental de TCQ del ITeC. Para los sistemas convencionales existían la mayoría de las partidas, no así para los alternativos, que fue necesario determinar, incorporando los valores de MJ/kg de materiales básicos y procesos. El resultado fue una enorme tabla de opciones de la que se empezaron a visualizar tendencias importantes, como la necesidad de limitar de peso, o la enorme importancia de la estructura, y en especial el hormigón armado, en la factura de emisiones finales [...].

[...] Una de las apuestas más importantes del proyecto, y la que aporta mayores reducciones de consumos, es la eficiencia de los sistemas energéticos. Consisten en bombas de calor con intercambiadores geotérmicos que aprovechan la energía solar acumulada en la masa de tierra que rodea el edificio y que mantiene una temperatura constante de aproximadamente 15 °C. A través de un sistema de captación adecuado y una bomba

de calor se consigue transferir esta fuente de calor para ser utilizada como calefacción y para la generación de agua caliente sanitaria en las viviendas. EN verano, el sistema se invierte y genera frío para climatización, mientras que el calor residual se deriva hacia la producción de agua caliente sanitaria sin coste energético. Con este sistema es posible doblar la eficiencia respecto de las bombas de calor aire-aire. Para superar el problema que representa el elevado coste de los pozos de intercambio geotérmico, se desarrollaron una serie de estrategias en cadena tendentes a reducir la potencia instalada: reducción del 26% de la demanda, cobertura con el sistema geotérmico limitada al 70% de la potencia máxima, que corresponde a más del 90% del consumo anual, utilización de un sistema convencional para las demandas punta y, finalmente, la utilización de un sistema centralizado, con un coste muy inferior a la suma de sistemas individuales, con contadores de volumen y temperatura para factura por el consumo real de cada usuario. Para la generación de agua caliente sanitaria se cuenta, además, con un sistema de captadores solares de baja temperatura, con una cobertura del 50%. Para completar la potencia punta de calefacción y obtener los 60 °C que exige la normativa para el agua caliente sanitaria se incorporan calderas de condensación. Con estos mecanismos se ha obtenido un ahorro del 73% en el consumo de calefacción,



Figura 145\_

Título: 60 VPO en Tossa de Mar

Descripción: En esta imagen es un CGI del proyecto de Tossa de Mar. Arquitectos: SAas

Fuente: Solanas, 2008

refrigeración y agua caliente sanitaria, con un incremento del coste de las instalaciones del orden del 10% respecto de un proyecto convencional.

Las actuaciones para la reducción del consumo de agua han consistido en griferías y mecanismos con sistemas de ahorro, y en la utilización de aguas recicladas para la alimentación de las cisternas de los inodoros y para el riego. Esta agua procede del sistema terciario de la depuradora de aguas residuales del municipio" (Solanas, 2008).

## **b. Descripción del proyecto del que se extrae datos para la etapa de uso/ Edificio de Cerdanyola, Frutos-Sanmartin:**

El edificio que se propone utilizar como base de datos es un edificio plurifamiliar ubicado en Cerdanyola –Catalunya, España–, construido entre el 2007 y 2010 promovido por el Instituto Catalán del Sol –INCASOL–, ejecutado por la arquitecta Fidela Frutos Schwöbel y el arquitecto Josep M. Sanmartín Burgués –Frutos-Sanmartín.arq–, proyectado en el año 2006.

El edificio tiene veinticuatro –24– unidades de viviendas de protección oficial para alquiler. Cuatro viviendas de tres habitaciones, con un programa funcional para cinco personas, con unas superficies máximas útiles interiores de 69,99 m<sup>2</sup>. Dos módulos de circulación independientes, con escaleras y ascensor. Una sola planta de aparcamiento subterráneos, una planta baja comercial, y cubiertas independientes.

La geometría general del edificio está desarrollada en un nivel subterránea, una planta baja, tres plantas tipo y cubiertas planas no transitables. Sus dimensiones son 64,20 m x 12,00 m con un balcón corrido de 1,20 m de vuelo en la fachada sur y este. La fachada oeste es una medianera,

Figura 146\_

Título: Edificio de Cerdanyola

Descripción: La primera imagen es la planta tipo del edificio, y las segunda imagen tiene la sección del edificio, y imagenes de analisis de sombreado de la fachada

Fuente: Frutos-Sanmartín, 2006



PLANTA TIPO

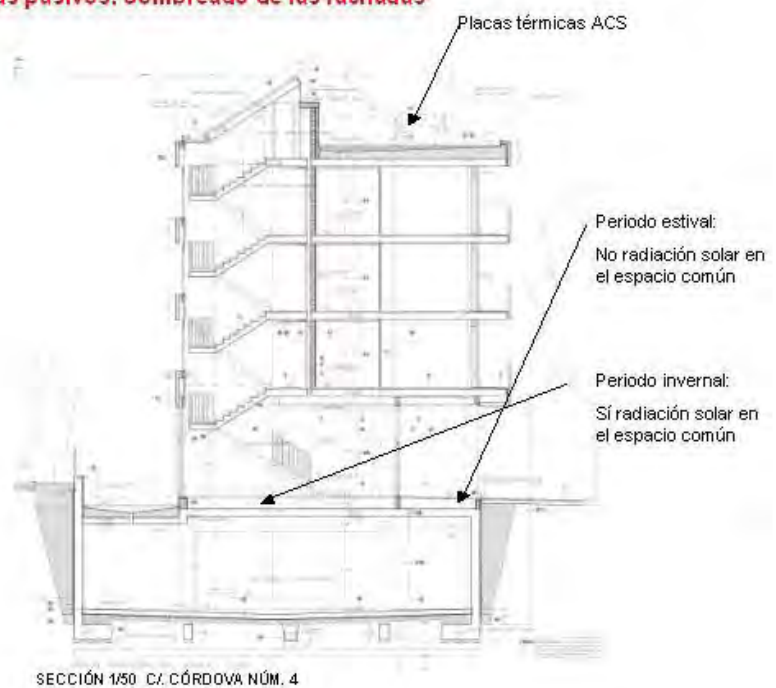
> **Parámetros de sostenibilidad: sistemas pasivos. Sombreado de las fachadas**



Detailed Shading analysis of an apartment with Ecotect. Winter time. January 15th  
Solar penetration is allowed



Detailed Shading analysis of an apartment with Ecotect. Summer time. August 15th  
Solar direct radiation is blocked by the overhang



Periodo estival:  
No radiación solar en  
el espacio común

Periodo invernal:  
Sí radiación solar en  
el espacio común



Figura 147\_

Título: Edificio de Cerdanyola

Descripción: Esta es una fotografía de la fachada Sur del Edificio de Cerdanyola, Arquitecto Frutos y San Martín

Fuente: Frutos-Sanmartín, 2006

y la fachada norte no tiene balcones.

La planta sótano destinada a aparcamiento es de una sola planta y se accede con una rampa sólo de vehículos. La superficie total construida de la planta sótano es de 1027,20 m<sup>2</sup> —64,20m x 16m— y la útil es de 937,10 m<sup>2</sup>. En la planta baja se sitúan los accesos a las dos escaleras que dan accesos a las unidades de vivienda, la profundidad edificable de la planta baja es de 12 m.

La planta tipo se desarrolla en el programa residencial de cuatro viviendas en cada escalera. El acceso a las viviendas es por un espacio intermedio de pasillo común para cuatro unidades de vivienda por escalera. Hay tres tipos de viviendas: una central totalmente orientada al sur, los extremos medianeros orientados al norte y sur, los extremos a fachada orientados al norte, sur y este. Todos ellos con un balcón corrido con un vuelo de 1,20 m. Con esta disposición de viviendas se busca orientarlas todas al sur, permitiendo que tengan asoleamiento directo entre las 10 horas y las 12 horas del solsticio de invierno.

Las fachadas contienen varias soluciones pasivas como la orientación de las viviendas permitiendo el asoleamiento en el invierno, la protección solar por medio del balcón corrido y entre otros. En la fachada sur la parte opaca se ha proyectado con

policarbonato donde se han previsto unas rejillas que permiten incrementar el efecto de fachada ventilada durante el periodo estival.

“La introducción de una ventilación cruzada de las viviendas no pasantes que también será controlada por el propio usuario desde una abertura practicable en la sala que da a un tubo vertical y éste a la cubierta. Este tubo es único para cada vivienda. Esta ventilación se garantiza por la termocirculación natural” (Frutos-Sanmartín, 2006).



## **5. CLASIFICACIÓN DE CLIMAS**



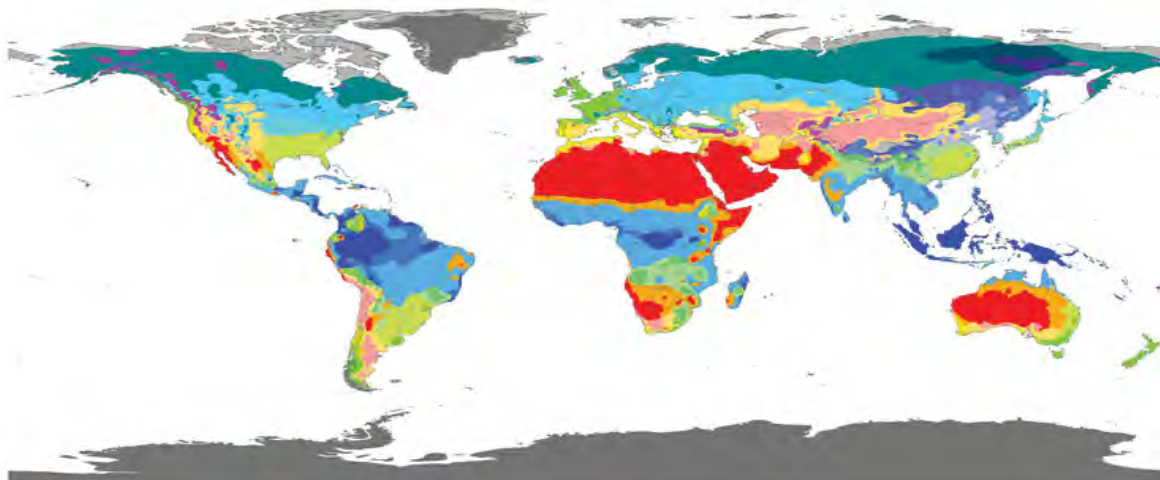
Figura 148\_

**Título:** Clasificación de tipos de clima de Köppen

**Descripción:** Universidad de Melbourne. En esta imagen podemos notar no solo la diversidad de los tipos de climas que existen, si no también si localización en el planeta Tierra

**Fuente:** EoEarth, 2011

**World map of Köppen-Geiger climate classification**



Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dec	Dwc	Dfc		
BSk				Dsd	Dwd	Dfd		

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

**DATA SOURCE :** GHCN v2.0 station data  
Temperature (N = 4,844) and  
Precipitation (N = 12,396)

**PERIOD OF RECORD :** All available

**MIN LENGTH :** ≥30 for each month.

**RESOLUTION :** 0.1 degree lat/long

# CLASIFICACIÓN DE CLIMAS

Resumiendo, la clasificación climática de Köppen se puede señalar los siguientes tipos de clima. Para determinar los subgrupos o subtipos se añaden otras letras minúsculas:

- Climas Macrotérmicos (Cálidos, de la zona intertropical).
- Climas secos (localizados en las zonas subtropicales y en el interior de los continentes de la zona intertropical o de las zonas templadas). Se divide en dos tipos: Desértico (BW) y semidesértico o estepario (BS).
- Climas Mesotérmicos o templados.
- Climas fríos (localizados en latitudes altas, próximas a los círculos polares y donde la influencia del mar es muy escasa).
- Climas polares. Se localizan en las zonas polares, limitadas. Hacia el ecuador por los Círculos polares.
- Climas indiferenciados de alta montaña.
- Lluvias todo el año (en la zona intertropical): Af = clima de selva.
- Lluvias en la época de sol alto (verano térmico),

también en la zona intertropical: Aw = Clima de sabana

- Lluvias de monzón. Similar al Aw, pero con lluvias más intensas originadas por la diferencia acentuada de las presiones atmosféricas entre el océano y los continentes. Sólo se presenta en el sur y sureste del continente asiático. Las lluvias suelen ser muy intensas y prolongadas durante la época de calor, cuando las bajas presiones continentales atraen a los vientos procedentes del Océano Índico cargados de humedad, que se descargan en las vertientes meridionales del Himalaya y otras cordilleras provocando desbordamientos de los grandes ríos de la zona, como el Indo, el Ganges, el Bhamaputra, el Irawaddy, el Saluen y el Mekong, así como otros ríos del sur de China.
- Lluvias en invierno. Corresponde al clima subtropical seco o clima mediterráneo (Csa según Köppen), localizado en las latitudes subtropicales de las costas occidentales de los continentes.

Entre las principales modificaciones al sistema ideado por Köppen pueden citarse las de Trewartha (6) y la de Thornthwaite (7), que ha sido considerado por Strahler como un sistema aparte.

En el mundo los tipos de clima se clasifican en tres grupos.

- Cálidos
- Clima ecuatorial (región amazónica, parte oriental de Panamá, Península de Yucatán, centro de África, occidente costero de Madagascar, sur de la Península de Malaca e Insulindia)
- Clima tropical (Caribe, Llanos y costas de Colombia, Costa Rica y Venezuela, costa del Ecuador, costa norte del Perú, la mayor parte del este de Bolivia, noroeste de Argentina, oeste de Paraguay, centro y sur de África, sudeste asiático, norte de Australia, sur y parte del centro de la India, la Polinesia etc. y las costa surcentral del Pacífico de México)
- Clima subtropical árido (suroeste de América del Norte, norte y suroeste de África, oriente medio, costa central y sur del Perú, norte de Chile, centro de Australia). Se ubica entre los climas desérticos subtropicales y las franjas de clima mediterráneo, del cual se distingue por una pequeña diferencia en cuanto a la lluvia recibida.
- Clima desértico y semidesértico, este último también llamado clima estepario, se ubican en el interior de los continentes en la zona templada

(Asia Central, centro-oeste de América del Norte, Mongolia, norte y oeste de China).

- Templados: Los climas templados son los propios de latitudes medias, y se extienden entre los paralelos 30 grados y 70 grados aproximadamente. Su carácter procede de los contrastes estacionales de las temperaturas y las precipitaciones, y de una dinámica atmosférica condicionada por los vientos del oeste. Las temperaturas medias anuales se sitúan alrededor de los 15 °C y las precipitaciones van de 300 a más de 1000 mm anuales, dependiendo de factores como la exposición del relieve a los vientos y a la insolación, la distancia al mar o continentalidad y otros.
- Dentro de los climas templados distinguimos dos grandes conjuntos: los climas subtropicales, o templados-cálidos, y los climas templados propiamente dichos, o templados-fríos. A su vez, dentro de cada uno de esos grandes conjuntos se engloban varios subtipos climáticos.
- Clima subtropical húmedo (sudeste de Estados Unidos y Australia, sur de China, noreste de Argentina, sur de Brasil y Uruguay, norte de la India y Pakistán, Japón y Corea del Sur).
- Clima mediterráneo (zona del Mediterráneo, California, centro de Chile, sur de Sudáfrica,

suroeste de Australia)

- Clima oceánico o atlántico (zona atlántica europea, costas del Pacífico del noroeste de Estados Unidos y de Canadá, sureste de Australia, Nueva Zelanda, sur de Chile, costa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Clima continental (centro de Europa y China y la mayor parte de Estados Unidos, norte y noreste de Europa, sur y centro de Siberia, Canadá y Alaska)
- Fríos
- Climas polares (al norte del Círculo Polar Ártico y al sur del Círculo Polar Antártico)
- Clima de montaña (en montañas altas)



### **a. DATOS CLIMATICOS DE BARCELONA / ESPAÑA**

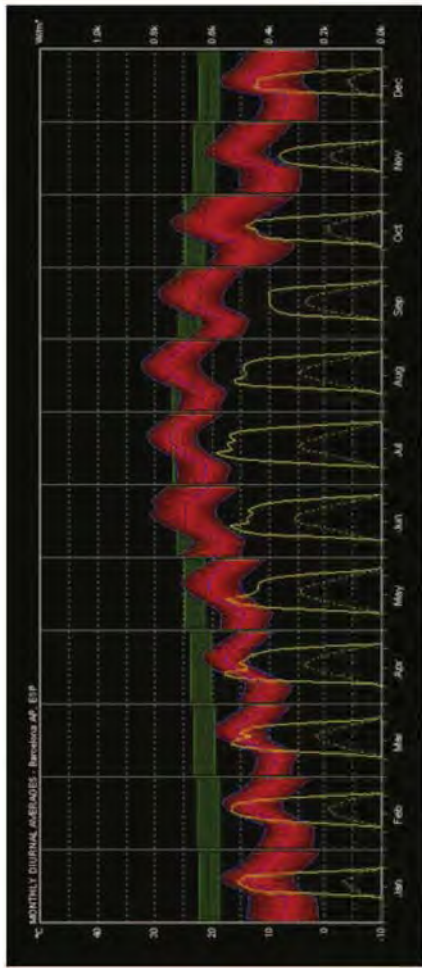
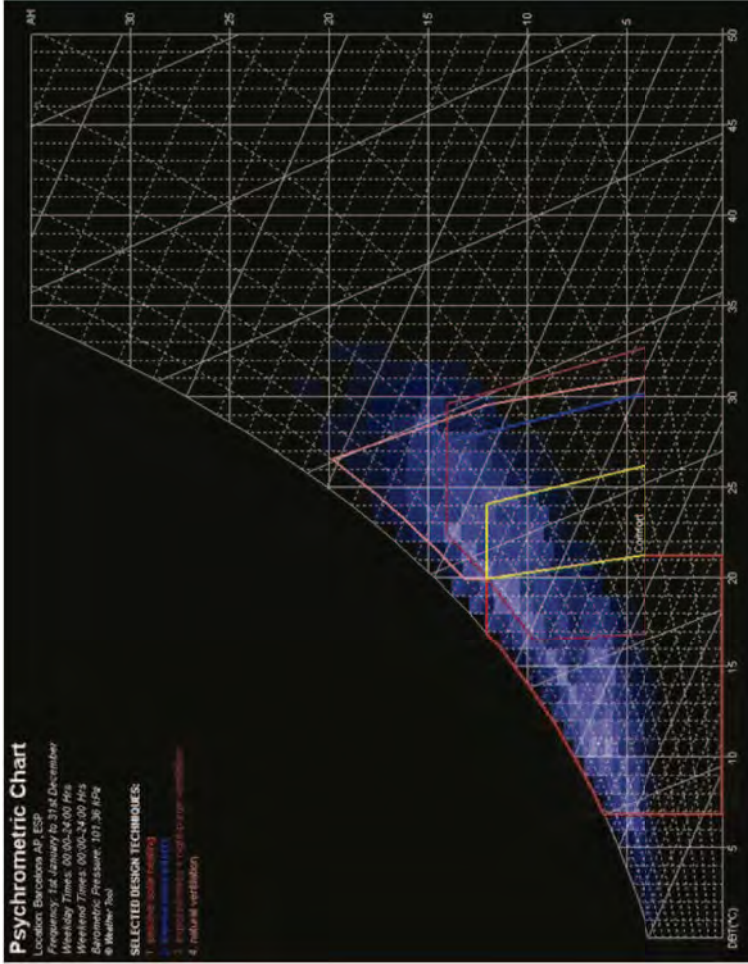
En este anexo encontramos los datos característicos del clima de la ciudad de Barcelona, España. Donde podemos notar salto térmico que existe entre verano e invierno (máximo de 28,2 °C y mínima de 6,6 °C), también podemos notar que los vientos más predominantes vienen del norte generalmente, y que tiene una humedad relativa considerablemente elevada, gracias a la proximidad al mar, teniendo un promedio máximo de 88, 3. Ver capítulo 3.1.





# SPAIN, BARCELONA

## CLIMA TEMPLADO MEDITERRANEO



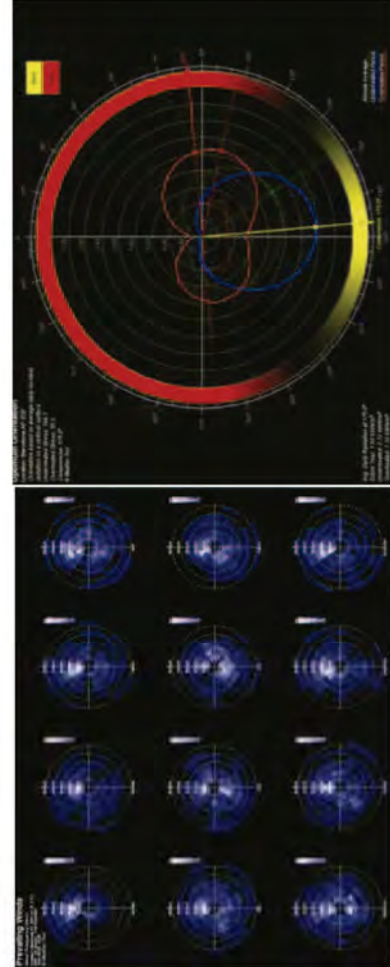
Max. media mensual	19.8
Min. media mensual	13.1
T <sub>a</sub> Promedio mensual	16.3
Desviación (T <sub>max</sub> - T <sub>min</sub> )	6.7

Temperatura confort*	22.6
----------------------	------

Umbral de confort regular**	24.6
	20.6

Umbral de confort crítico**	26.6
	16.6

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Anual
Max. media mensual	87	87	89	92	88	89	85	87	90	92	87	86	88.3
Min. media mensual	57	56	59	57	61	61	58	58	60	58	56	58	58.4
H.R. Prom. mensual	73	72	75	74	74	74	71	72	75	75	74	73	73.5
H.R. <sub>max</sub> - H.R. <sub>min</sub>	30	31	30	35	27	26	27	29	30	34	26	28	29.8


















## **6. ANÁLISIS DE MATERIALES QUE INTERVIENEN EN EL MURO EXTERIOR**

# CLASIFICACIÓN DE MATERIALES CON INERCIA TÉRMICA

Nombre	Imagen del Producto	Material Prima	Formato	Residuo*	Energía incorporada. Gradel to gate (MJ/Kg)	Eco-Data	Efectos de la edad	Vida útil	Grosor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento Térmico (W/m <sup>2</sup> ·K)**	Capacidad térmica específica (J/kgK)	Efectividad masa térmica
Piedra		Mineral	Tableros, Piezas, etc	Separación mínima	1,00	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	2300	1.8	1000	Alta
Ladrillo		Mineral	Bloques	Separación mínima	3,00	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	1700	0.73	800	Alta
Hormigón		Mineral	Variado	Separación mínima	0,95	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	2000	1.13	1000	Alta
Bloques prefabricado de hormigón		Mineral	Bloques	Separación mínima	0,95	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	2300	1.63	1000	Alta
Bloques prefabricado de arcilla		Mineral	Bloques	Separación mínima	3,00	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	700	0.21	1000	Alta
Termo Arcilla		Mineral	Bloques	Separación mínima	2,44	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	1000	0.1	1000	Alta
Hormigón celular		Mineral	Variado	Separación mínima	3,50	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	1000	0.09	1000	Alta
Yeso		Mineral	Tablero	Separación selectiva	1,80	Post-consumo	No reportado	-	Variados	1300	0.5	1000	Alta

Nombre	Imagen del Producto	Materia Prima	Formato	Residuo*	Energía Incorporada, Grado de gate (MJ/kg)	Eco-Data	Efectos de la edad	Vida útil	Grosor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento Térmico (W/m <sup>2</sup> ·K)**	Capacidad térmica específica (J/KgK)	Efectividad Masa Térmica
Agua		Natural	Líquido	Separación selectiva	0,00	Biodegradable	No reportado	+ 100 años	Variados	1000	0,60	4200	Alta
Acero		Mineral de hierro, carbon y caliza	Variado	Separación selectiva	24,40	Post-consumo	No reportado	+ 100 años	Variados	7800	45	480	Baja
Madera		Madera	Variado	Separación selectiva	8,50	Biodegradable y reciclable	No reportado	+ 100 años	Variados	650	0,14	1200	Baja

**Nota de Pie:**

\* Separación selectiva: Cuando en la fase final de la vida del producto se puede separar completamente del edificio para reciclar o reutilizar.

\*\* Separación mínima: Cuando en la fase final de la vida del producto es difícil de separar del edificio, solo puede recuperarse una tracción de él para el reciclaje o la reutilización.

Los valores de conductividad térmica utilizados en esta tabla provienen de proveedores de datos de productos e investigación científica. Cuando más de un valor es, porque el producto tiene un valor de conductividad térmica que está entre los valores mostrados en la tabla. Esto sucede cuando el

# CLASIFICACIÓN DE MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS









Imagen del Producto	Materia Prima	Formato	Residuo*	Energía Incorporada (Grado de gris (M.J/kg))	Eco-Data	Efectos de la edad	Vida útil	Grosor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento Térmico (W/m <sup>2</sup> ·K) (λ <sup>-1</sup> )	Capacidad térmica específica (J/kg·K)	Coefficiente de dilatación de vapor (μ)	Resistencia a la humedad	Rendimiento mecánico	Propiedades químicas	Comportamiento al fuego	Emisiones de OFC	Comentarios	Coste***
Aislamiento Origin: Natur al/Organico																			
	Madera	Tableros rígidos y blandos	Separación selectiva	5 - 25	Biodegradable y Reciclaje	No reportado	No reportado	6 - 240	25-240	0,037-0,050	2100	1,2 μ							< 0,6/m <sup>2</sup>
	Madera	Tableros o rollos	Separación selectiva	10-8	Biodegradable y Reciclaje	No reportado	No reportado	50		0,088									
	Arboles de Cococho	Tableros o rollos	Separación mínima. Se puede utilizar para Biomasa	1 - 4	Biodegradable	No reportado	No reportado	2 - 10	120-250	0,040-0,150	1670	5-30 μ	Resistente al agua con cepo. Relativamente alta velocidad de transmisión de vapor	Resistencia a la compresión hasta 20 MN/m <sup>2</sup> sin deformación. Resistencia a la flexión 140 MPa	No afectado por álcalis de agua y disolventes orgánicos	No se producen cloros, clorosul o otros gases tóxicos. Clasificado como Clase 1	No reportado	Sistema de una capa o como parte de un tablero compuesto	< 2,56/m <sup>2</sup>
	Calamo	Tableros	Separación mínima	2 - 5	Materia removible	No reportado	No reportado	220 - 330		0,07			Permisible al vapor						
	Calamo	Tableros	Separación selectiva	1 - 40	Biodegradable y Reciclaje	No reportado	No reportado	30 - 220	30-45	0,038	2000	1,2 μ							< 2,56/m <sup>2</sup>
	Paja	Bala	Separación selectiva	-	Biodegradable	No reportado	No reportado	350 - 450	100	0,045 - 0,065		1-10 μ							entre 1 a 4 €/Bala de 11 a 12 t/m <sup>3</sup>
	Papel y cartón. Prefabrico reciclado	Tablero, rollo, espaldado y bulto	Separación mínima	0,94 - 3,3	Resistente en demolicion... Reciclaje	No reportado	No reportado	28-40		0,039	1800	≤ 1 μ	No reportado (presión baja resistencia a la humedad)	No reportado (presión media resistencia mecánica)	Tratados con sales inorgánicas para protección contra incendios	Resiste al calor directo de una bombilla	No usa HFC's o WOC's de CFC	Cubierta o lino, paredes, piso o ventilación	< 2,56/m <sup>2</sup>
	Lino	Tableros, rollo o espaldado	Separación mínima	25 - 40	Reciclable	No reportado	No reportado	45 - 100	40-50	0,037-0,067	1500	1,2 μ							< 2,56/m <sup>2</sup>













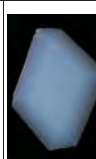
Imagen del Producto	Materia Prima	Formato	Residuo*	Energía Incorporada (Grado de gris) (MJ/kg)	Eco-Dato	Efectos de la edad	Vida útil	Grosor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Refrímetro Térmico (W/m <sup>2</sup> ·K)	Capacidad térmica específica (J/kg·K)	Coefficiente de difusión de vapor (μ)	Resistencia a la humedad	Rendimiento mecánico	Propiedades químicas	Comportamiento al fuego	Emisiones de OFC	Comentarios	Coste**
	Lino	Tableros, rollo o sueltado	Separación mínima 25-40	Reciclable	No reportado	No reportado	No reportado	45-100	40-50	0.037-0.047	1500	1-2 μ							< 25 €/m <sup>2</sup>
	Cortiza de coco de fibra	Tablero o rollo	Separación mínima 1-10	Biodegradable	No reportado	No reportado	No reportado		70-110	0.048-0.047	1500	1-2 μ							< 40 €/m <sup>2</sup>
	Algodón	Sueltado o rollo	Separación mínima 40-50	Biodegradable	No reportado	No reportado	No reportado		25-40 (sepiado) 20-60 (tablero o rollo)	0.029-0.040	840	1-2 μ							< 10 €/m <sup>2</sup>
	Animal	Rollo o bulto	Separación mínima 0-10	Reciclable	Se degradará si se deja expuesta a la luz solar o al agua durante períodos de tiempo prolongados	No reportado	No reportado	40-100	13.5-20	0.043-0.045	1000	1-2 μ	40% absorción de agua (en peso seco) a 100% RH	No reportado (pesunta mala resistencia mecánica)	No reportado	Punto de ignición 540 °C. Resistencia al fuego B2	No reportado	Cubiertas, techos, paredes o piso	< 25 €/m <sup>2</sup>
<b>Aislamiento/Origen: Sintético</b>																			
	Petróleo	Tablero o bulto	Separación mínima 108	Pre-Consumo. Se puede quemar para generar energía	No reportado	No reportado	No reportado	30-100	15-35	0.032-0.040	1800	20-40 μ	Baja transmisión de vapor de agua. Ninguna acción celular y alta resistencia a la absorción de agua. Puede utilizarse como barrera de vapor	10% fuerza de compresión de 110-150 kPa	Resistente a ácidos y álcalis diluidos. No encoge. Ligero de la pequeña fuente de calor. Ligero y humo pesados cuando se incendia. Puede utilizarse en ambientes con temperaturas de una sola capa, tales como PVC	No se ignita y se resquebraja al fuego	No se HCFC's o VOC's de CFC	<b>Nueva construcción:</b> Sobre o debajo de la losa del subsuelo, entre vigas de madera del piso, Tableros de llenado parcial o lleno. Cubiertas-planas inundadas. <b>Edificios existentes:</b> Pueden inyectarse en grietas y juntas de juntas de EPS en cavidades ocultas.	7.44-13.05 €/m <sup>2</sup>
	Petróleo	Tableros	Separación mínima 111.69 - 370.72	Pre-Consumo. Se puede quemar para generar energía	No reportado	No reportado	No reportado	30-100	30	0.028-0.036	1450	100-200 μ							7.13-15.82 €/m <sup>2</sup>
	Petróleo	Tableros	Separación mínima 101	Pre-Consumo. Se puede quemar para generar energía	No reportado	No reportado	No reportado	30-100	30-40	0.022-0.028									
	Petróleo	Tablero flexible	Separación mínima	No se puede fundir y reutilizar	No reportado	No reportado	No reportado			0.035			Se somete a cambios dimensionales significativos con un mayor contenido de humedad debido a su estructura de celda abierta	La espuma no tiene una resistencia particularmente alta	Puede soportar hasta 150 °C sin reducción en el rendimiento. Clasificado como Clase 1	Libre de CFC	HMAC. Tableros, conductos, diamas. Plásticos, salidas, oficinas y salas de conferencias, teatros, salas de cine, auditorios y estudios de grabación		

Imagen del Producto	Material Prima	Formato	Residuo*	Energía Incorporada (MJ/kg)	Eco-Data	Efectos de la edad	Vida útil	Grosor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento Térmico (W/m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	Capacidad térmica específica (J/kg K)	Coefficiente de difusión de vapor (μ)	Resistencia a la humedad	Rendimiento mecánico	Propiedades químicas	Comportamiento al fuego	Emisiones de OFC	Comentarios	Coste**
	Petróleo	Tablero rígido	Separación mínima	-	Post-Consumo. Se puede apilar para generar energía	No reportado	Generalmente excede la vida de construcción	40 - 100	40 - 200	0.033	840	15	Alta resistencia a la humedad baja permeabilidad al vapor 90% estructura celular cerrada	Buena resistencia a la compresión	Baja corrosión pH aprox. 6.5. La espuma de los años 1980 es corrosiva para las superficies de la cubierta metálica y los sellos en juntas y aplicaciones en aislamiento	Clase O contra el fuego	No utiliza CFC's. Utiliza agentes de soplado químicos en lugar de uno fijo	Panels de Ingeniería de Estructura. Especialmente adecuado para Librerías HVAC y ductos	
<b>Aislamiento / Origen: Mineral</b>																			
	Mineral	Tableros, rollo o soplado	Separación mínima	16,8	Post-Consumo. Reciclaje	Marginal para el tablero y los rollos. Aislamiento para soplados	60+ años	40 - 100	40 - 200	0.03 - 0.05	840	15	No absorbe la humedad. A una humedad relativa del 95%, el contenido de agua higroscópico es sólo 0.02% en volumen, 2% en peso	10% fuerza de compresión de 120-160 kPa	Puede necesitar tablero de aislamiento bajo asfalto	No utiliza CFC's. HFC's	Cubierta o techo, paredes, piso o ornamentación		
	Mineral	Tablero, rollo o bulto	Separación mínima	28	Post-Consumo			40 - 100	100	0.03 - 0.05	1600 - 1800	1-1.3 μ	0.2% por volumen. No hay acción ciliar	10% compresión strength of 230-500 kPa. Average compressive strength is 600 kPa (87 p.s.i.)	Vidrio puro sin aditivos en rellenos. Totalmente inorgánico, impermeable a ácidos comunes y álcalis. Puede liberar sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S) en un incendio	Incombustible	No utiliza CFC's, HFC's	Cubierta o techo, paneles, piso o ornamentación	5.50 - 6.79 €/m <sup>2</sup>
	Mineral	Tablero, rollo o bulto	Separación mínima	27	Post-Consumo. Reciclado en demolición	No reportado				0.042									
	Mineral	Bulto	Separación mínima	53	Post-Consumo. Reciclado en demolición	No reportado			180	0.013									

Nota de Pie:  
 \* Separación selectiva. Cuando en la fase final de la vida del producto se puede separar completamente del edificio para reciclar o reutilizar.  
 \*\* Separación mínima. Cuando en la fase final de la vida del producto es difícil de separar del edificio, solo puede recuperarse una fracción de él para el reciclaje o la reutilización.  
 \*\*\* Los valores de conductividad térmica utilizados en esta tabla provienen de proveedores de datos de productos e investigación científica. Cuando más de un valor es posible, el producto tiene un valor de conductividad térmica que está entre los valores mostrados en la tabla. Este sucede cuando el producto se distribuye en el mercado en varios formatos con diferentes espesores.  
 Los valores de costo utilizados en esta tabla provienen de proveedores de datos de productos e investigación científica. Se han colocado en el artículo bibliográfico de referencias. Cada valor es el valor medio del mercado reportado, con la medida en que el producto se vende en el mercado (€/ m<sup>2</sup> o €/ m<sup>3</sup>)

## a. ANÁLISIS DE MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS DE ORIGEN NATURALES

Para terminar de analizar los sistemas constructivos y su implicación sobre la sostenibilidad del edificio tenemos que analizar los diferentes tipos de materiales y cómo los mismos intervienen en el desempeño del edificio.

Diferentes materiales pueden ser utilizados para una mismo sistemas constructivo de la envolvente. Por ejemplo, al comparar un aislamiento térmico de origen sintético con uno de origen natural, podemos ver que no sólo cada uno tiene unas limitaciones a nivel de transmitancia térmica diferentes, que afectara el desempeño en la fase de uso, sino que también la energía incorporada al material es diferente por lo tanto el impacto en la fase de producción de material también es diferente. Por consecuencia, la selección del tipo de material de cada una de las capas del sistema constructivo de la fachada puede afectar de manera negativa o positiva su desempeño sostenible.

En este apartado comparamos diferentes tipos de materiales tomando en consideración cual es la función que tiene dentro del sistema constructivo y el origen de la materia prima de los mismos.

### a. Los Aislamientos Térmicos Naturales (vegetal o animal)

Cuando hablamos de aislamientos térmicos hacemos referencia a materiales de baja conductividad térmica, del orden de  $0.04 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  o inferior, los cuales consiguen reducir considerablemente el flujo de intercambio de energía con rangos de pocos centímetros. En este sentido la eficiencia energética de la envolvente pasa por la correcta disposición continua de ésta capa.

Para conocer el impacto ecológico y medioambiental de los aislantes es necesario saber el origen de la materia prima. Según su origen se pueden clasificar en orgánicos —de naturaleza vegetal o animal— y en inorgánicos. Desde el punto de vista de huella ecológica tanto los inorgánicos, derivados de materiales biodegradables, como los inorgánicos derivados del petróleo tienen un impacto muy negativo por su extracción y por este motivo desde parámetros ambientales se intenta atenuar este impacto controlando su ciclo de vida; aumentando el porcentaje de reciclabilidad, llegando a porcentajes del 25% de contenido de material reciclado y reduciendo en lo posible el coste energético de su producción, aunque en la actualidad sus valores de energía incorporada siguen siendo muy elevados, del orden de entre 10 a  $125 \text{ MJ/Jg}^2$ .



En cambio, los aislantes orgánicos de origen vegetal o animal tienen un impacto ecológico y medioambiental muy favorable ya que son materiales renovables, reciclables, saludables y de baja energía incorporada, en definitiva, más ecológicos; su contenido de material reciclado puede llegar al 25 y 50%, con valores de energía incorporada de 1 a 50 MJ/Jg<sup>2</sup>.

Dependiendo del tipo de construcción –rehabilitación o nueva construcción– el sistema constructivo aplicado puede llegar a ser muy distinto y con requerimientos muy dispares por la posición relativa de la capa del aislante térmico en relación interior/exterior. La transpirabilidad y la semi o impermeabilidad son características a tener presentes. Incorporar un aislamiento impermeable en una fachada transpirable puede alcanzar a crear patologías que no existían hasta el momento, llegando a deteriorar los materiales que la constituyen por problemas de condensación. Incorporar un aislamiento en el exterior sin tener en cuenta su argumento de conductividad si se moja es una solución errónea energéticamente.

El aislamiento térmico es un componente esencial en la construcción de edificio sostenibles, "[...] es el único material de la obra que se amortiza por el ahorro económico que proporciona [...]" (IDAE, 2008), casos de estudio del Instituto para la

diversificación y ahorro de la energía –IDAE– concluyeron que el ahorro económico en la factura de gas de una vivienda típica de España puede representar el 30% de su gasto anual, es decir una familia que gasta un promedio anual de 900€, puede ahorrar 300€ anuales de esa factura, gracias a la aplicación de aislamiento térmico sólo en sus fachadas principales (IDAE, 1999).

Otra manera de analizar el ahorro que supone la incorporación de los materiales aislantes térmicos es por medio de su amortización. La rehabilitación de edificios mediante la introducción o mejora del aislamiento térmico se considera el patrón de ahorro de energía con la mejor relación entre el coste y el beneficio, ya que la relación entre el coste total de la obra y del aislamiento se puede amortizar entre 5 a 7 años, y como el material aislante tiene una larga vida útil se aproxima un ahorro de 8 a 9 veces más que el coste de toda la rehabilitación (IDAE, 2008). Por estas razones el aislamiento térmico es un elemento de gran importancia para la rehabilitación de edificios, el IDAE recomienda que todos los proyectos de rehabilitación consideren la integración de aislamiento térmico en la envolvente del edificio, aunque en el objetivo del proyecto no se incluya esta idea, se considera que es bueno aprovechar una reforma para mejorar la eficiencia energética del edificio.

Es recomendable este tipo de rehabilitación para edificios que tienen más de 20 años construidos, ya que es más probable que no tengan materiales aislantes integrados en la solución constructiva de sus envolventes. Con este tipo de rehabilitación el IDAE estima que se puede conseguir un ahorro del 50% de la energía consumida en calefacción y/o refrigeración. Gracias a estos estudios y a la importancia que se le da a la aplicación de mejoras de la envolvente térmica de los edificios construidos, el IDAE proporciona ayudas económicas para propietarios que quieran mejorar la eficiencia energética de sus inmuebles por medio del programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes del sector residencial (IDAE, 1999).

La rehabilitación de edificios existentes en España es una práctica muy importante, y programas como el PAREER del IDAE y la nueva reforma del código técnico de la edificación —CTE—, son propuestas que ayudan a la creación de trabajos en el sector de la construcción y a la reducción del consumo energético y las emisiones de CO<sup>2</sup> en España. Al hablar sobre esto hay que tomar en cuenta que: “En España existe un parque de más 23 millones de viviendas construidas antes del año 2005 que no poseen nada de aislamiento o un aislamiento muy deficiente. Esta situación hace que nuestros edificios sean auténticos depredadores

de energía” (ANDIMAT, 2007). Por lo tanto, estas actuaciones de mejora de la envolvente térmica de este parque urbano suponen un ahorro neto en energía y coste para los usuarios y para el país.

Tomando esto en consideración, a mediados de este año —2013— se aprobó una ley por medio de la cual se exige la certificación energética a todos los edificios existentes en el parque urbano de España. Esto quiere decir que cualquier propietario que quiera vender o alquilar su inmueble debe tramitar un certificado energético que lo valorará en una escala alfabética —de la A a la G—, por medio de la cual no sólo se mide la eficiencia energética del inmueble, sino también se otorgan una serie de estrategias para la mejora de esta eficiencia. El objetivo es que “[...] no valdrá lo mismo una vivienda bien aislada que una mal aislada. Los ciudadanos nos mentalizaremos que, dependiendo de la certificación, una vivienda, consumirá más energía que la otra, y por lógica no tendrá el mismo precio de venta en el mercado” (Aisla Nat, 2013), pero esto aún está por verse.

#### **i. Comportamiento en invierno y verano en el clima de Barcelona**

Este tipo de material, gracias a las propiedades explicadas anteriormente, tiene un tipo de comportamiento en los periodos de invierno y verano en climas mediterráneos como el de Barcelona,

España. Por lo tanto, si se quiere utilizar para construcciones en esta locación hay que tomar en cuenta este comportamiento.

**Invierno:** Durante el invierno el clima en Barcelona tiende hacia las temperaturas bajas, y en estos períodos es cuando los materiales aislantes térmicos aportan más al funcionamiento sostenible del edificio. Esta capa de la envolvente frena el intercambio de energía, haciendo que el calor del espacio interior no se decante hacia exterior.

**Verano:** Durante el verano el clima en Barcelona tiende hacia las temperaturas altas, y este tipo de materiales dificulta el paso del calor exterior hacia el espacio interior.

## ii. Tipos de Aislamientos Térmicos

Como ya hemos mencionado, existen dos tipos de aislamientos térmicos si tomamos en cuenta el origen de la materia prima. Estos tipos serían de origen natural y de origen plástico o sintético. Los de origen natural son los materiales que provienen de materia prima: productos minerales, vegetales o animales como madera, corcho, cáñamo, paja, lana de oveja, entre otros. Estos aislantes son más fáciles de reciclar y reutilizar ya que al provenir de materiales naturales y no tener productos químicos integrados, es más fácil su

descomposición para generar usos alternos. Igualmente, su extracción genera menos impacto al medio ambiente.

La primera etapa del ciclo de vida de un edificio es la producción de los materiales de construcción. En esta etapa se toman en cuenta el origen de los materiales, la energía consumida y la producción de CO<sup>2</sup> que generan la extracción de la materia prima y la producción del material final. Por lo tanto, si utilizamos un material que proviene de un origen natural, estamos minimizando la energía y las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas en su extracción, y a su vez contrarrestamos este impacto con la utilización que tiene este producto antes de ser explotado.

Por ejemplo, cuando la materia prima es una planta o árbol el crecimiento de la misma, por la fotosíntesis, contribuye a la descomposición del CO<sup>2</sup>, lo cual favorece en el ciclo de vida del producto final, es decir compensa la producción de CO<sup>2</sup> que se puede llegar a emitir por la producción del aislante térmico. Este ejemplo se aplica a todos los materiales aislantes térmicos de origen vegetal que veremos a continuación.

Los aislantes térmicos de origen plástico o sintético son los que tienen como materia prima productos derivados del petróleo como plásticos,

poliuretanos, entre otros. Estos materiales generan más impactos al medio ambiente, ya que la extracción de la materia prima produce mayor impacto. Se originan de materiales no renovables como el petróleo, y generalmente en la etapa final del ciclo de vida son difíciles de separar de los otros componentes de la envolvente y no son reciclables ni reutilizables, sólo se pueden utilizar para generar energía quemándolos.

Por este motivo, en este artículo nos concentraremos en las características de los materiales aislantes térmicos provenientes de materias primas vegetales, los cuales se clasifican en:

- **Fibra de Madera:** Estos tableros están compuestos por trozos de madera procedente de desperdicios de serrerías. Mediante un proceso de desfibrado los trozos de madera se trituran hasta que se unifica la fibra pudiéndose utilizar dos procesos para aglomerar la fibra: el proceso húmedo, en donde se requiere agua, parafinas y/o Látex; y el proceso seco en donde se utiliza resina PUR para aglomerar la fibra.

Por lo tanto, este tipo de producto proviene de madera reciclada, además podemos contar con que la madera es un producto natural renovable, pero en el análisis del ciclo de vida del material hay que tomar en cuenta no sólo la procedencia de la

materia prima, sino también del aglomerante que se usa para unificarla, como la energía que se usa en este proceso (BioHouses, 2008).

El material se presenta en formato de paneles de diferentes grosores desde 18 hasta 240 mm, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material-. Estos paneles son de fácil instalación y se pueden adaptar a cualquier tamaño por medio de instrumento típico para cortar madera. Los paneles se instalan por su diseño tipo machihembrado, fijándolas con unos tirafondos y grapones de dorso colocados más o menos entre 60 a 90 cm de separación. Como la instalación es seca los paneles se pueden remover a la hora de demoler la construcción, lo que permite que los paneles se puedan reutilizar o reciclar.

- **Corcho:** El corcho es el aislante más natural que existe, ya que proviene directamente de un árbol, y la elaboración del producto final no requiere componentes químicos, ya que se aglutina con su propia resina. Sus propiedades aislantes se deben a la peculiar estructura y composición química de sus células.

En cuanto a las prestaciones del material, posee una baja conductividad térmica a su vez tiene buenos índices de absorción acústica, compresión y comportamiento frente la humedad. Gracias a la

resinas naturales que posee tiene un grado de impermeabilidad relativamente alto. Es uno de los materiales sólidos más ligeros del mercado lo cual facilita su instalación, además tiene un buen comportamiento contra el fuego y no libera gases tóxicos en la combustión debido a su procedencia natural (ASA, 2010).

Este material se distribuye en láminas, bloques o en forma granular. Se puede instalar en paredes, suelos y cubiertas. El corcho tiene un excelente ciclo de vida, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material, es respetuoso con el medio ambiente, tiene una larga durabilidad, no lo atacan los insectos, tiene una gran resistencia ante los agentes químicos, es reciclable y reutilizable, y en caso de convertirse en residuo es completamente biodegradable.

• **Fibra de cáñamo:** La fibra de cáñamo es un producto natural proveniente de una planta que tiene como principal característica que es de fácil y rápido crecimiento, esta planta tarda entre 100 a 120 días en llegar a los 4 metros de altura, no permite que las malas hierbas crezcan alrededor, por lo tanto, no requiere productos químicos para su protección en la etapa de crecimiento. Como mencionamos anteriormente el hecho de que la materia prima sea una planta contrarresta las emisiones de CO<sup>2</sup> producidas en su proceso de

producción (Thermo Hemp, 2013).

La composición del material en una matriz hecha con la fibra de la planta de cáñamo, se distribuye en paneles flexibles, lo cual permite la instalación en paredes, pisos y cubiertas, permitiendo la instalación en un edificio de nueva construcción y de rehabilitaciones de edificios viejos, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material–.

• **Balas de paja:** La conductividad térmica de este material depende de la densidad de la bala, de la orientación de las fibras —verticales o paralelas al paso de flujo de calor— y la humedad de la paja utilizada. Cuando la paja está colocada de canto —0,045 W/m°C— funciona mejor como aislamiento que cuando están colocadas planas —0,065 W/m°C—, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material– esto se debe a la orientación de los tallos (RCP, 2013). En las balas de paja que están colocadas al canto la cámara de aire que forman los tallos tubulares no tienen contacto directo con el entorno, mientras que en las planas si lo tienen (CCBP, 1993).

A nivel térmico, la desventaja que puede generar construir con balas de paja, es que este material no tiene inercia térmica gracias a lo ligero que es, y como se utiliza para reemplazar la capa

estructural de la envolvente, perdemos esta propiedad. Al contrario, con otros materiales aislantes vegetales, explicados anteriormente, podemos combinar la capa aislante con capas de materiales estructurales que tengan inercia térmica, y de esta manera complementar las propiedades físicas.

- **Celulosa:** Este material aislante se obtienen a partir de papel de periódico reciclado. Ya que el papel periódico proviene de los árboles, estos constituyen la principal fuente de fibras naturales para más del 90% de la producción de celulosa, dándole a esta materia prima una segunda vida útil.

Este material reciclado se muele hasta hacer una especie de pasta añadiendo sales de bórax —anti hongos, insecticida e ignífugo—. Este material se puede insuflar directamente a una cámara o se proyecta húmedo sobre el paramento a aislar. Esto lo hace muy favorable para proyectos de rehabilitación donde el objetivo es reemplazar el espacio de una cámara de aire con aislamiento térmico (Ecohabitar, 2011).

Es un potente aislante, no sólo térmico sino acústico, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material. Su mayor ventaja es que equilibra puntos de temperatura a la vez que tiene una gran potencia de amortización y

almacenamiento térmico, se comporta de forma anti cíclica durante 12 horas. Como características principales cabe destacar sus cualidades higroscópicas, su resistencia al fuego y la posibilidad de reciclaje o reutilización.

- **Fibra de lino:** El lino es una planta de cultivo fácil y de bajo impacto. Al igual que los aislantes térmicos de fibra de cáñamo, la materia prima de este producto proviene de una planta la cual contribuye de la misma manera en el ciclo de vida del material y del edificio en el que se aplica (Ecohabitar, 2011).

Este material es un excelente aislante térmico, tiene buena capacidad de regulación hidrométrica, sin disminuir de las cualidades aislantes, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material. Es no irritante, es reciclable, con buena resistencia mecánica, y estable en el tiempo. El formato de producción es en paneles, rollos o proyectado, con una composición de 85% de fibra de lino y 15% de fibras termofusibles de poliéster (Ecohabitar, 2011). Su sistema de instalación es por medio de unas grapas que fijan el panel a una subestructura de madera, las mismas no se aconsejan fijar a subestructuras metálicas.

- **Fibra de coco:** Esta fibra proviene de la cáscara externa de los cocos con un procesamiento

mínimo y sin aditivos. La misma es un producto natural inodoro, tiene buenas propiedades térmicas y acústicas, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material. Es una de las pocas fibras naturales que es altamente resistente a la putrefacción, por lo tanto, tiene gran durabilidad en el tiempo.

A pesar de que provienen de un árbol y le da uso a un residuo de su fruto, dependiendo de dónde esté ubicado el proyecto de construcción puede tener gran impacto ecológico, ya que estas frutas provienen de climas tropicales y esto puede impactar el transporte de la materia prima a la planta de producción del material y luego al lugar de construcción (Ecohabitar, 2011).

- **Algodón:** La fibra de algodón proviene de una planta que se cultiva en regiones cálidas, esta planta es de fácil cultivo y de bajo impacto. La fibra generada está caracterizada por su gran resistencia, facilidad en el trenzado y teñido, por lo cual es muy utilizada en la industria textil.

Aprovechando la tradición de la industria textil y el medio de fabricación llamado humedecido y prensado de fibras, hay varias empresas que lo fabrican como aislante térmico y acústico para ser utilizados en el sector de la construcción (JFS Arquitectos, 2010).

El formato de producción es en mantas, placas o granel, con distintas densidades, grosores y propiedades térmicas. Los mismos se fabrican con 75% de algodón virgen y con 25% de fibra de algodón textil reciclado (Ecohabitar, 2011). El producto resultante tiene muy baja conductividad térmica lo cual permite que abrigue eficientemente todo tipo de edificios de obra nueva y rehabilitación, ver tablas comparativas que contienen la información técnica del material.

- **Lana de Oveja:** La lana es una fibra natural que proviene de las ovejas la cual cuenta con propiedades aislantes, gran capacidad para absorber la humedad, y es muy ligero lo cual ayuda en su instalación. La lana se trata con ignífugas, antiácaros y fungicidas, para que tenga resistencia al fuego, hongos y plagas. Además, se puede considerar un material renovable, ya que la lana de oveja se renueva con gran facilidad (AISLECO, 2013).

Este tipo de material es práctico y flexible, de fácil instalación en pisos, paredes y cubiertas. El material se distribuye en formato de láminas de diferentes grosores, con un promedio de conductividad térmica de 0,040 W/mk. La separación es mínima en el momento de la demolición del edificio.

A nivel térmico, la desventaja que puede generar construir con balas de paja, es que este material no tiene inercia térmica gracias a lo ligero que es, y como se utiliza para reemplazar la capa estructural de la envolvente, perdemos esta propiedad. Al contrario, con otros materiales aislantes vegetales, explicados anteriormente, podemos combinar la capa aislante con capas de materiales estructurales que tengan inercia térmica, y de esta manera combinar las propiedades físicas.

Para que un edificio sea realmente sostenible, y tenga bajo impacto sobre el medio ambiente, debemos tomar en cuenta el análisis del ciclo de vida del edificio y por lo tanto de los materiales que se utilizan en él. Por lo tanto, es importante a la hora de seleccionar el material aislante que tomemos en cuenta sus niveles de transmitancia térmica, y también la energía incorporada a los mismos.

Al analizar el funcionamiento sostenible que tiene el material debemos conocer todo su ciclo de vida, y se debe compensar la energía que ahorran a lo largo de la vida del edificio con la que fue utilizada para la creación del material. Es por esta razón que los materiales aislantes que provienen de materiales vegetales son tan importantes para la construcción sostenible, ya que nos proveen de bajos niveles de energía gris en la etapa de producción, buenos niveles de transmitancia térmica

en la etapa de uso, y son reciclables, reutilizables y biorgánicos para la etapa de demolición.

Para concluir se aconseja que los arquitectos y técnicos interesados en reducir el impacto de sus edificios sobre el medio ambiente investiguen y utilicen estos materiales ya que aportan posibilidades de disminuir la huella ecológica de nuestros edificios, y también proveen gran competitividad a nivel de costes, formatos de instalación, niveles de transmitancia, entre otros, con respecto a los materiales aislantes que no provienen de productos vegetales.





## **7. CALCULOS**

- a. Cálculos del valor de la U de las tipologías base y sus mejoras**
  
- b. Hojas de cálculos / Respaldo de resultados**
  
- c. Cálculo de factor de corrección para el cálculo del Impacto Económico en la etapa de Producción de Materiales.**



**7- a. CÁLCULOS DEL VALOR DE LA U DE  
LAS TIPOLOGÍAS BASE Y SUS MEJORAS**

Tabla 57\_

**Título:**Tabla Tipologías seleccionadas (base y mejoras)

**Descripción:** La siguiente tabla explica la selección de las tipologías base y los materiales que las componen

**Fuente:** Imagen creada por autor de documento

TIPOLOGIAS						
Componentes y materiales de las tipologías analizadas						
U	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	355 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla
Aislante térmico	-	EPS	-	EPS	EPS	EPS
Cámara de Aire	-	-	Aire Ventilada	-	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-	-
Aislamiento termico	-	EPS	-	-	-	-
Hoja Interior	Arcilla Térmica	Lamina de madera contra enchapada	Arcilla Térmica	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior	-	-	-	-	-	-
U	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,28 W/m <sup>2</sup> -K	0,27 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor	330 mm	200 mm	700 mm	334 mm	434 mm	434 mm
Acabado exterior	-	-	-	-	-	-
Hoja Exterior	Hormigón Celular	Lamina de madera contra enchapada	Hormigón Celular	Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla
Aislante térmico	-	Lana Mineral	-	Lana Mineral	Lana Mineral	Lana Mineral
Cámara de Aire	-	-	Aire / Ventilada	-	-	Aire Ventilada
Sub-estructura	-	Lamina de madera contra enchapada	-	-	-	-
Aislamiento termico	-	Lana Mineral	-	-	-	-
Hoja Interior	Hormigón Celular	Lamina de madera contra enchapada	Hormigón Celular	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior	-	-	-	-	-	-
U		0,28 W/m <sup>2</sup> -K		0,27 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K	0,29 W/m <sup>2</sup> -K
Grosor		170 mm		324 mm	414 mm	414 mm
Acabado exterior		-		-	-	-
Hoja Exterior		Lamina de madera contra enchapada		Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla	Ladrillo ceramico de arcilla
Aislante térmico		Fibra de Madera		Fibra de Madera	Fibra de Madera	Fibra de Madera
Cámara de Aire		-		-	-	Aire Ventilada
Sub-estructura		Lamina de madera contra enchapada		-	-	-
Aislamiento termico		Fibra de Madera		-	-	-
Hoja Interior		Lamina de madera contra enchapada		Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon	Bloque prefabricado de Hormigon
Acabado Interior		-		-	-	-

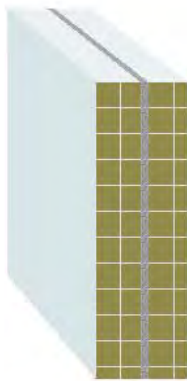
# A.2 - Base



Documentation of the component  
 Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946  
 Source: **own catalogue - External walls**  
 Component: **EW - A.2**

31. August 2016  
 Page 1/2

OUTSIDE INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1 Own catalogue	Thermal Clay	0.1750	0.100	<b>F</b>	1.7500
<input checked="" type="checkbox"/>	2 Generic Building Materials	Limestone mortar	0.0300	0.700	<b>D</b>	0.0429
<input checked="" type="checkbox"/>	3 Own catalogue	Thermal Clay	0.1500	0.100	<b>F</b>	1.5000
		Rsi				0.1300
<b>0.3550</b>						

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.46 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

U<sub>max</sub> = 0.30 W/(m²K)      U = 0.29 W/(m²K)      R<sub>T</sub> = 3.46 m²K/W

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New



## B.2.1.2 - Base

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

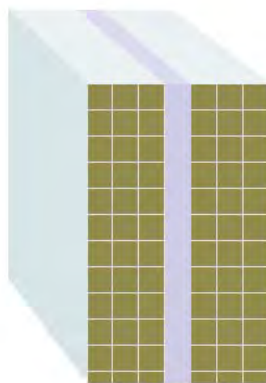
Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.1.2**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
		Limitation because of weakly ventilated air layers				0.15
<input type="checkbox"/>	1	Own catalogue	Thermal Clay	0.3000	0.100	<b>F</b> 3.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	2	BS EN ISO 6946	Slightly vent. air layer: 100 mm, hor. heat flow	0.1000	1.111	<b>D</b> 0.0900
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Own catalogue	Thermal Clay	0.3000	0.100	<b>F</b> 3.0000
		Rsi				0.1300
						<b>0.7000</b>

was not taken into consideration in the calculation

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.41 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = \boxed{0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

$$U = \boxed{0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})} \quad R_T = \boxed{3.41 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5



## B.2.3.1 - Base

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.3.1**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770	<b>D</b> 0.1325
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Generic Building Materials	Expanded polystyrene (EPS) - Variable thickness	0.1300	0.040	<b>D</b> 3.2500
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²:	2.5/m²	17.000	<b>D</b> -
		Fixings	equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800			
		Air gaps	Level 1: dU <sup>air</sup> = 0.01 W/(m²K)			
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	<b>D</b> 0.1821
		Rsi				0.1300
<b>0.3340</b>						

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Correction to U-value for	according to	delta U [W/(m²K)]
Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.018
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.008
		0.026

$$U = 1/R_T + \sum \Delta U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad R_T = 3.73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.2.3.2 - Base

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

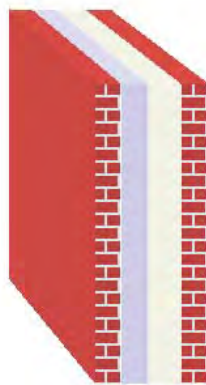
Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.3.2**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770	<b>D</b> 0.1325
<input checked="" type="checkbox"/>	2	BS EN ISO 6946	Slightly vent. air layer: 100 mm, hor. heat flow	0.1000	1.111	<b>D</b> 0.0900
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Generic Building Materials	Expanded polystyrene (EPS) - Variable thickness	0.1300	0.040	<b>D</b> 3.2500
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²: 2.5/m²		17.000	<b>D</b> -
		Fixings	equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800			
		Air gaps	Level 1: dU" = 0.01 W/(m²K)			
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	<b>D</b> 0.1821
		Rsi				0.1300
						<b>0.4340</b>

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.82 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Correction to U-value for	according to	delta U [W/(m²K)]
Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.018
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.007
		0.025

$$U = 1/R_T + \sum \Delta U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad R_T = 3.82 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## A.2 - Mejora

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - A.2**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Own catalogue	Aerated Concrete Block	0.1500	0.090	1.6667
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Generic Building Materials	Limestone mortar	0.0300	0.700	0.0429
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Own catalogue	Aerated Concrete Block	0.1500	0.090	1.6667
		Rsi				0.1300
<b>0.3300</b>						

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.55 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$U = 0.28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad R_T = 3.55 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

# B.1.3.1 - Mejora 1

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.1.3.1**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	BS EN 12524	Plywood [1000 kg/m³]	0.0250	0.240	<b>D</b> 0.1042
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Generic Building Materials	Mineral wool blown	0.1000	0.040	<b>D</b> 2.5000
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²: equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800	2.5/m²	17.000	<b>D</b> -
		Air gaps	Level 1: dU* = 0.01 W/(m²K)			
<input checked="" type="checkbox"/>	3	BS EN 12524	Plywood [1000 kg/m³]	0.0250	0.240	<b>D</b> 0.1042
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Generic Building Materials	Mineral wool blown	0.0500	0.040	<b>D</b> 1.2500
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²: equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800	2.5/m²	17.000	<b>D</b> -
		Air gaps	Level 1: dU* = 0.01 W/(m²K)			
		Rsi				0.1300
<b>0.2000</b>						

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 4.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Correction to U-value for	according to	delta U [W/(m²K)]
Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.033
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.005
		0.038

$$U = 1/R_T + \sum \Delta U = 0.28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{max} = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U = 0.28 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad R_T = 4.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of Umax value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.2.1.2 - Mejora

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.1.2**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
	Rse				0.0400
	Limitation because of weakly ventilated air layers				0.15
<input type="checkbox"/> 1	Own catalogue	Aerated Concrete Block	0.3000	0.090 <b>E</b>	3.3333
<input checked="" type="checkbox"/> 2	BS EN ISO 6946	Slightly vent. air layer: 100 mm, hor. heat flow	0.1000	1.111 <b>D</b>	0.0900
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Own catalogue	Aerated Concrete Block	0.3000	0.090 <b>E</b>	3.3333
	Rsi				0.1300
					<b>0.7000</b>

was not taken into consideration in the calculation

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.74 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$U = 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad R_T = 3.74 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.2.3.1 - Mejora 1

BuildDesk U 3.4

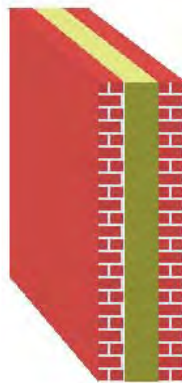


Documentation of the component  
 Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946  
 Source: **own catalogue - External walls**  
 Component: **EW - B.2.3.1**

31. August 2016  
 Page 1/2

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770	<b>D</b> 0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Generic Building Materials	Mineral wool blown	0.1300	0.040	<b>D</b> 0.1325
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²: 2.5/m²		17.000	<b>D</b> -
		Fixings	equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800			
		Air gaps	Level 1: dU" = 0.01 W/(m²K)			
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	<b>D</b> 0.1821
		Rsi				0.1300
						<b>0.3340</b>

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Correction to U-value for	according to	delta U [W/(m²K)]
Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.018
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.008
		0.026

$$U = 1/R_T + \sum \Delta U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad R_T = 3.73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.2.3.2 - Mejora 1

BuildDesk U 3.4

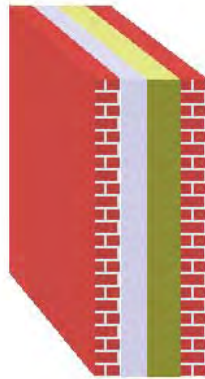


Documentation of the component  
 Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946  
 Source: **own catalogue - External walls**  
 Component: **EW - B.2.3.2**

31. August 2016  
 Page 1/2

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		R <sub>se</sub>				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770	<b>D</b> 0.1325
<input checked="" type="checkbox"/>	2	BS EN ISO 6946	Slightly vent. air layer: 100 mm, hor. heat flow	0.1000	1.111	<b>D</b> 0.0900
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Generic Building Materials	Mineral wool blown	0.1300	0.040	<b>D</b> 3.2500
		Fixings	Vertical Twist stainless steel No./m²: 2.5/m²		17.000	<b>D</b> -
		Fixings	equivalent diameter: 0.0101 m / alpha: 0.800			
		Air gaps	Level 1: dU" = 0.01 W/(m²K)			
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	<b>D</b> 0.1821
		R <sub>si</sub>				0.1300
						<b>0.4340</b>

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.82 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Correction to U-value for	according to	delta U [W/(m²K)]
Mechanical fasteners	BS EN ISO 6946 Annex D	0.018
Air gaps	BS EN ISO 6946 Annex D	0.007
		0.025

$$U = 1/R_T + \sum \Delta U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U = 0.29 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad R_T = 3.82 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.1.3.1 - Mejora 2

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.1.3.1**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	BS EN 12524	Plywood [1000 kg/m³]	0.0250	0.240 <b>D</b>	0.1042
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Wood Fibre Insulation	Wood Fibre Insulation	0.0700	0.038 <b>F</b>	1.8421
<input checked="" type="checkbox"/>	3	BS EN 12524	Plywood [1000 kg/m³]	0.0250	0.240 <b>D</b>	0.1042
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Wood Fibre Insulation	Wood Fibre Insulation	0.0500	0.038 <b>F</b>	1.3158
		Rsi				0.1300
						<b>0.1700</b>

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q ... The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** ... A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** ... B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** ... C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** ... D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** ... E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$U = 0.28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad R_T = 3.54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5



## B.2.3.1 - Mejora 2

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

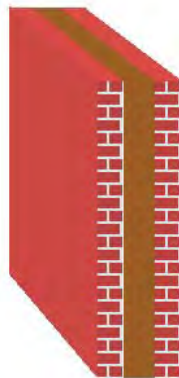
Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.3.1**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		Rse				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Limestone mortar (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770 <b>D</b>	0.1325
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Wood Fibre Insulation	Wood Fibre Insulation	0.1200	0.038 <b>E</b>	3.1579
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Limestone mortar (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560 <b>D</b>	0.1821
		Rsi				0.1300
			<b>0.3240</b>			

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$U = 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \quad R_T = 3.64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5

## B.2.3.2 - Mejora 2

BuildDesk U 3.4



Documentation of the component

31. August 2016

Thermal transmittance (U-value) according to BS EN ISO 6946

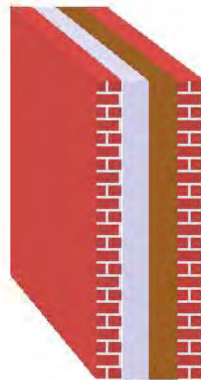
Page 1/2

Source: **own catalogue - External walls**

Component: **EW - B.2.3.2**

OUTSIDE

INSIDE



Assignment: External wall

	Manufacturer	Name	Thickness [m], number	Lambda [W/(mK)]	Q	R [m²K/W]
		R <sub>se</sub>				0.0400
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Generic Building Materials	Brick outer leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.770	<b>D</b> 0.1325
<input checked="" type="checkbox"/>	2	BS EN ISO 6946	Slightly vent. air layer: 100 mm, hor. heat flow	0.1000	1.111	<b>D</b> 0.0900
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Wood Fibre Insulation	Wood Fibre Insulation	0.1100	0.038	<b>E</b> 2.8947
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Generic Building Materials	Brick inner leaf & Mortar outer leaf (f = 0.000 / automatic disregarding acc. BRE 4.4.3)	0.1020	0.560	<b>D</b> 0.1821
		R <sub>si</sub>				0.1300
<b>0.4140</b>						

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 3.47 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_T = 0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

- Q .. The physical values of the building materials has been graded by their level of quality. These 5 levels are the following
- A** .. A: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is continuously tested by 3rd party.
  - B** .. B: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier. Data is certified by 3rd party
  - C** .. C: Data is entered and validated by the manufacturer or supplier.
  - D** .. D: Information is entered by BuildDesk without special agreement with the manufacturer, supplier or others.
  - E** .. E: Information is entered by the user of the BuildDesk software without special agreement with the manufacturer, supplier or others.

$$U_{\max} = \boxed{0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

$$U = \boxed{0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})} \quad R_T = \boxed{3.47 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

Source of U<sub>max</sub> value: England and Wales Approved Document L1A 2010 Tab 2 Dwellings New

Calculated with BuildDesk 3.4.5



**7- b. HOJAS DE CÁLCULOS // RESPALDO  
DE RESULTADOS**

Tipología Base A.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior	54.81	572.71	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10

MJ	kWh
1.00	0.27

Capítulos	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Fundaciones	46.75	131.87	11.53
Saneamiento	7.72	21.73	1.90
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior	54.81	154.63	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	29.39	2.57
Rebozado	16.88	47.58	4.16
Pavimento	23.07	65.08	5.69
Instalaciones	21.22	59.82	5.23
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Cerrajería	13.15	37.06	3.24
Yesería	8.07	22.76	1.99
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
Varios	0.33	1.14	0.10

<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>4,236.00</b>	<b>100.00</b>
--------------	---------------	-----------------	---------------

<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>1,143.72</b>	<b>100.00</b>
--------------	---------------	-----------------	---------------

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior	54.81	572.71	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95

<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>2,802.54</b>	<b>66.16</b>
--------------	---------------	-----------------	--------------

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior	54.81	154.63	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	29.39	2.57
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95

<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>756.69</b>	<b>66.16</b>
--------------	---------------	---------------	--------------

Referencia: ACV edificio Tossa de Mar  
 (SO, 2006) Societat Organica. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>  
 (SAas, 2008) Sabatés associats Arquitectura i Sostenibilitat. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar>

Tipología Base A.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Tipología A.2 - Termo Arcilla - Envoltante pesada, unicapa, con Inercia Térmica  
 Fase 01: Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (Kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético o kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Termo Arcilla	0.175	500.000	16.58	5.80	9,284.80	6,267.24	378.00	2,042.66	123.20
Hoja intermedia										
Hoja interior	Termo Arcilla	0.150	500.000	16.58	5.80	9,284.80	6,267.24	378.00	2,042.66	123.20
<b>TOTAL</b>								<b>756.00</b>		<b>246.40</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Termo Arcilla	1600	16.58	5.80	9284.8	1	9284.8	0.68	0.22

Tipología A.2 - Envoltante pesada, unicapa, con Inercia Térmica  
 Fase 01: Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (Kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético o kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Hormigón Celular	0.150	500.000	16.58	5.80	13,927.20	13,537.24	816.48	1,810.54	109.20
Hoja intermedia										
Hoja interior	Hormigón Celular	0.150	500.000	16.58	5.80	13,927.20	13,537.24	816.48	1,810.54	109.20
<b>TOTAL</b>								<b>1,632.96</b>		<b>218.40</b>

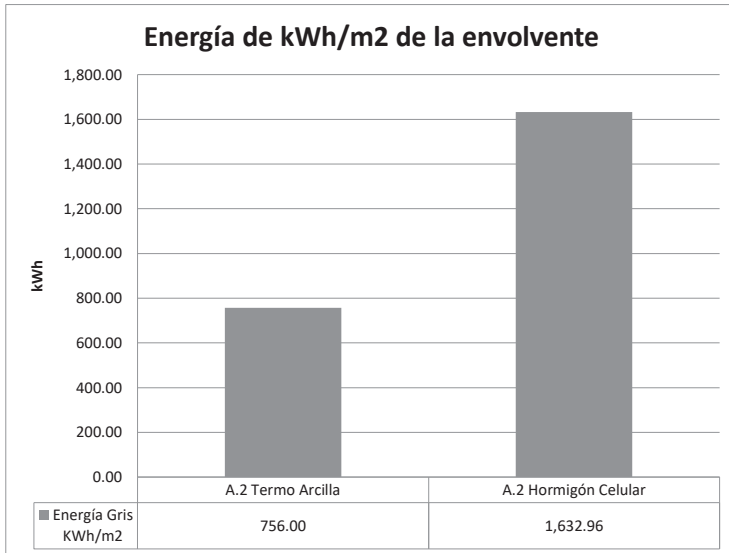
	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Hormigón Celular	2400	16.58	5.80	13927.2	1	13927.2	0.97	0.13

Referencia: Base de datos ICE. (ICE, 2008) ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/serf/> [on-line access between March 2011 - November 2012]. Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs: Energy, in press.

Tipología Base A.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

	Tipología	Descripción	Envolvente sola	Total edificio
			Energía Gris KWh/m2	Energía Gris KWh/m2
Base	A.2 Termo Arcilla	Envolvente pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,24 W/m2-K	756.00	1,328.66
Mejora	A.2 Hormigón Celular	Envolvente pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,22 W/m2-K	1,632.96	2,205.62

1.1



**Conclusión:**

En este gráfico se puede ver con claridad que el EPS tiene 1,2 veces más impacto que los aislamientos de origen natural. También podemos notar que aunque la fibra de madera tiene menos impacto que la lana mineral, la diferencia del impacto entre estos dos materiales no es suficientemente relevante como para recomendar uno u otro. Lo que sí vale la pena recomendar es la utilización de materiales de origen natural en las fachadas.

El material aislante térmico es muy importante en el desempeño del edificio ubicados en climas fríos y/o estacionales. Por lo tanto es importante recordar que aunque la buena selección de materiales aislantes puede reducir el impacto medio ambiental del edificio en su etapa de uso, escoger un material con baja energía incorporada, bajo

ACV Base - BOX 1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>246.40</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>448.44</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 2		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>218.40</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>420.44</b>	<b>66.16</b>

Tipología Base A.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Uso

Base- A.2- Termo Arcilla		m2 del edificio		15					
Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-46.29	-112.00	5.96	122.25	128.21	-45.23	-3.16	0.00	229.75
FEBRERO	-42.50	-94.19	5.33	124.83	130.16	-39.10	-6.64	-5.44	172.29
MARZO	-40.85	-86.01	5.72	128.99	134.71	-40.38	-14.36	-8.80	156.55
ABRIL	-38.01	-76.44	5.39	119.28	124.67	-34.19	-14.97	-18.98	80.89
MAYO	-30.26	-59.79	5.03	110.37	115.40	-27.14	-24.07	-98.77	30.50
JUNIO	-18.08	-27.92	4.50	99.74	104.23	-17.88	-16.87	-108.30	10.90
JULIO	-6.86	4.95	4.55	111.74	116.29	-11.78	-13.44	-280.25	0.00
AGOSTO	-2.70	19.50	4.55	121.90	126.45	-10.91	-14.56	-282.56	0.00
SEPTIEMBRE	-13.86	-12.12	4.42	118.68	123.10	-17.88	-21.45	-180.55	120.59
OCTUBRE	-24.61	-50.21	4.87	125.33	130.19	-29.39	-32.26	-70.26	190.25
NOVIEMBRE	-28.22	-74.66	5.50	100.14	105.64	-34.71	-9.89	-5.50	207.59
DICIEMBRE	-43.28	-102.56	5.97	115.25	121.21	-38.22	-2.11	0.00	389.90
DATOS ANUALES	-335.53	-671.46	61.80	1398.49	1460.28	-346.80	-173.76	-1059.41	1589.21
RATIO POR m2								-70.63	105.95
TOTAL DE DEMANDA X m2									176.57

Gas energía primaria  
Electricidad Energía primaria

1  
2.5

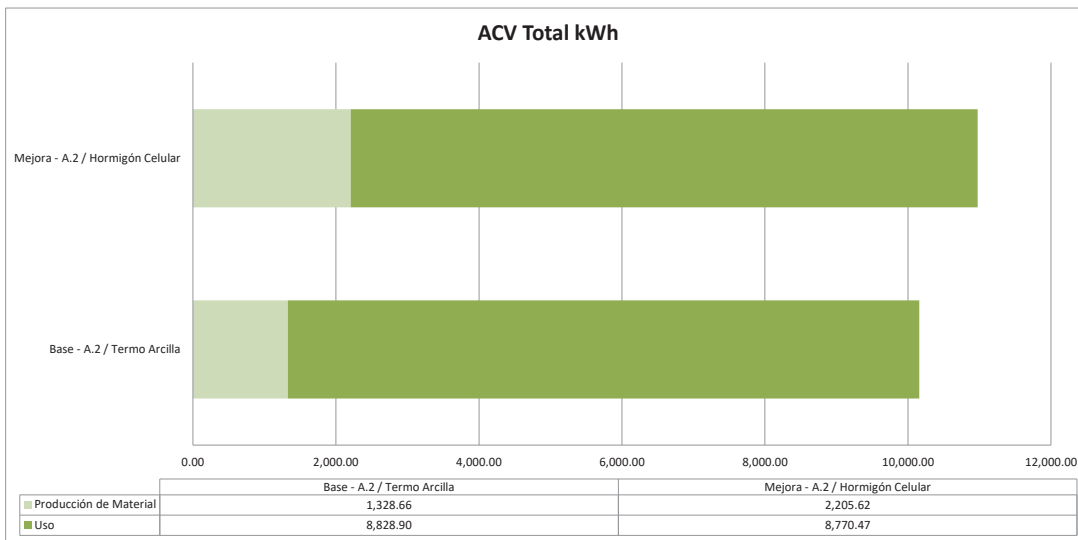
Mejora- A.2- Hormigón Celular		m2 del edificio		15					
Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-43.95	-110.55	5.96	122.25	128.20	-45.55	-3.94	0.00	227.77
FEBRERO	-39.42	-92.56	5.32	124.83	130.15	-39.50	-7.80	-4.44	175.28
MARZO	-38.84	-85.27	5.69	128.99	134.69	-40.77	-15.21	-9.70	156.00
ABRIL	-34.63	-74.55	5.36	119.28	124.63	-34.69	-15.90	15.90	80.89
MAYO	-27.64	-57.75	5.02	110.37	115.39	-27.28	-24.61	-100.77	32.50
JUNIO	-15.82	-25.85	4.50	99.74	104.24	-17.91	-16.60	-108.30	8.90
JULIO	-6.79	4.90	4.55	111.74	116.29	-11.82	-13.47	-260.25	0.00
AGOSTO	-3.51	18.62	4.55	121.90	126.45	-10.93	-14.59	-282.55	0.00
SEPTIEMBRE	-13.47	-11.71	4.42	118.68	123.10	-17.91	-21.48	-190.73	121.60
OCTUBRE	-24.85	-49.79	4.89	125.33	130.22	-29.15	-31.93	-95.73	189.24
NOVIEMBRE	-29.45	-75.32	5.50	100.14	105.64	-34.59	-9.96	-15.88	206.59
DICIEMBRE	-40.37	-101.34	5.96	115.25	121.21	-38.74	-2.47	0.00	380.00
DATOS ANUALES	-318.73	-661.17	61.73	1398.49	1460.22	-348.84	-177.97	-1052.45	1578.77
RATIO POR m2								-70.16	105.25
TOTAL DE DEMANDA X m2									175.41

Referencia:  
Simulación energética con el software Design Builder

Tipología Base A.2 - ACV-Ambiental/Total

Cant Años de Uso	50
------------------	----

Tipología	Descripción	Producción de Material		Uso	
		KWh/Kg		KWh/m2	
Base - A.2 / Termo Arcilla	BOX 1.0 -Tipología A.2 - Envoltante pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,24 W/m2-K	1,328.66		8,828.90	
Mejora - A.2 / Hormigón Celular	BOX 1.1 -Tipología A.2 - Envoltante pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,22 W/m2-K	2,205.62		8,770.47	



**ETAPA DE PRODUCCION DE MATERIAL E INSTALACION**

Capitulos involucrados en el modelo BOX	€/m2
Estructura	495.00
<b>Muro Exterior</b> Albañilería-Aislamiento e Impermeabilización	
Carpintería	269.50
Acristalamiento	364.10
Protección solar	85.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,214.40</b>

**BOX 1.0 -A.2**

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de ladrillo ceramico	Ladrillo ceramico de thermo arcilla, cara vista perforado hidrofugado, color rojo, acabado liso, 24x11, 5x5 cm, resistencia a compresion 20 N/mm2.	0.200	46.56	771.96
Hoja interior - cerramiento de madera	Ladrillo ceramico de thermo arcilla, cara vista perforado hidrofugado, color rojo, acabado liso, 24x11, 5x5 cm, resistencia a compresion 20 N/mm2.	0.20	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>			<b>93.12</b>	<b>1,543.93</b>

<b>TOTAL</b>	<b>1,307.52</b>
--------------	-----------------

**87.17** Coste del Modelo Box/m2

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado Termo Arcilla	16.58	80

**BOX 1.1 -A.2**

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - hormigón celular	Panel prefabricado, liso, de hormigón celular armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud maxima, acabado liso	0.200	12.80	212.22
Hoja interior - hormigón celular	Panel prefabricado, liso, de hormigón celular armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud maxima, acabado liso	0.20	12.80	212.22
<b>TOTAL</b>			<b>25.60</b>	<b>424.45</b>

<b>TOTAL</b>	<b>1,240.00</b>
--------------	-----------------

**82.67** Coste del Modelo Box/m2

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado hormigón celular	16.58	80

**ETAPA DE USO**

**BOX 1.0 - A.2**

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	70.63	0.141033	50	498.04
Consumo de Gas	105.95	0.0476245	50	252.28

<b>TOTAL</b>	<b>750.35</b>
--------------	---------------

**BOX 1.1 -Tipología A.2 - Envoltura pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,24**

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	70.16	0.141033	50	494.77
Consumo de Gas	105.25	0.0476245	50	250.63

<b>TOTAL</b>	<b>745.38</b>
--------------	---------------

**TOTAL CCV**

**BOX 1.0 -Tipología A.2 - Envoltura pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,24**

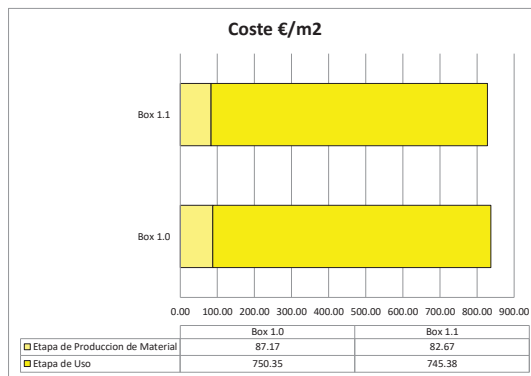
	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	87.17
Etapa de Uso	750.35
<b>TOTAL</b>	<b>837.52</b>

**BOX 1.1 -Tipología A.2 - Envoltura pesada, unicapa, con Inercia Termica // U= 0,24**

	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	82.67
Etapa de Uso	745.38
<b>TOTAL</b>	<b>828.05</b>

Box 1.0

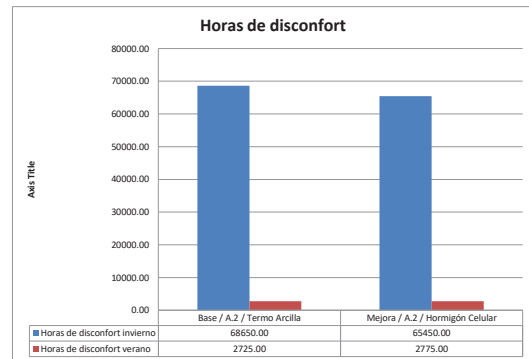
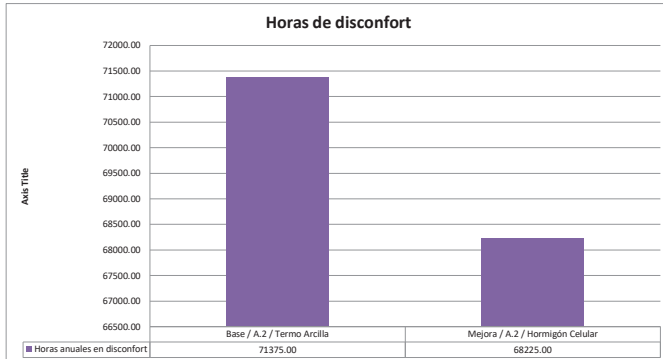
Box 1.1





DATOS DE CONFORT

HVAC	Confort	Base / A.2 / Termo Arcilla		Mejora / A.2 / Hormigón Celular		
		Horas anuales en disconfort	71375.00	68225.00		
		Horas de disconfort invierno	68650.00	65450.00		
		Horas de disconfort verano	2725.00	2775.00		



**Conclusión:**  
 En esta gráfica se puede identificar que el material aislante térmico de EPS produce entre 1,1 a 1,5 veces más de horas de disconfort en edificios ubicados en el clima de Barcelona.  
 Por lo tanto, tomando en consideración el impacto social en la etapa de uso, se recomienda escoger aislantes térmicos de origen natural.

Tipología B.1.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Albañilería	54.81	572.71	13.52
Muro Exterior Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>4,236.00</b>	<b>100.00</b>

MJ	kWh
1.00	0.27

Capítulos	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Fundaciones	46.75	131.87	11.53
Saneamiento	7.72	21.73	1.90
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior Albañilería	54.81	154.63	13.52
Muro Exterior Aislamiento e Impermeabilización	10.41	29.39	2.57
Rebozado	16.88	47.58	4.16
Pavimento	23.07	65.08	5.69
Instalaciones	21.22	59.82	5.23
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Cerrajería	13.15	37.06	3.24
Yesería	8.07	22.76	1.99
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
Varios	0.33	1.14	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>1,143.72</b>	<b>100.00</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	681.57	16.09
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>292.21</b>	<b>3,063.05</b>	<b>72.31</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	184.02	16.09
Rebozado	16.88	47.58	4.16
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Yesería	8.07	22.76	1.99
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>292.21</b>	<b>827.02</b>	<b>72.31</b>

Referencia: ACV edificio Tossa de Mar  
(SO, 2006) Societat Organica. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en>  
(SAas, 2008) Sabatè associats Arquitectura i Sostenibilitat. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar>

Tipología B.1.3.1 - ACV-Ambiental Etapa de Producción de Materiales

Tipología B.1.3.1 Base - Envoltorio ligero multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire

Fase 01 - Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con cara de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.10	20.00	16.58	1.66	33.16	793.25	47.84	82.90	5.00
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con cara de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.05	15.00	16.58	0.66	9.95	237.58	14.35	24.87	1.50
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
<b>TOTAL</b>								<b>148.20</b>		<b>36.88</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Madera de contrachapado	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25	2.30	0.81
EPS 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16	23.92	2.50
EPS 40mm	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948	23.92	2.50

Tipología B.1.3.1 Mejora 1 - Envoltorio ligero multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire

Fase 01 - Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.10	20.00	16.58	1.66	33.16	548.62	8.96	39.79	2.40
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.05	15.00	16.58	0.66	9.95	44.59	2.69	11.94	0.72
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
<b>TOTAL</b>								<b>97.72</b>		<b>33.50</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Madera de contrachapado	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25	2.30	0.81
Lana Mineral 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16	4.48	1.20
Lana Mineral 40mm	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948	4.48	1.20

Tipología B.1.3.1 Mejora 2 - Envoltorio ligero multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire

Fase 01 - Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

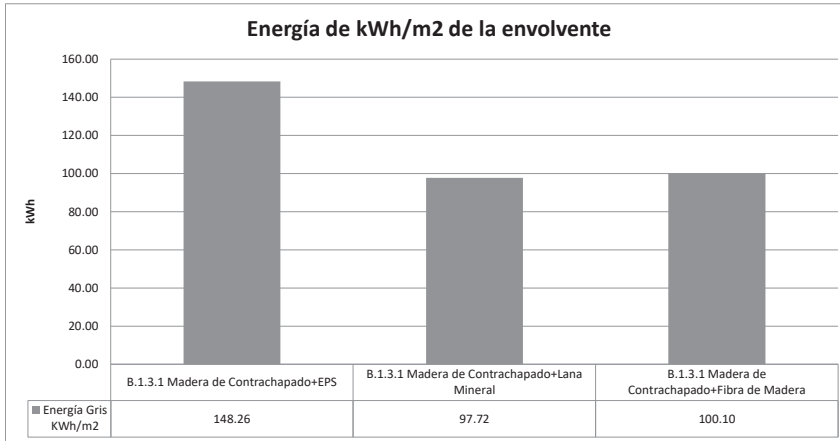
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Fibra de Madera	0.07	20.00	16.58	1.66	33.16	179.06	10.80	32.50	1.96
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
Aislamiento Térmico	Fibra de Madera	0.05	15.00	16.58	0.66	9.95	53.72	3.24	9.75	0.59
Hoja interior - cerramiento de madera	Madera de contrachapado	0.025	500.000	16.58	0.41	207.25	475.64	28.69	167.87	10.13
<b>TOTAL</b>								<b>100.10</b>		<b>32.62</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Madera de contrachapado	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25	2.30	0.81
Fibra de Madera 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16	5.40	0.98
Fibra de Madera 40mm	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948	5.40	0.98

Referencia: Base de datos ICE. (ICE, 2008) ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/ice/> (on-line access between March 2011 - November 2012); Hammond, G.P. and C. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs: Energy, in press.

	Tipología	Descripción	Envolvente sola Energía Gris KWh/m <sup>2</sup>	Total edificio Energía Gris KWh/m <sup>2</sup>
Base	B.1.3.1 Madera de Contrachapado+EPS	Envolvente ligera multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22 W/m <sup>2</sup> -K	148.26	720.92
Mejora 1	B.1.3.1 Madera de Contrachapado+Lana Mineral	Envolvente ligera multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22 W/m <sup>2</sup> -K	97.72	670.38
Mejora 2	B.1.3.1 Madera de Contrachapado+Fibra de Madera	Envolvente ligera multi-capa sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22 W/m <sup>2</sup> -K	100.10	672.76

1.1



ACV- Ambiental - Base B.1.3.1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>36.88</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	61.23	15.10
Carpintería	2.90	0.71
Acristalamiento	12.09	3.23
Pinturas	7.92	1.95

<b>TOTAL</b>	<b>238.92</b>	<b>66.16</b>
--------------	---------------	--------------

ACV- Ambiental - Mejora 1- B.1.3.1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>33.50</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	61.23	15.10
Carpintería	2.90	0.71
Acristalamiento	12.09	3.23
Pinturas	7.92	1.95

<b>TOTAL</b>	<b>235.54</b>	<b>66.16</b>
--------------	---------------	--------------

ACV- Ambiental - Mejora 2- B.1.3.1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>32.92</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	61.23	15.10
Carpintería	2.90	0.71
Acristalamiento	12.09	3.23
Pinturas	7.92	1.95

<b>TOTAL</b>	<b>234.96</b>	<b>66.16</b>
--------------	---------------	--------------

Tipología B.1.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Uso

B.1.3.1- Base - Madera de Contrachapado+EPS	m2 del edificio	15
---	-----------------	----

Gas energía primaria 1  
Electricidad Energía pri 2.5

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramiento	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-25.07	-101.07	5.89	122.25	128.14	-48.47	-10.33	0.00	121.21
FEBRERO	-22.00	-61.00	5.19	124.83	130.02	-42.68	-18.02	0.00	106.47
MARZO	-20.00	-71.00	5.53	128.99	134.52	-44.21	-23.22	-70.01	75.52
ABRIL	-17.00	-62.00	5.13	119.28	124.41	-38.30	-24.45	-70.05	51.53
MAYO	-14.00	-42.00	4.90	110.37	115.27	-29.24	-29.43	-107.02	35.13
JUNIO	-10.00	-20.00	4.49	99.74	104.22	-18.57	-17.77	-207.01	2.00
JULIO	-8.00	-2.00	4.56	111.74	116.29	-12.16	-14.20	-420.01	0.00
AGOSTO	-10.00	6.00	4.55	121.90	126.45	-11.27	-15.27	-402.50	0.00
SEPTIEMBRE	-12.00	-17.00	4.42	118.68	123.10	-18.41	-22.49	-187.40	29.05
OCTUBRE	-16.00	-44.00	4.82	125.33	130.15	-30.51	-34.86	-126.20	52.20
NOVIEMBRE	-20.00	-76.00	5.41	100.14	105.54	-37.19	-14.47	0.00	108.18
DICIEMBRE	-25.00	-103.00	5.88	115.25	121.13	-42.17	-6.78	0.00	143.01
DATOS ANUALES	-199.07	-593.07	60.76	1398.49	1459.24	-373.16	-231.29	-1590.20	724.30
RATIO POR m2								-106.01	48.29

TOTAL DE DEMANDA X m2	154.30
-----------------------	--------

B.1.3.1- Mejora 1 -Madera de Contrachapado+Lana Mineral	m2 del edificio	15
---	-----------------	----

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramiento	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-20.00	-94.55	5.90	122.25	128.14	-47.89	-8.30	0.00	120.21
FEBRERO	-17.00	-79.49	5.20	124.83	130.03	-42.26	-14.83	0.00	89.47
MARZO	-15.00	-70.64	5.54	128.99	134.54	-43.67	-21.03	-60.12	70.61
ABRIL	-13.00	-62.14	5.15	119.28	124.43	-37.74	-22.52	-89.05	52.58
MAYO	-10.00	-45.58	4.90	110.37	115.27	-28.91	-28.48	-127.02	38.50
JUNIO	-9.69	-21.48	4.49	99.74	104.22	-18.31	-17.24	-192.20	0.00
JULIO	-6.00	5.09	4.56	111.74	116.29	-11.90	-13.56	-397.01	0.00
AGOSTO	-4.00	17.65	4.55	121.90	126.45	-10.99	-14.55	-402.50	0.00
SEPTIEMBRE	-9.00	-8.36	4.42	118.68	123.10	-18.12	-21.77	-183.40	29.87
OCTUBRE	-11.00	-40.42	4.82	125.33	130.15	-30.25	-33.98	-133.20	62.45
NOVIEMBRE	-14.00	-66.54	5.41	100.14	105.55	-36.83	-13.19	0.00	108.18
DICIEMBRE	-18.00	-88.68	5.89	115.25	121.14	-41.51	-4.70	0.00	150.01
DATOS ANUALES	-146.69	-555.12	60.83	1398.49	1459.31	-368.37	-214.15	-1584.50	721.88
RATIO POR m2								-105.63	48.13

TOTAL DE DEMANDA X m2	153.76
-----------------------	--------

B.1.3.1- Mejora 2- Madera de Contrachapado+Fibra de Madera	m2 del edificio	15
--	-----------------	----

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramiento	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-17.00	-92.00	5.93	122.25	128.18	-46.35	-5.16	0.00	120.21
FEBRERO	-15.00	-61.00	5.27	124.83	130.10	-40.59	-10.00	0.00	89.47
MARZO	-13.00	-68.00	5.62	128.99	134.61	-41.92	-17.25	-66.15	70.61
ABRIL	-12.00	-62.00	5.26	119.28	124.54	-35.98	-18.16	-97.07	52.53
MAYO	-10.00	-42.00	4.96	110.37	115.33	-27.95	-26.03	-145.15	45.50
JUNIO	-9.00	-19.00	4.50	99.74	104.23	-18.02	-16.54	-188.50	0.00
JULIO	-5.00	5.00	4.56	111.74	116.29	-11.81	-13.40	-377.51	0.00
AGOSTO	-4.00	16.00	4.55	121.90	126.45	-10.91	-14.46	-420.32	0.00
SEPTIEMBRE	-7.00	-9.00	4.42	118.68	123.10	-17.91	-21.36	-165.10	22.89
OCTUBRE	-11.99	-38.99	4.86	125.33	130.19	-29.45	-32.25	-121.90	61.45
NOVIEMBRE	-18.00	-66.00	5.46	100.14	105.60	-35.32	-10.76	0.00	104.14
DICIEMBRE	-19.00	-84.00	5.93	115.25	121.18	-39.73	-3.14	0.00	154.01
DATOS ANUALES	-140.99	-520.99	61.32	1398.49	1459.81	-355.93	-188.50	-1581.70	720.81
RATIO POR m2								-105.45	48.05

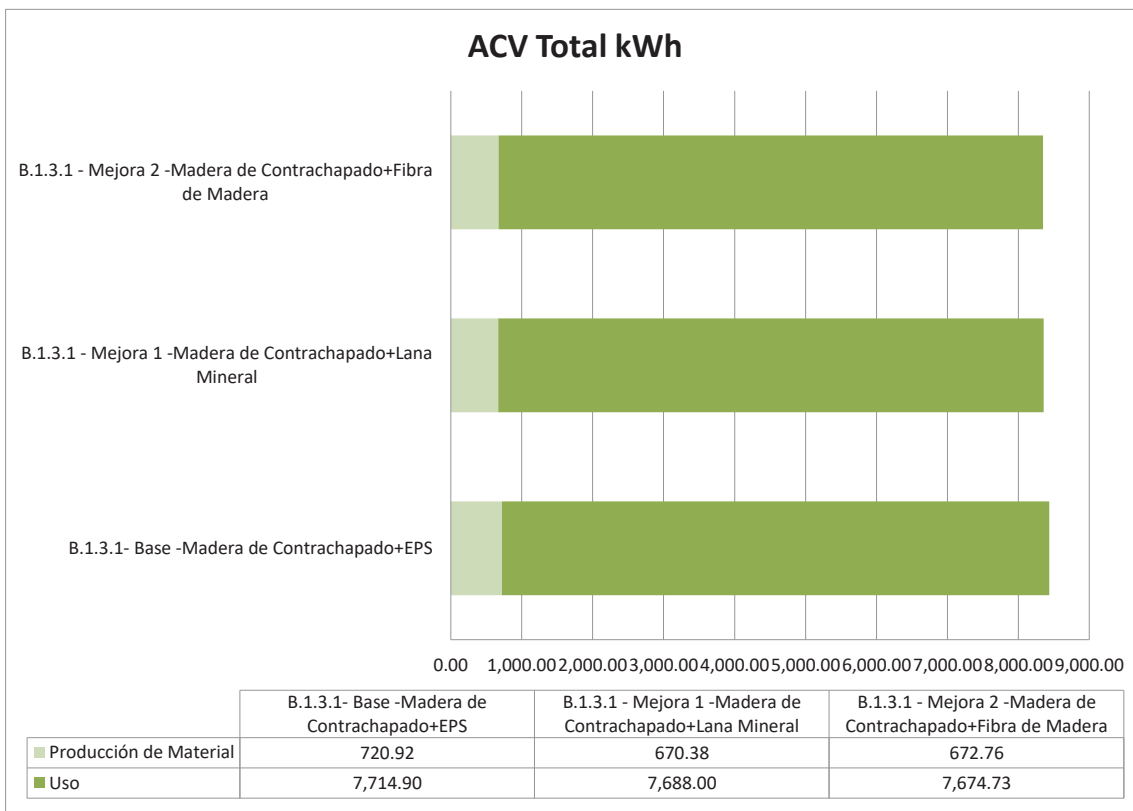
TOTAL DE DEMANDA X m2	153.50
-----------------------	--------

Referencia:  
Simulación energética con el software Design Builder

Tipología B.1.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Uso

Cant Años de Uso	50
------------------	----

Tipología	Descripción	Producción de Material	Uso
		KWh/m2	KWh/m2
B.1.3.1- Base -Madera de Contrachapado+EPS	Envolverte ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	720.92	7,714.90
B.1.3.1 - Mejora 1 -Madera de Contrachapado+Lana Mineral	Envolverte ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	670.38	7,688.00
B.1.3.1 - Mejora 2 -Madera de Contrachapado+Fibra de Madera	Envolverte ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	672.76	7,674.73



ETAPA DE PRODUCCION DE MATERIAL E INSTALACION

Capítulos involucrados en el modelo BOX	€/m2
Estructura	495.00
<b>Muro Exterior</b> Albanilería+ Aislamiento e Impermeabilización	
Carpintería	269.50
Acristalamiento	364.10
Protección solar	85.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,214.40</b>

**BOX 2.0 -B.1.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2.k/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.10	16.58	1.66	39.24	650.60
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2.k/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.04	16.58	0.66	11.43	189.51
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
<b>TOTAL</b>					<b>341.13</b>	<b>5,655.94</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)
Madera de Contrac	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25
EPS 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16
EPS 40mm	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948

**TOTAL** 1,555.53

**103.70** Coste del Modelo Box/m2

**BOX 2.1 -B.1.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.10	16.58	1.66	32.89	545.32
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.04	16.58	0.66	20.00	331.60
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
<b>TOTAL</b>					<b>343.35</b>	<b>5,692.74</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada
Madera de Contrac	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25
Mineral wool 100m	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16
Mineral wool 40m	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948

**TOTAL** 1,557.75

**103.85** Coste del Modelo Box/m2

**BOX 2.2 -B.1.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada
Madera de Contrac	500	16.58	0.41	207.25	1	207.25

Aislamiento Térmico	Lana de Madera	0.10	16.58	1.66	40.76	675.80
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
Aislamiento Térmico	Lana de Madera	0.04	16.58	0.66	28.75	476.68
Hoja interior - cerramiento de madera	Lamina de madera contrachapada	0.025	16.58	0.41	96.82	1,605.28
<b>TOTAL</b>					<b>359.97</b>	<b>5,968.30</b>

Wood wool 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16
Wood wool 40mm	15	16.58	0.66	9.948	1	9.948

**TOTAL** 1,574.37

**104.96** Coste del Modelo Box/m2

**ETAPA DE USO**

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	106.01	0.141	50	747.57
Consumo de Gas	48.29	0.0476	50	114.98
<b>TOTAL</b>				<b>862.55</b>

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	105.63	0.141	50	744.89
Consumo de Gas	48.13	0.0476	50	114.60
<b>TOTAL</b>				<b>859.49</b>

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	105.45	0.141	50	743.57
Consumo de Gas	48.05	0.0476	50	114.43
<b>TOTAL</b>				<b>858.00</b>

**TOTAL CCV**

	Coste €/m2
Etapa de Producción de Material	103.70
Etapa de Uso	862.55
<b>TOTAL</b>	<b>966.25</b>

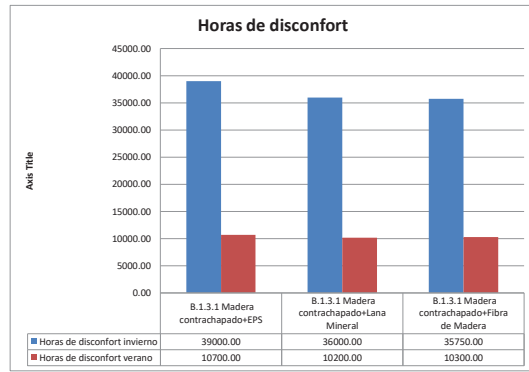
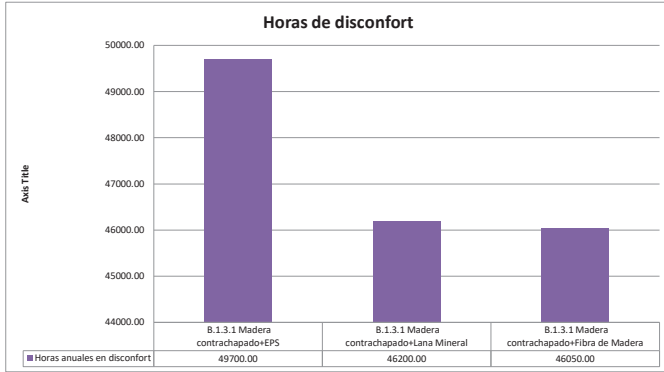
	Coste €/m2
Etapa de Producción de Material	103.85
Etapa de Uso	859.49
<b>TOTAL</b>	<b>963.34</b>

	Coste €/m2
Etapa de Producción de Material	104.96
Etapa de Uso	858.00
<b>TOTAL</b>	<b>962.96</b>



DATOS DE CONFORT

HVAC	Confort	B.1.3.1 Madera contrachapado+EPS	B.1.3.1 Madera contrachapado+Lana Mineral	B.1.3.1 Madera contrachapado+Fibra de Madera	Horas	1.1
		Horas anuales en disconfort	49700.00	46200.00		
	Horas de disconfort invierno	39000.00	36000.00	35750.00	Horas	1.1
	Horas de disconfort verano	10700.00	10200.00	10300.00	Horas	





Tipología B.2.1.2 - ACV- Ambiental / Produccion de Materiales

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Albañilería	54.81	572.71	13.52
Muro Exterior Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>4,236.00</b>	<b>100.00</b>

MJ	kWh
1.00	0.27

Capítulos	KgCO2/m2	kWh/m2
Fundaciones	46.75	131.87
Saneamiento	7.72	21.73
Estructura	117.90	332.59
Muro Exterior Albañilería	54.81	154.63
Muro Exterior Aislamiento e Impermeabilización	10.41	29.39
Rebozado	16.88	47.58
Pavimento	23.07	65.08
Instalaciones	21.22	59.82
Carpintería	61.23	172.70
Cerrajería	13.15	37.06
Yesería	8.07	22.76
Acristalamiento	2.90	8.12
Pinturas	12.09	36.94
Protección solar	7.92	22.30
Varios	0.33	1.14
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>1,143.72</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	681.57	16.09
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>2,802.54</b>	<b>66.16</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	kWh/m2
Estructura	117.90	332.59
Muro Exterior Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	184.02
Carpintería	61.23	172.70
Acristalamiento	2.90	8.12
Pinturas	12.09	36.94
Protección solar	7.92	22.30
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>756.69</b>

Referencia: ACV edificio Tossa de Mar (SO, 2006) Societat Organica. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en> (SAas, 2008) Sabatè associats Arquitectura i Sostenibilitat. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar>

Tipología B.2.1.2 - ACV- Ambiental / Produccion de Materiales

BOX 3.0 Tipología B.2.1.2 - Envoltante ligera multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico, sin cámara de aire // U= 0.26 W/m2.K  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energia incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Termo Arcilla	0.300	500.000	16.58	5.80	9,284.80	6,267.24	378.00	2,042.66	123.20
Camara de aire	Aire									
Hoja interior	Termo Arcilla	0.300	500.000	16.58	5.80	9,284.80	6,267.24	378.00	2,042.66	123.20
<b>TOTAL</b>								<b>756.00</b>		<b>246.40</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Termo Arcilla	1600	16.58	5.80	9284.8	1	9284.8	0.68	0.22

BOX 3.1 Tipología B.2.1.2 - Envoltante ligera multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico, sin cámara de aire // U= 0.23 W/m2.K  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energia incorporada a los materiales

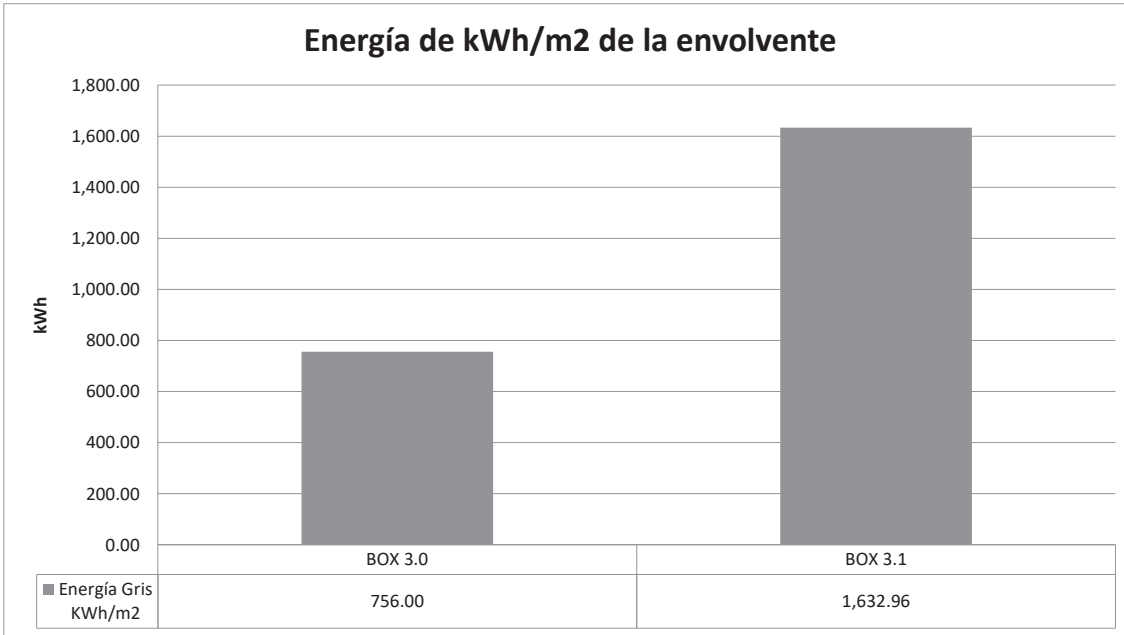
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Hormigón Celular	0.300	500.000	16.58	5.80	13,927.20	13,537.24	816.48	1,810.54	109.20
Camara de aire	Lana Mineral									
Hoja interior	Hormigón Celular	0.300	500.000	16.58	5.80	13,927.20	13,537.24	816.48	1,810.54	109.20
<b>TOTAL</b>								<b>1,632.96</b>		<b>218.40</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Hormigón Celular	2400	16.58	5.80	13927.2	1	13927.2	0.97	0.13

Referencia: Base de datos ICI (ICE, 2008) ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/icer/> (on-line access between March 2011 - November 2012); Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs: Energy, in press.

	Tipología	Descripción	Envolvente sola	Total edificio
			Energía Gris KWh/m2	Energía Gris KWh/m2
BOX 3.0	Tipología B.2.1.2	Envolvente ligera multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico, sin cámara de aire // U= 0,26 W/m2-K	756.00	1,328.66
BOX 3.1	Tipología B.2.1.2	Envolvente ligera multi-capa con inercia térmica, sin aislamiento térmico, sin cámara de aire // U= 0,23 W/m2-K	1,632.96	2,205.62

1.1



ACV Base - BOX 1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b> Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	<b>246.40</b>	<b>16.09</b>
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>448.44</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 2		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b> Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	<b>218.40</b>	<b>16.09</b>
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>420.44</b>	<b>66.16</b>

Tipología B.2.1.2 - ACV- Ambiental / Uso

BOX 01- B.2.1.2- Termo Arcilla m2 del edificio 15

Fecha/Hora	Acristalamiento	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-69.67	-101.11	5.95	122.25	128.20	-46.40	-4.23	0.00	229.75
FEBRERO	-53.77	-85.53	5.29	124.83	130.12	-40.53	-9.62	0.00	170.29
MARZO	-50.24	-78.90	5.65	128.99	134.65	-42.17	-16.97	-18.90	154.90
ABRIL	-42.50	-69.33	5.28	115.28	124.56	-35.93	-18.45	-24.90	80.69
MAYO	-30.57	-57.64	4.96	110.37	115.33	-28.10	-26.82	-97.70	30.90
JUNIO	-9.75	-33.96	4.47	99.74	104.21	-18.23	-17.66	-109.10	10.00
JULIO	11.75	-8.40	4.55	111.74	116.29	-11.82	-13.55	-267.35	0.00
AGOSTO	22.15	3.87	4.55	121.90	126.45	-11.00	-14.71	-279.80	0.00
SEPTIEMBRE	-0.33	-16.08	4.41	118.68	123.10	-18.05	-21.82	-190.90	120.40
OCTUBRE	-31.30	-50.03	4.78	125.33	130.11	-30.60	-35.42	-65.20	188.90
NOVIEMBRE	-59.89	-78.53	5.42	100.14	105.56	-36.94	-12.88	0.00	206.30
DICIEMBRE	-60.29	-92.50	5.95	115.25	121.20	-39.60	-2.99	0.00	388.70
DATOS ANUALES	-374.42	-668.15	61.29	1398.49	1458.77	-359.36	-195.11	-1053.85	1580.83
RATIO POR m2								-70.26	105.39
TOTAL DE DEMANDA X m2									175.65

Gas energía primaria  
Electricidad Energía primaria

1  
2.5

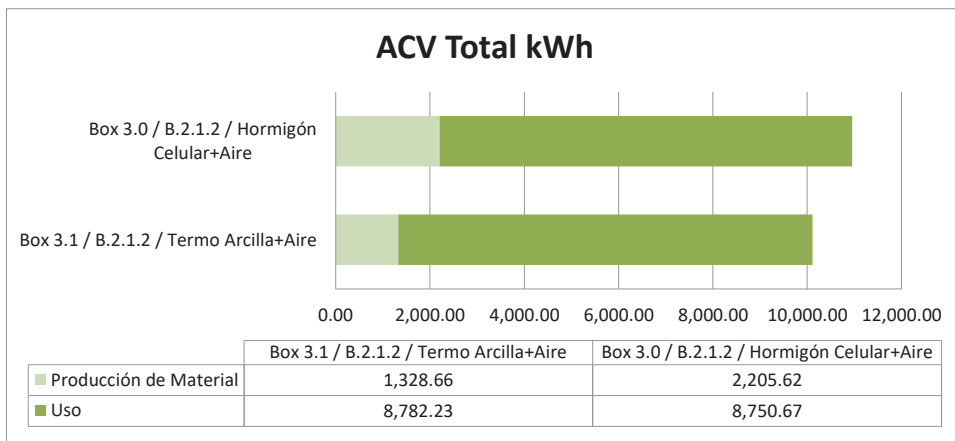
BOX 02- B.2.1.2- Hormigón Celular m2 del edificio 15

Fecha/Hora	Acristalamiento	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-72.18	-103.48	5.93	122.25	128.18	-47.15	-6.19	0.00	226.00
FEBRERO	-56.41	-88.35	5.26	124.83	130.09	-41.34	-12.04	-4.00	175.10
MARZO	-53.02	-81.65	5.60	128.99	134.99	-43.04	-18.95	-9.50	156.20
ABRIL	-45.57	-72.57	5.23	115.28	124.90	-36.86	-20.48	-15.80	80.50
MAYO	-32.54	-56.45	4.93	110.37	115.29	-28.65	-28.14	-101.70	31.90
JUNIO	-10.35	-28.56	4.48	99.74	104.21	-18.32	-17.75	-107.10	8.89
JULIO	11.27	-2.82	4.55	111.74	116.29	-11.91	-13.73	-260.00	0.00
AGOSTO	21.99	4.68	4.55	121.90	126.45	-11.02	-14.75	-282.20	0.00
SEPTIEMBRE	-0.85	-18.52	4.41	118.68	123.10	-18.14	-22.01	-190.60	121.10
OCTUBRE	-30.79	-51.60	4.80	125.33	130.13	-30.43	-35.00	-95.64	188.90
NOVIEMBRE	-59.74	-78.23	5.42	100.14	105.56	-36.89	-12.92	-15.23	206.50
DICIEMBRE	-62.74	-94.32	5.94	115.25	121.18	-40.37	-3.92	0.00	380.00
DATOS ANUALES	-390.94	-671.67	61.09	1398.49	1459.58	-364.12	-205.90	-1050.17	1575.09
RATIO POR m2								-70.01	105.01
TOTAL DE DEMANDA X m2									175.02

Referencia:  
Simulación energética con el software Design Builder

Tipología B.2.1.2 - ACV- Ambiental

Cant Años de Uso	50		
	Producción de Material	Uso	
Tipología	Descripción	KWh/Kg	KWh/m2
Box 3.1 / B.2.1.2 / Termo Arcilla+Aire	Envolvente ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22W/m2-K	1,328.66	8,782.23
Box 3.0 / B.2.1.2 / Hormigón Celular+Aire	Envolvente ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22W/m2-K	2,205.62	8,750.67



**ETAPA DE PRODUCCION DE MATERIAL E INSTALACION**

Capítulos involucrados en el modelo BOX	Coste Total €/m2
Estructura	495.00
<b>Muro Exterior</b> Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	
Carpintería	269.50
Acrilamiento	364.10
Protección solar	85.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,214.40</b>

**BOX 3.0 -Tipología B.2.1.2**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Termo Arcilla	0.035	46.56	771.96
Hoja interior - cerramiento de madera	Camara de Aire - Subestructura soporte, compuesta de perfiles verticales en T, perfiles horizontales para sustentación, adhesivo de	0.01	25.00	414.50
Hoja interior - cerramiento de madera	Termo Arcilla	0.04	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>			<b>118.12</b>	<b>1,958.43</b>

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

**TOTAL 1,332.52**

**88.83** Precio por metro cuadrado

**BOX 3.1 -Tipología B.2.1.2**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Hormigón Celular	0.035	12.80	212.22
Hoja central - cerramiento de madera	Camara de Aire - Subestructura soporte, compuesta de perfiles verticales en T, perfiles horizontales para sustentación, adhesivo de	0.01	25.00	414.50
Hoja interior - cerramiento de madera	Hormigón Celular	0.04	12.80	212.22
<b>TOTAL</b>			<b>50.60</b>	<b>838.95</b>

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - hormigon celular	16.58	80

**TOTAL 1,265.00**

**84.33** Precio por metro cuadrado

**ETAPA DE USO**

**BOX 3.0 -Tipología B.2.1.2**

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	70.26	0.141033	50	495.43
Consumo de Gas	105.39	0.04762449	50	250.95
<b>TOTAL</b>				<b>746.38</b>

**BOX 3.1 -Tipología B.2.1.2**

	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	70.01	0.141033	50	493.70
Consumo de Gas	105.01	0.04762449	50	250.04
<b>TOTAL</b>				<b>743.74</b>

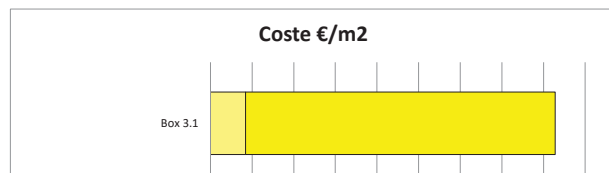
**TOTAL CCV**

**BOX 3.0 -Tipología B.2.1.2**

	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	88.83
Etapa de Uso	746.38
<b>TOTAL</b>	<b>835.21</b>

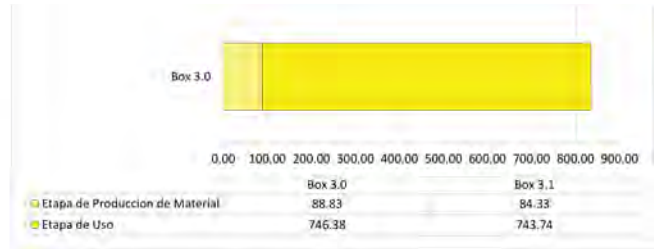
**BOX 3.1 -Tipología B.2.1.2**

Box 3.0



	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	84.33
Etapa de Uso	743.74
<b>TOTAL</b>	<b>828.07</b>

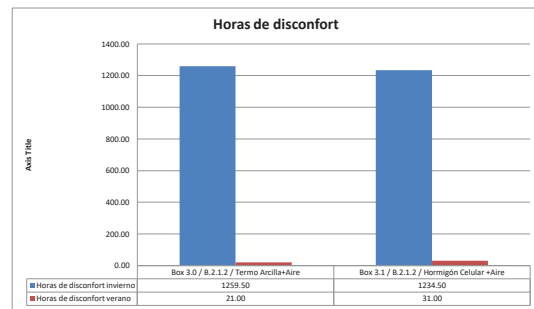
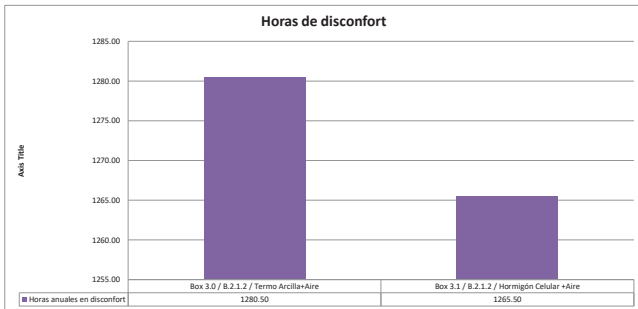
Box 3.1



Tipología B.2.1.2 - ACV- Social / Uso

DATOS DE CONFORT

IN/AZ	Confort	Box 3.0 / B.2.1.2 / Termo Arcilla+Aire	Box 3.1 / B.2.1.2 / Hormigón Celular +Aire
		Horas anuales en disconfort	1280.50
	Horas de disconfort invierno	1259.50	1234.50
	Horas de disconfort verano	21.00	31.00



Tipología B.2.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1.231.83	29.08
Muro Exterior			
Albañilería	54.81	572.71	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>4,236.00</b>	<b>100.00</b>

MJ	kWh
1.00	0.27

Capítulos	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Fundaciones	46.75	131.87	11.53
Saneamiento	7.72	21.73	1.90
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior			
Albañilería	54.81	154.63	13.52
Aislamiento e Impermeabilización	10.41	29.39	2.57
Rebozado	16.88	47.58	4.16
Pavimento	23.07	65.08	5.69
Instalaciones	21.22	59.82	5.23
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Cerrajería	13.15	37.06	3.24
Yesería	8.07	22.76	1.99
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
Varios	0.33	1.14	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>1,143.72</b>	<b>100.00</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Estructura	117.90	1.231.83	29.08
Muro Exterior			
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	681.57	16.09
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>2,802.54</b>	<b>66.16</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior			
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización	65.22	184.02	16.09
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>756.69</b>	<b>66.16</b>

Referencia: ACV edificio Tossa de Mar (SO, 2006) Societat Organica. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en> (Saas, 2008) Sabatè associats Arquitectura i Sostenibilitat. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar>

Tipología B.2.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Tipología B.2.3.1- Base Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales										
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (Kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Coste energético o kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.00	16.58	1.691	2,705.856	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.13	20.00	16.58	2.49	49.74	1,189.88	71.77	124.35	7.50
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.102	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>336.15</b>		<b>79.31</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.856	1	2705.856	0.81	0.22
EPS 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	23.92	2.50

Tipología B.2.3.1- Mejora 1 Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales										
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (Kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Coste energético o kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.00	16.58	1.691	2,705.856	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.13	20.00	16.58	2.49	49.74	222.93	13.45	59.69	3.60
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.102	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>277.63</b>		<b>75.41</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.86	1	2705.856	0.81	0.22
Lana Mineral 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	4.48	1.20

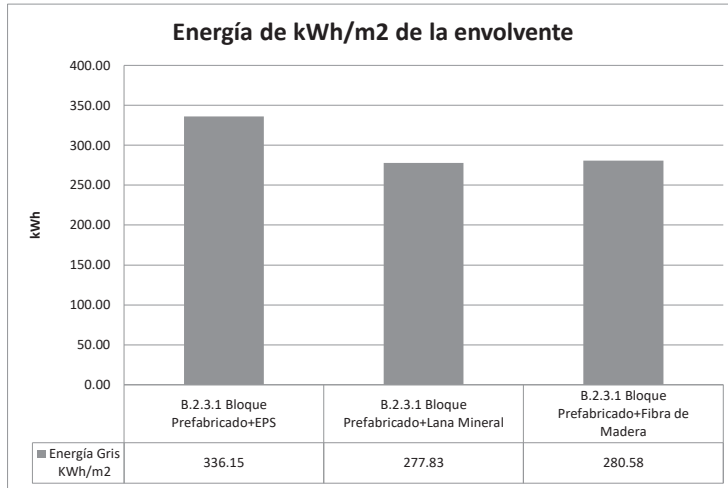
Tipología B.2.3.1- Mejora 2 Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales										
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (Kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Coste energético o kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/Kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Aislamiento Térmico	Fibra de Madera	0.12	20.00	16.58	2.49	49.74	268.60	16.20	48.75	2.94
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.102	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>280.58</b>		<b>74.75</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético o kWh/Kg	Carbon Factor kgCO2/Kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.86	1	2705.856	0.81	0.22
Fibra de Madera 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	5.40	0.98

Referencia: Base de datos ICE. (ICE, 2008) ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/ser/> (on-line access between March 2011 - November 2012) Hammond, G.P. and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs: Energy, in press.

	Tipología	Descripción	Envolvente sola	Total edificio
			Energía Gris KWh/m2	Energía Gris KWh/m2
Base	B.2.3.1 Bloque Prefabricado+EPS	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	336.15	908.81
Mejora 1	B.2.3.1 Bloque Prefabricado+Lana Mineral	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	277.83	850.49
Mejora 2	B.2.3.1 Bloque Prefabricado+Fibra de Madera	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire	280.58	853.24

1.1



ACV Base - BOX 1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>79.31</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acrystalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>281.35</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 2		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>75.41</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acrystalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>277.45</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 3		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>74.75</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acrystalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>276.79</b>	<b>66.16</b>

Tipología B.2.3.1 - ACV-Ambiental/ Etapa de Uso

B.2.3.1 - Base - Bloque prefabricado + EPS m2 del edificio 15

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-20.16	-94.00	5.90	122.25	128.15	-47.63	-7.03	0.00	212.20
FEBRERO	-18.52	-79.95	5.22	124.83	130.05	-41.97	-12.94	0.00	165.89
MARZO	-18.44	-73.39	5.55	128.99	134.55	-43.42	-20.08	0.00	55.90
ABRIL	-16.23	-64.53	5.17	119.28	124.45	-37.41	-21.46	-190.50	29.80
MAYO	-12.65	-47.65	4.91	110.37	115.28	-28.74	-28.22	-191.20	0.00
JUNIO	-8.00	-19.27	4.49	99.74	104.22	-18.16	-17.10	-199.90	0.00
JULIO	-7.00	4.68	4.56	111.74	116.29	-11.73	-13.22	-281.90	0.00
AGOSTO	-5.00	17.41	4.55	121.90	126.45	-10.79	-14.13	-285.60	0.00
SEPTIEMBRE	-8.00	-6.81	4.42	118.68	123.10	-17.94	-21.43	-192.58	38.00
OCTUBRE	-11.00	-39.91	4.82	125.33	130.14	-30.12	-34.03	0.00	78.00
NOVIEMBRE	-15.00	-67.45	5.41	100.14	105.55	-36.70	-12.53	0.00	172.21
DICIEMBRE	-20.00	-89.18	5.91	115.25	121.16	-41.03	-4.04	0.00	209.19
DATOS ANUALES	-160.00	-560.06	60.90	1398.49	1459.38	-365.64	-206.20	-1341.68	961.19
RATIO POR m2								-89.45	64.08
TOTAL DE DEMANDA X m2									153.52

Gas energía primaria  
Electricidad Energía primaria

1  
2.5

B.2.3.1 - Mejora 1 - Bloque prefabricado + L m2 del edificio 15

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-19.00	-93.19	5.90	122.25	128.15	-47.73	-7.07	0.00	215.20
FEBRERO	-16.00	-77.88	5.21	124.83	130.04	-42.08	-13.15	0.00	99.10
MARZO	-13.00	-68.14	5.55	128.99	134.54	-43.49	-20.27	-60.00	85.00
ABRIL	-11.00	-59.61	5.16	119.28	124.44	-37.50	-21.71	-160.00	47.50
MAYO	-9.00	-44.15	4.90	110.37	115.27	-28.79	-28.32	-187.00	0.00
JUNIO	-7.00	-18.33	4.49	99.74	104.22	-18.17	-17.15	-189.90	0.00
JULIO	-3.00	8.66	4.56	111.74	116.29	-11.74	-13.24	-263.47	0.00
AGOSTO	-2.00	20.39	4.55	121.90	126.45	-10.79	-14.14	-253.20	0.00
SEPTIEMBRE	-6.00	-4.87	4.42	118.68	123.10	-17.95	-21.46	-162.10	55.20
OCTUBRE	-11.00	-40.09	4.81	125.33	130.14	-30.16	-34.13	-60.00	92.00
NOVIEMBRE	-16.00	-69.25	5.41	100.14	105.55	-36.76	-12.69	0.00	165.10
DICIEMBRE	-19.00	-88.26	5.91	115.25	121.15	-41.09	-4.14	0.00	198.10
DATOS ANUALES	-132.60	-534.71	60.87	1398.49	1459.36	-366.27	-207.47	-1335.67	957.20
RATIO POR m2								-89.04	63.81
TOTAL DE DEMANDA X m2									152.86

B.2.3.1 - Mejora 2 - Bloque prefabricado + Fi m2 del edificio 15

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-18.00	-86.65	5.94	122.25	128.19	-46.13	-4.51	0.00	202.10
FEBRERO	-14.00	-69.49	5.29	124.83	130.12	-40.21	-8.83	0.00	166.05
MARZO	-11.00	-59.90	5.65	128.99	134.64	-41.53	-16.38	-52.00	55.05
ABRIL	-10.00	-52.36	5.30	119.28	124.58	-35.48	-17.35	-110.20	34.00
MAYO	-8.00	-39.62	4.99	110.37	115.35	-27.71	-25.53	-152.10	0.00
JUNIO	-5.00	-15.25	4.50	99.74	104.24	-17.92	-16.58	-197.10	0.00
JULIO	-3.00	8.84	4.56	111.74	116.29	-11.73	-13.26	-269.30	0.00
AGOSTO	-7.00	15.43	4.55	121.90	126.45	-10.82	-14.28	-275.20	0.00
SEPTIEMBRE	-9.00	-7.15	4.42	118.68	123.10	-17.85	-21.28	-180.10	37.50
OCTUBRE	-13.00	-38.85	4.87	125.33	130.20	-29.33	-32.30	-85.00	79.20
NOVIEMBRE	-15.00	-62.55	5.48	100.14	105.62	-35.12	-10.52	0.00	164.50
DICIEMBRE	-17.00	-80.23	5.95	115.25	121.19	-39.35	-2.59	0.00	209.00
DATOS ANUALES	-130.00	-487.76	61.49	1398.49	1459.97	-353.18	-183.40	-1321.00	947.40
RATIO POR m2								-88.07	63.16
TOTAL DE DEMANDA X m2									151.23

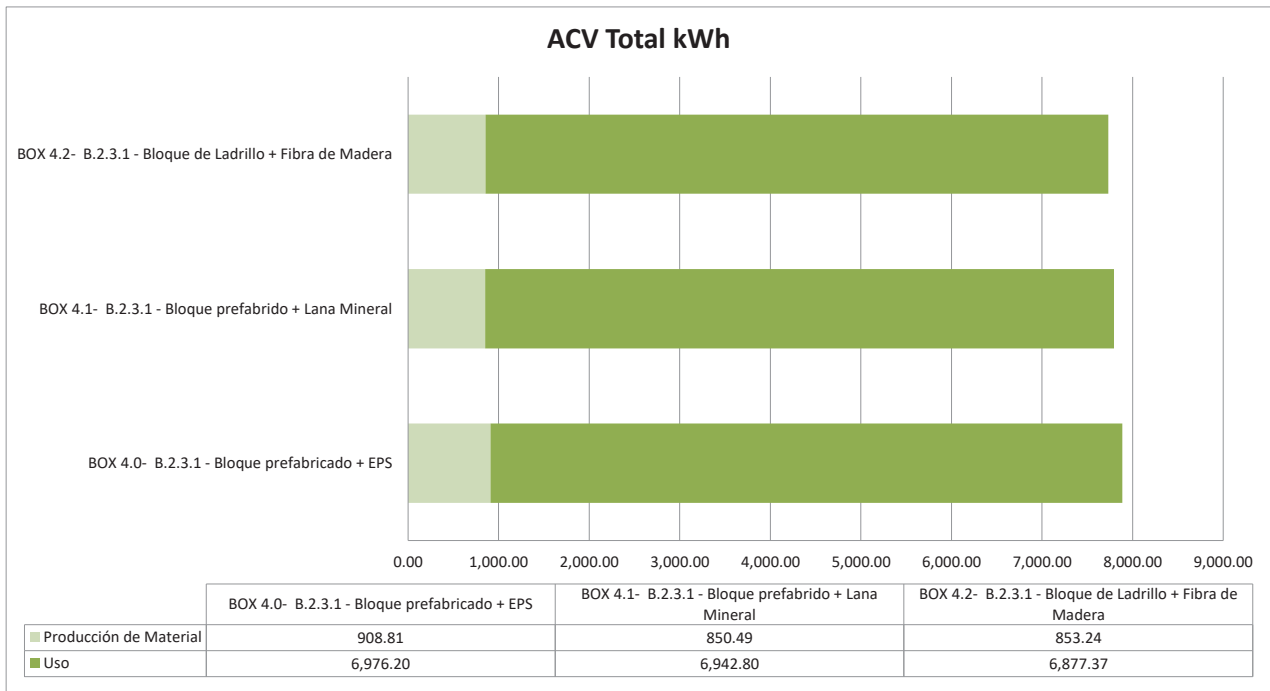
Referencia:  
Simulación energética con el software Design Builder



**Tipología B.2.3.1 - ACV-Ambiental**

Cant Años de Uso	50
------------------	----

Tipología	Descripción	Producción de Material	Uso
		KWh/Kg	KWh/m2
BOX 4.0- B.2.3.1 - Bloque prefabricado + EPS	Envolvente ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22W/m2-K	908.81	6,976.20
BOX 4.1- B.2.3.1 - Bloque prefabricado + Lana Mineral	Envolvente ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22W/m2-K	850.49	6,942.80
BOX 4.2- B.2.3.1 - Bloque de Ladrillo + Fibra de Madera	Envolvente ligera multi-hoja sin inercia térmica, con aislamiento térmico central, sin cámara de aire // U= 0,22W/m2-K	853.24	6,877.37



**ETAPA DE PRODUCCION DE MATERIAL E INSTALACION**

Capítulos involucrados en el modelo BOX	€/m2
Estructura	496.00
Muro Exterior Albañilería-Aislamiento e Impermeabilización	
Carpintería	269.50
Acristalamiento	364.10
Protección solar	85.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,214.40</b>

**BOX 4.0 - B.2.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso, 24x11,5x5 cm, resistencia a compresion 20 N/mm², según	0.025	16.58	12.80	212.22
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	5.14	85.22
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>64.50</b>	<b>1,069.41</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por	Total de densidad en la fachada
EPS 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

**TOTAL** 1,278.90 85.26 Coste por m2

**BOX 4.1 - B.2.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso, 24x11,5x5 cm, resistencia a compresion 20 N/mm², según	0.025	16.58	12.80	212.22
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	32.89	545.32
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>92.25</b>	<b>1,529.51</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)
Lana Mineral 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

**TOTAL** 1,306.65 87.11 Coste por m2

**BOX 4.2 - B.2.3.1**  
Fase 01- Produccion de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materials	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso.	0.025	16.58	12.80	212.22
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m2.K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	40.76	675.80
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>100.12</b>	<b>1,659.99</b>

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel	Cantidad de	Total de densidad
Wood wool 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

**TOTAL** 1,314.52 87.63 Coste por m2

**ETAPA DE USO**

BOX 4.0 - B.2.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	89.45	0.141033	50	630.74
Consumo de Gas	64.08	0.047624	50	152.59
<b>TOTAL</b>				<b>783.32</b>

BOX 4.1 - B.2.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	89.04	0.141033	50	627.91
Consumo de Gas	63.81	0.047624	50	151.95
<b>TOTAL</b>				<b>779.87</b>

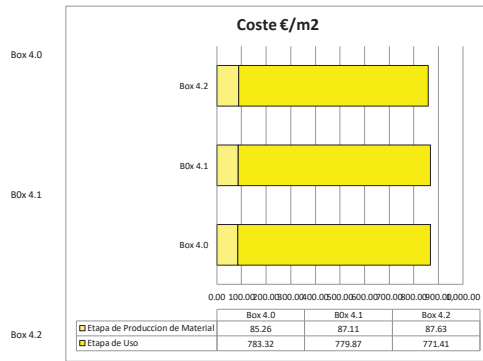
BOX 4.2 - B.2.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	88.07	0.141033	50	621.02
Consumo de Gas	63.16	0.047624	50	150.40
<b>TOTAL</b>				<b>771.41</b>

**TOTAL CCV**

BOX 4.0 - B.2.3.1	
	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	85.26
Etapa de Uso	783.32
<b>TOTAL</b>	<b>868.58</b>

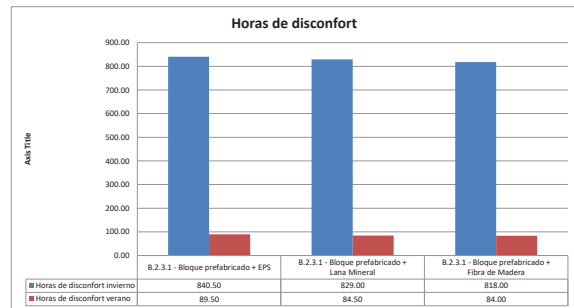
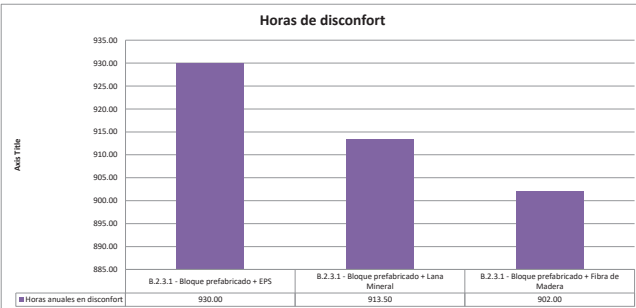
BOX 4.1 - B.2.3.1	
	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	87.11
Etapa de Uso	779.87
<b>TOTAL</b>	<b>866.98</b>

BOX 4.2 - B.2.3.1	
	Coste €/m2
Etapa de Produccion de Material	87.63
Etapa de Uso	771.41
<b>TOTAL</b>	<b>859.05</b>



UBICACIÓN Tipología B.2.3.1 - CCV-Economico  
DATOS DE CONFORT

HVAC	Confort	B.2.3.1 - Bloque prefabricado + EPS	B.2.3.1 - Bloque prefabricado + Lana Mineral	B.2.3.1 - Bloque prefabricado + Fibra de Madera	Horas	1.0
		Horas anuales en disconfort	930.00	913.50		
	Horas de disconfort invierno	840.50	829.00	818.00		1.0
	Horas de disconfort verano	89.50	84.50	84.00		



Tipología Base B.2.3.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Capítulos	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Fundaciones	46.75	488.41	11.53
Saneamiento	7.72	80.48	1.90
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior	54.81	572.71	13.52
Albañilería e Impermeabilización	10.41	108.87	2.57
Rebozado	16.88	176.22	4.16
Pavimento	23.07	241.03	5.69
Instalaciones	21.22	221.54	5.23
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Cerrajería	13.15	137.25	3.24
Yesería	8.07	84.30	1.99
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
Varios	0.33	4.24	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>4,236.00</b>	<b>100.00</b>

MJ	kWh
1.00	0.27

Capítulos	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Fundaciones	46.75	131.87	11.53
Saneamiento	7.72	21.73	1.90
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior	54.81	154.63	13.52
Albañilería e Impermeabilización	10.41	29.39	2.57
Rebozado	16.88	47.58	4.16
Pavimento	23.07	65.08	5.69
Instalaciones	21.22	59.82	5.23
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Cerrajería	13.15	37.06	3.24
Yesería	8.07	22.76	1.99
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
Varios	0.33	1.14	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>404.45</b>	<b>1,143.72</b>	<b>100.00</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	MJ/m2	%
Estructura	117.90	1,231.83	29.08
Muro Exterior	65.22	681.57	16.09
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización			
Carpintería	61.23	639.64	15.10
Acristalamiento	2.90	30.08	0.71
Pinturas	12.09	136.82	3.23
Protección solar	7.92	82.60	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>2,802.54</b>	<b>66.16</b>

Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	kWh/m2	%
Estructura	117.90	332.59	29.08
Muro Exterior	65.22	184.02	16.09
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización			
Carpintería	61.23	172.70	15.10
Acristalamiento	2.90	8.12	0.71
Pinturas	12.09	36.94	3.23
Protección solar	7.92	22.30	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>267.26</b>	<b>756.69</b>	<b>66.16</b>

Referencia: ACV edificio Tossa de Mar (SO, 2006) Societat Organica. <http://www.societatorganica.com/index.php?lang=en> (Saas, 2008) Sabatè associats Arquitectura i Sostenibilitat. <http://www.saas.cat/60-viviendas-en-tossa-de-mar>

Tipología Base B.2.3.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Producción de Materiales

Tipología B.2.3.2 - Base: Envoltura pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada

Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Camara de Aire	Aire- Ventilado	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 60 mm de espesor, de 1.3 m2 K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto	0.13	20.00	16.58	2.49	49.74	1,189.88	71.77	124.35	7.50
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.10	1,600.00	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>336.15</b>		<b>79.31</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Carbon Factor kgCO2/kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.856	1	2705.856	0.81	0.22
EPS 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	23.92	2.50

Tipología B.2.3.2-Mejora 1 - Envoltura pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada

Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.000	16.580	1.691	2,705.856	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Camara de Aire	Aire- Ventilado	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aislamiento Térmico	Lana Mineral	0.13	20.00	16.58	2.49	49.74	222.93	13.45	59.69	3.60
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.10	1,600.000	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>277.83</b>		<b>75.41</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Carbon Factor kgCO2/kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.856	1	2705.856	0.81	0.22
Lana Mineral 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	4.48	1.20

Tipología B.2.3.2 -Mejorada 2- Envoltura pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada

Fase 01- Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

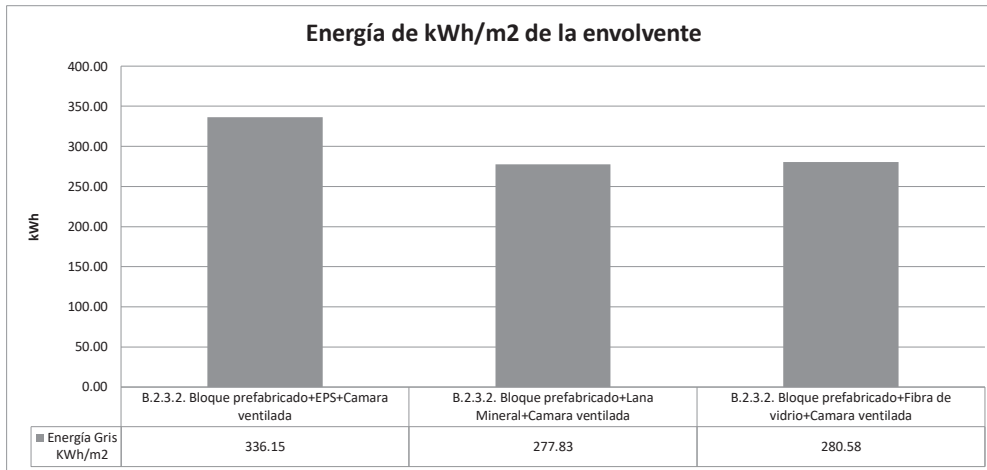
Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Densidad del material (kg/m3)	Area total en la fachada (m2)	Volumen total en la fachada (m3)	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Coste energético kWh/m2	Carbon Factor kgCO2/kg	Carbon Factor kgCO2/m2
Hoja exterior	Ladrillo cerámico de arcilla	0.102	1,600.000	16.580	1.691	2,705.856	2,191.74	132.19	595.29	35.90
Camara de Aire	Aire- Ventilado	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aislamiento Térmico	Fibra de Madera	0.11	20.00	16.58	2.49	49.74	268.60	16.20	68.73	2.94
Hoja interior	Bloque prefabricado de Hormigon	0.10	1,600.000	16.58	1.69	2,705.86	2,191.74	132.19	595.29	35.90
<b>TOTAL</b>								<b>280.58</b>		<b>74.75</b>

	Densidad del material (kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)	Coste energético kWh/kg	Carbon Factor kgCO2/kg
Bloque de Ladrillo	1600	16.58	1.69	2705.856	1	2705.856	0.81	0.22
Fibra de Madera 100mm	20	16.58	2.49	49.74	1	49.74	5.40	0.98

Referencia: Base de datos ICE (ICE, 2008) ICE database, University of Bath, United Kingdom / <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/research/ser/> (on-line access between March 2011 - November 2012); Hammond, G.P and C.I. Jones, 2008, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Instn Civil Engrs, Energy, in press.

	Tipología	Descripción	Envolvente sola		Total edificio	
			Energía Gris KWh/m2		Energía Gris KWh/m2	
B.2.3.2 - base	B.2.3.2. Bloque prefabricado+EPS+Camara ventilada	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	336.15		908.81	
B.2.3.2 - Mejora 1	B.2.3.2. Bloque prefabricado+Lana Mineral+Camara ventilada	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	277.83		850.49	
B.2.3.2 - Mejora 2	B.2.3.2. Bloque prefabricado+Fibra de vidrio+Camara ventilada	Envolvente pesada multi-capa con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	280.58		853.24	

1.1



ACV Base - BOX 1		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>79.31</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>281.35</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 2		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>75.41</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>277.45</b>	<b>66.16</b>

ACV Base - BOX 3		
Capítulos involucrados en el modelo BOX	KgCO2/m2	%
Estructura	117.90	29.08
<b>Muro Exterior</b>	<b>74.75</b>	<b>16.09</b>
Albañilería+Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	61.23	15.10
Acristalamiento	2.90	0.71
Pinturas	12.09	3.23
Protección solar	7.92	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>276.79</b>	<b>66.16</b>

Tipología B.2.3.2 - ACV-Ambiental/ Etapa de Uso

B.2.3.2. - Base- Bloque prefabricado+EPS+Camara ventilada

m2 del edificio

15

Gas energía primaria  
Electricidad Energía primaria

1  
2.5

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-29.14	-103.20	5.90	122.25	128.15	-47.69	-7.12	0.00	216.91
FEBRERO	-18.12	-79.91	5.21	124.83	130.04	-42.06	-13.10	0.00	70.13
MARZO	-17.90	-73.00	5.55	128.99	134.55	-43.47	-20.19	0.00	51.32
ABRIL	-15.77	-64.30	5.17	119.28	124.44	-37.48	-21.63	-182.89	26.50
MAYO	-12.29	-47.39	4.90	110.37	115.27	-28.78	-28.30	-198.78	0.00
JUNIO	-6.59	-17.90	4.49	99.74	104.22	-18.17	-17.14	-154.85	0.00
JULIO	-2.69	8.98	4.56	111.74	116.29	-11.74	-13.23	-274.50	0.00
AGOSTO	-1.59	20.81	4.55	121.90	126.45	-10.79	-14.14	-279.20	0.00
SEPTIEMBRE	-5.62	-4.48	4.42	118.68	123.10	-17.95	-21.45	-185.53	23.00
OCTUBRE	-10.94	-39.98	4.81	125.33	130.14	-30.15	-34.10	0.00	50.00
NOVIEMBRE	-12.65	-65.28	5.41	100.14	105.55	-36.76	-12.64	0.00	169.21
DICIEMBRE	-23.70	-93.06	5.91	115.25	121.15	-41.09	-4.03	0.00	210.19
DATOS ANUALES	-157.00	-558.71	60.88	1398.49	1459.36	-366.13	-207.07	-1275.75	817.26
RATIO POR m2								-85.05	54.48
TOTAL DE DEMANDA X m2									139.53

B.2.3.2. - Mejora 1 - Bloque prefabricado+Lana Mineral+Camara ventilada

m2 del edificio

15

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-16.68	-91.03	5.90	122.25	128.15	-47.78	-7.20	0.00	215.81
FEBRERO	-15.46	-77.29	5.21	124.83	130.04	-42.08	-13.24	0.00	69.10
MARZO	-15.25	-70.59	5.55	128.99	134.54	-43.54	-20.41	0.00	50.32
ABRIL	-14.20	-62.97	5.16	119.28	124.44	-37.55	-21.94	-182.98	27.50
MAYO	-11.86	-47.12	4.90	110.37	115.27	-28.82	-28.41	-197.90	0.00
JUNIO	-6.36	-17.73	4.49	99.74	104.22	-18.18	-17.18	-156.90	0.00
JULIO	-2.58	9.06	4.55	111.74	116.29	-11.74	-13.25	-273.70	0.00
AGOSTO	-1.53	20.84	4.55	121.90	126.45	-10.80	-14.15	-275.50	0.00
SEPTIEMBRE	-5.38	-4.28	4.42	118.68	123.10	-17.96	-21.47	-182.73	23.00
OCTUBRE	-10.51	-39.71	4.81	125.33	130.14	-30.19	-34.18	0.00	52.00
NOVIEMBRE	-12.06	-64.88	5.41	100.14	105.54	-36.82	-12.78	0.00	165.10
DICIEMBRE	-14.06	-83.58	5.91	115.25	121.15	-41.15	-4.17	0.00	198.10
DATOS ANUALES	-125.93	-529.28	60.86	1398.49	1459.34	-366.62	-208.39	-1269.71	813.13
RATIO POR m2								-84.65	54.21
TOTAL DE DEMANDA X m2									138.86

B.2.3.2. - Mejora 2 - Bloque prefabricado+Fibra de vidrio+Camara ventilada

m2 del edificio

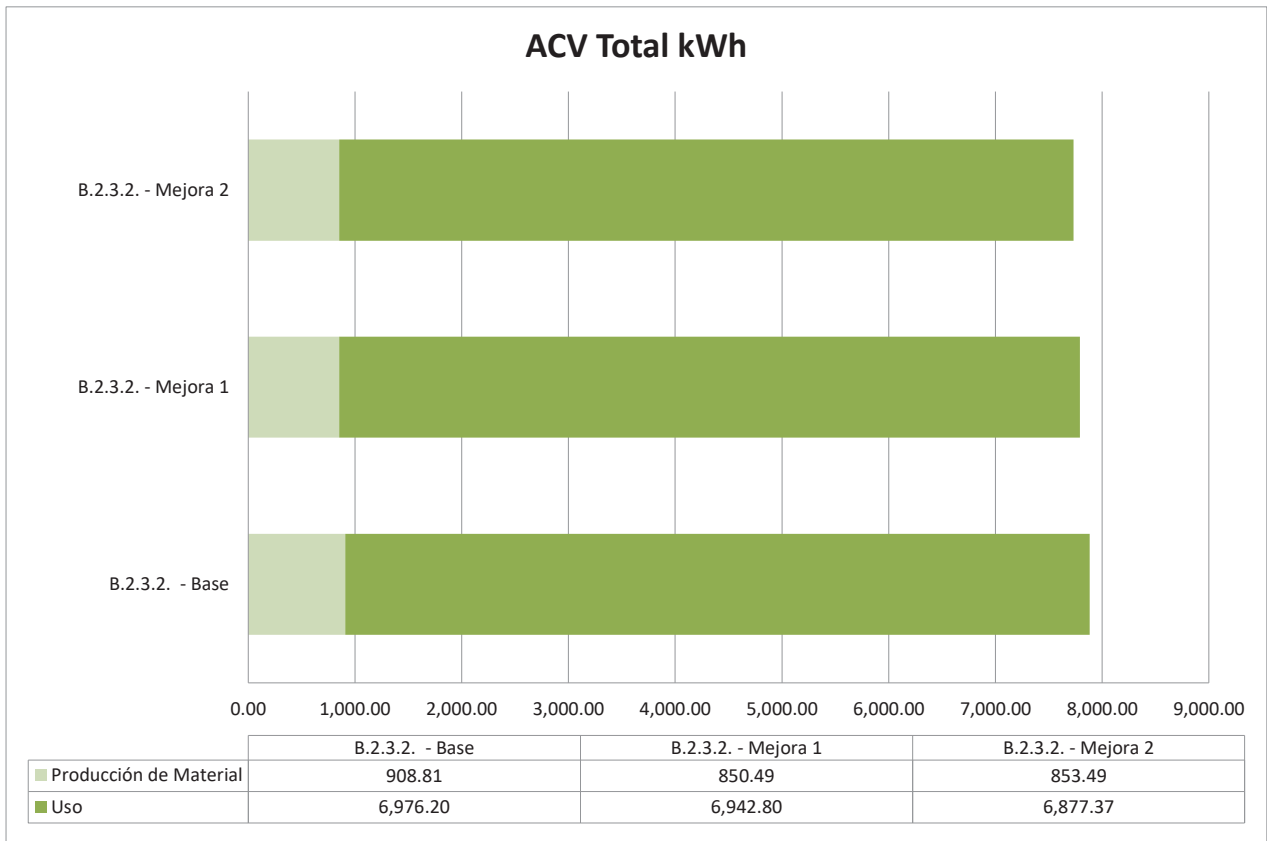
15

Fecha/Hora	Muros	Total de pérdidas por cerramientos	Ocupación	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores	Total de ganancias	Infiltración Ext	Vent Exterior	Consumo energía para enfriamiento	Consumo de energía para calefacción
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	-15.17	-84.49	5.94	122.25	128.19	-46.32	-4.62	0.00	200.50
FEBRERO	-13.85	-69.94	5.29	124.83	130.12	-40.37	-9.19	0.00	69.45
MARZO	-11.43	-61.03	5.64	128.99	134.63	-41.74	-16.80	0.00	47.90
ABRIL	-10.96	-53.99	5.29	119.28	124.57	-35.69	-17.86	-180.74	24.60
MAYO	-8.00	-39.98	4.98	110.37	115.35	-27.84	-25.92	-192.70	0.00
JUNIO	-7.17	-17.58	4.50	99.74	104.23	-17.96	-16.69	-153.80	0.00
JULIO	-5.03	6.75	4.55	111.74	116.29	-11.75	-13.30	-272.32	0.00
AGOSTO	-2.72	19.65	4.55	121.90	126.45	-10.83	-14.32	-276.20	0.00
SEPTIEMBRE	-6.72	-5.02	4.42	118.68	123.10	-17.88	-21.36	-182.10	24.00
OCTUBRE	-10.92	-37.23	4.86	125.33	130.19	-29.46	-32.57	0.00	62.20
NOVIEMBRE	-14.61	-62.77	5.47	100.14	105.61	-35.32	-10.78	0.00	167.90
DICIEMBRE	-18.43	-82.21	5.94	115.25	121.19	-39.50	-2.82	0.00	208.80
DATOS ANUALES	-125.00	-487.84	61.43	1398.49	1459.92	-354.64	-186.22	-1257.86	805.35
RATIO POR m2								-83.86	53.69
TOTAL DE DEMANDA X m2									137.55

**Tipología B.2.3.2 - ACV-Ambiental**

Cant Años de Uso	50
------------------	----

Tipología	Descripción	Producción de Material	Uso
		KWh/Kg	KWh/m2
B.2.3.2. - Base	Envolvente pesada multi-capas con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	908.81	6,976.20
B.2.3.2. - Mejora 1	Envolvente pesada multi-capas con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	850.49	6,942.80
B.2.3.2. - Mejora 2	Envolvente pesada multi-capas con inercia térmica, con aislamiento térmico central, con cámara de aire ventilada // U= 0,22 W/m2-K	853.49	6,877.37



ETAPA DE PRODUCCION DE MATERIAL E INSTALACION

Capítulos involucrados en el modelo BOX	€m2
Estructura	495.00
Muro Exterior	
Isolación-Asiámetro e impermeabilización	
Carpintería	269.50
Acristamiento	364.10
Protección solar	85.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,214.40</b>

BOX 5.0 - Tipología B.2.3.2  
Fase 01: Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso, 24x11,5x5 cm, resistencia a compresión 20 N/mm <sup>2</sup> , según	0.025	16.58	12.80	212.22
Hoja interior - cerramiento de madera	Camara de Aire - Subestructura soporte, compuesta de perfiles verticales en T, perfiles horizontales para sustentación, adhesivo de montaje y ménsulas para retención de los perfiles verticales sujetas mediante anclajes y tornillería.	0.01	16.58	25.00	414.50
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m <sup>2</sup> .K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	5.14	85.22
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>89.50</b>	<b>1,483.93</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,303.90</b>	<b>86.93</b> precio por metro cuadrado

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)
EPS 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

BOX 5.0 - Tipología B.2.3.2  
Fase 01: Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso, 24x11,5x5 cm, resistencia a compresión 20 N/mm <sup>2</sup> , según	0.025	16.58	12.80	212.22
Hoja interior - cerramiento de madera	Camara de Aire - Subestructura soporte, compuesta de perfiles verticales en T, perfiles horizontales para sustentación, adhesivo de montaje y ménsulas para retención de los perfiles verticales sujetas mediante anclajes y tornillería.	0.01	16.58	25.00	414.50
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m <sup>2</sup> .K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	32.89	545.32
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>117.25</b>	<b>1,944.01</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,331.65</b>	<b>88.78</b> precio por metro cuadrado

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)
Lana Mineral 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

BOX 5.0 - Tipología B.2.3.2  
Fase 01: Producción de Materiales / Energía incorporada a los materiales

Componentes	Materiales	Grosor del material (m)	Area total en la fachada (m2)	Coste €/m2	Coste Total €
Hoja exterior - cerramiento de madera	Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Rojo, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	12.80	212.22
Hoja interior - cerramiento de madera	Camara de Aire - Subestructura soporte, compuesta de perfiles verticales en T, perfiles horizontales para sustentación, adhesivo de montaje y ménsulas para retención de los perfiles verticales sujetas mediante anclajes y tornillería.	0.01	16.58	25.00	414.50
Aislamiento Térmico	Aislamiento con planchas de poliestireno expandido EPS, de 30 kPa de tensión a la compresión, de 150 mm de espesor, de 1.3 m <sup>2</sup> .K/W de resistencia térmica, con caras de superficie lisa y canto liso, colocadas no adheridas	0.15	16.58	40.76	675.80
Hoja interior - cerramiento de madera	Bloque prefabricado de Hormigon cara vista perforado hidrofugado, color Gris, acabado liso, 24x11,5x5 cm	0.025	16.58	46.56	771.96
<b>TOTAL</b>				<b>125.12</b>	<b>2,074.49</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,339.52</b>	<b>89.30</b> precio por metro cuadrado

	Densidad del material (Kg/m3)	Area total por panel (m2)	Volumen por panel (m3)	Densidad del Panel (Kg)	Cantidad de paneles por fachada	Total de densidad en la fachada (kg)
Wood wool 100mm	20	16.58	1.66	33.16	1	33.16

	Area de la fachada (m2)	Cantidad de paneles por m2
Bloque prefabricado - Termo Arcilla	16.58	80

ETAPA DE USO

BOX 5.0 - Tipología B.1.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	85.05	0.141033	50	599.34
Consumo de Gas	54.48	0.04762449	50	129.74
<b>TOTAL</b>				<b>729.48</b>

BOX 5.1 - Tipología B.1.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	84.65	0.141033	50	596.90
Consumo de Gas	54.21	0.04762449	50	129.08
<b>TOTAL</b>				<b>725.99</b>

BOX 5.2 - Tipología B.1.3.1				
	KWh/m2 anual	Coste €/KWh	Cant. Anos de Uso	Coste Total €/KWh/m2
Consumo Electrico	83.86	0.141033	50	591.33
Consumo de Gas	53.69	0.04762449	50	127.85
<b>TOTAL</b>				<b>719.18</b>

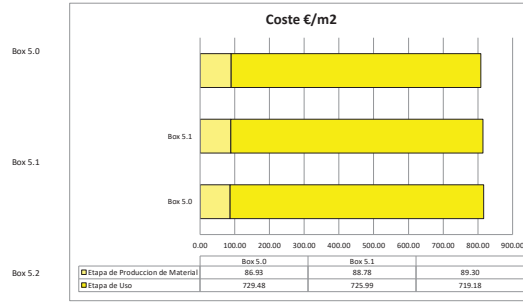


**TOTAL CCV**

BOX 5.0 - Tipología B.1.3.1	
Coste €/m2	
Etapa de Produccion de Material	89.30
Etapa de Uso	729.48
<b>TOTAL</b>	<b>816.41</b>

BOX 5.1 - Tipología B.1.3.1	
Coste €/m2	
Etapa de Produccion de Material	89.70
Etapa de Uso	725.99
<b>TOTAL</b>	<b>814.76</b>

BOX 5.2 - Tipología B.1.3.1	
Coste €/m2	
Etapa de Produccion de Material	89.30
Etapa de Uso	719.18
<b>TOTAL</b>	<b>808.48</b>



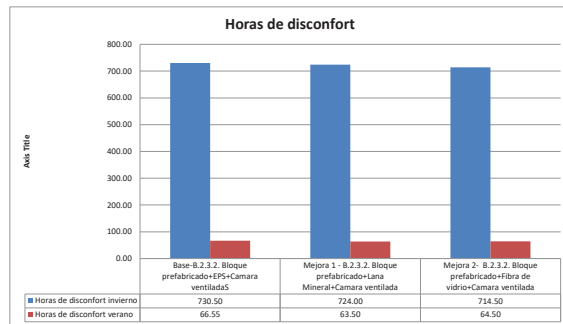
**Tipología B.2.3.2 - ACV-Social  
DATOS DE CONFORT**

HVAC	Confort	Horas anuales en disconfort	Base-B.2.3.2. Bloque prefabricado+EPS+Camara ventiladaS	Mejora 1 - B.2.3.2. Bloque prefabricado+Lana Mineral+Camara ventilada	Mejora 2- B.2.3.2. Bloque prefabricado+Fibra de vidrio+Camara ventilada
			Horas de disconfort invierno	797.05	787.50
Horas de disconfort verano	730.50	724.00	714.50		
		66.55	63.50	64.50	

Horas 1.0

Horas 1.0

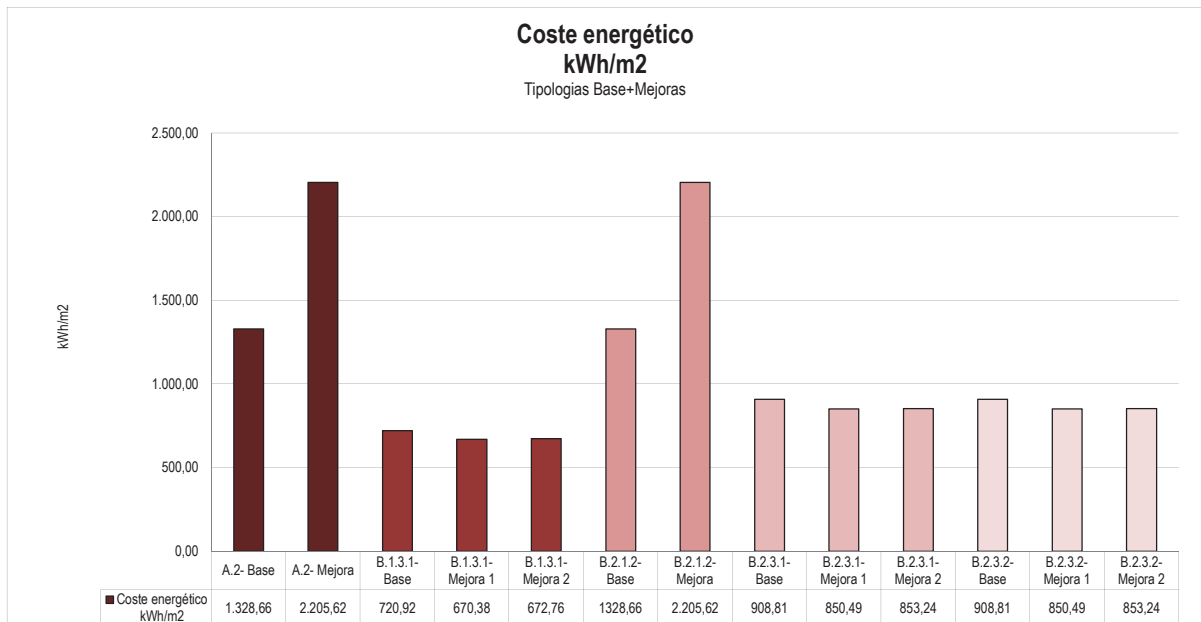
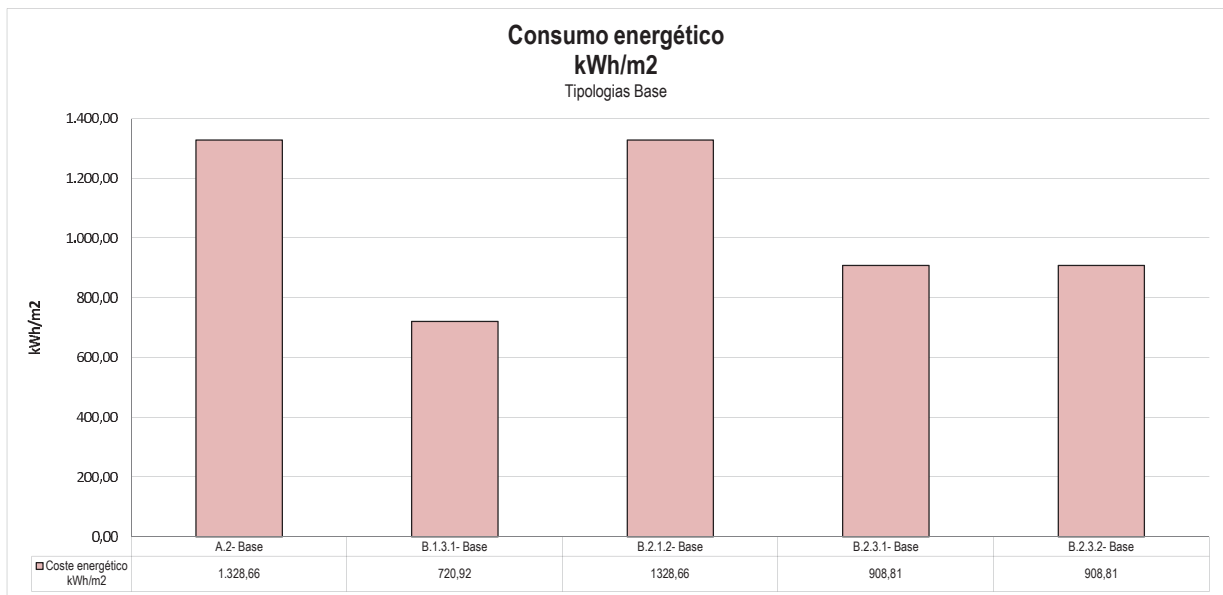
Horas



ACV- Analisis del ciclo de vida ambiental

LCA-Ambiental // Etapa de Producción de Materiales		
Tipologia	Descripcion	Coste energético kWh/m2
A.2- Base	Thermal Clay	1.328,66
A.2- Mejora	Aereted Concrete	2.205,62
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	720,92
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	670,38
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	672,76
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1328,66
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Aire	2.205,62
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908,81
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850,49
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853,24
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850,49
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853,24

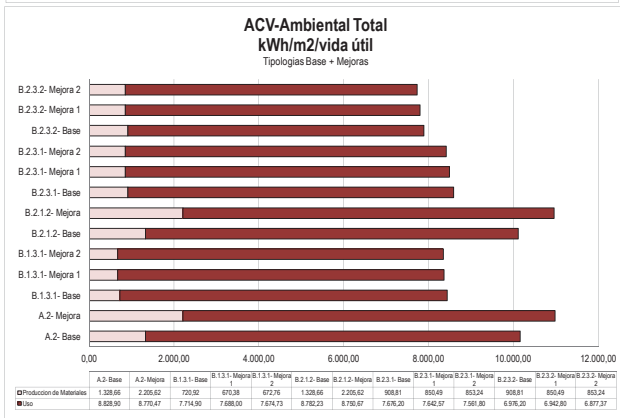
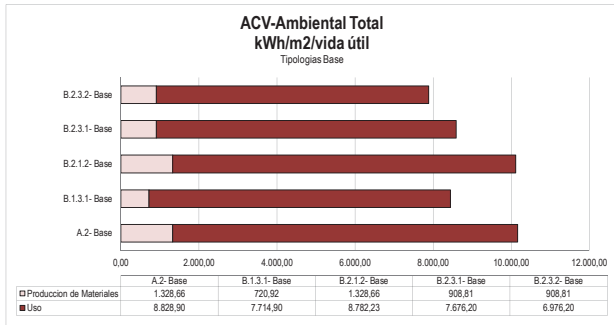
LCA-Ambiental // Etapa de Producción de Materiales		
Tipologia	Descripcion	Coste energético kWh/m2
A.2- Base	Thermal Clay	1.328,66
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	720,92
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1328,66
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908,81
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81



ACV- Analisis del ciclo de vida ambiental

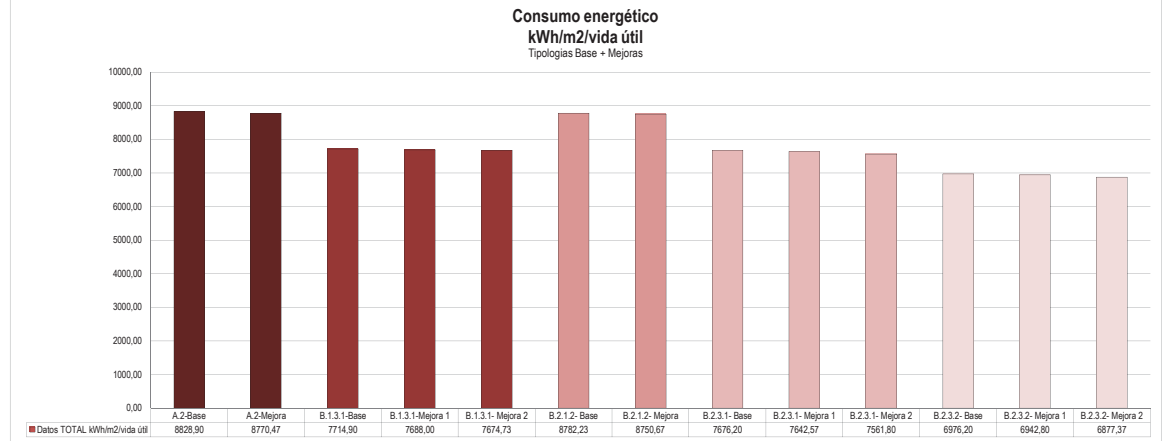
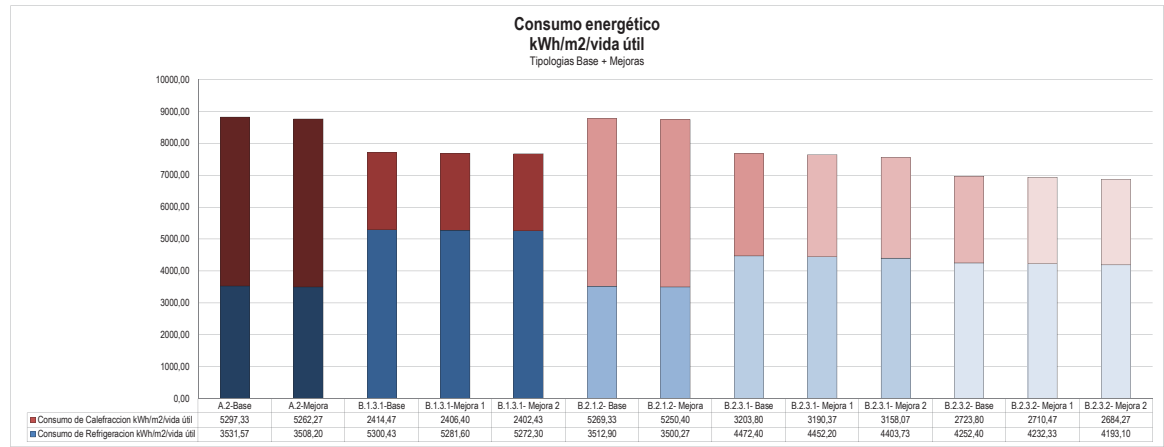
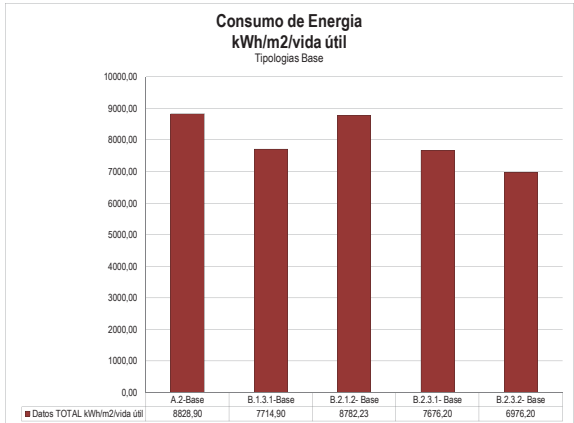
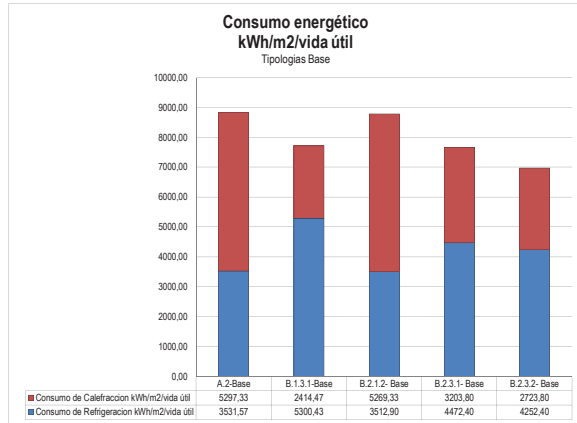
LCA-Ambiental // Totalización				
Etapas del ciclo de vida		Cant Años de Uso	50	
Tipologia	Descripcion	Produccion de Materiales	Uso	Total ACV-Ambiental kWh/m2
A.2- Base	Thermal Clay	1.328,66	8.828,90	10.157,56
A.2- Mejora	Aerated Concrete	2.205,62	8.770,47	10.976,09
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	720,92	7.714,90	8.435,82
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	670,38	7.688,00	8.358,38
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	672,76	7.674,73	8.347,49
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1.328,66	8.782,23	10.110,89
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Aire	2.205,62	8.750,67	10.956,29
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908,81	7.676,20	8.585,01
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850,49	7.642,57	8.493,06
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853,24	7.561,80	8.415,04
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81	6.976,20	7.885,01
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850,49	6.942,80	7.793,29
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	853,24	6.877,37	7.730,61

LCA-Ambiental // Totalización				
Etapas del ciclo de vida		Cant Años de Uso	50	
Numero de Box	Descripcion	Produccion de Materiales	Uso	Total ACV-Ambiental kWh/m2
Box 1.0	Thermal Clay	1.328,66	8.828,90	10.157,56
Box 2.0	Plywood+EPS	720,92	7.714,90	8.435,82
Box 3.0	Thermal Clay+Aire	1.328,66	8.782,23	10.110,89
Box 4.0	Bloque de ladrillo+EPS	908,81	7.676,20	8.585,01
Box 5.0	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81	6.976,20	7.885,01



LCA-Ambiental // Etapa de Uso							
Tipologia	Descripcion	Consumo ratio por m2		Datos Anuales TOTAL kWh/m2/año	Consumo ratio por m2 por 50 años		Datos TOTAL kWh/m2/vida útil
		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/año	Consumo de Calefaccion kWh/m2/año		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/vida útil	Consumo de Calefaccion kWh/m2/vida útil	
A.2-Base	Thermal Clay	70.63	105.95	176.58	3531.57	5297.33	8828.90
A.2-Mejora	Aerated Concrete	70.16	105.25	175.41	3508.20	5262.27	8770.47
B.1.3.1-Base	Plywood+EPS	106.01	48.29	154.30	5300.43	2414.47	7714.90
B.1.3.1-Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	105.63	48.13	153.76	5281.60	2406.40	7688.00
B.1.3.1-Base 2	Plywood+Fibra de Madera	105.45	48.05	153.49	5272.30	2402.43	7674.73
B.2.1.2-Base	Thermal Clay+Air	70.26	105.39	175.64	3512.90	5269.33	8782.23
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	70.01	105.01	175.01	3500.27	5250.40	8750.67
B.2.3.1-Base	Bloque de ladrillo+EPS	89.45	64.08	153.52	4472.40	3203.80	7676.20
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	89.04	63.81	152.85	4452.20	3190.37	7642.57
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	88.07	63.16	151.24	4403.73	3158.07	7561.80
B.2.3.2-Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	85.05	54.48	139.52	4252.40	2723.80	6976.20
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	84.65	54.21	138.86	4232.33	2710.47	6942.80
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	83.86	53.69	137.55	4193.10	2684.27	6877.37

LCA-Ambiental // Etapa de Uso							
Tipologia	Descripcion	Consumo ratio por m2		Datos Anuales TOTAL kWh/m2/vida útil	Consumo ratio por m2 por 50 años		Datos TOTAL kWh/m2/vida útil
		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/año	Consumo de Calefaccion kWh/m2/año		Consumo de Refrigeracion kWh/m2/vida útil	Consumo de Calefaccion kWh/m2/vida útil	
A.2-Base	Thermal Clay	-27.94	8.61	36.55	-1397.00	430.73	1827.73
B.1.3.1-Base	Plywood+EPS	-32.53	1.77	34.30	-1626.57	88.33	1714.90
B.2.1.2-Base	Thermal Clay+Air	-27.43	8.21	35.64	-1371.50	410.73	1782.23
B.2.3.1-Base	Bloque de ladrillo+EPS	-30.38	3.14	33.52	-1519.00	157.20	1676.20
B.2.3.2-Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	-29.76	3.10	32.86	-1487.83	155.03	1642.87

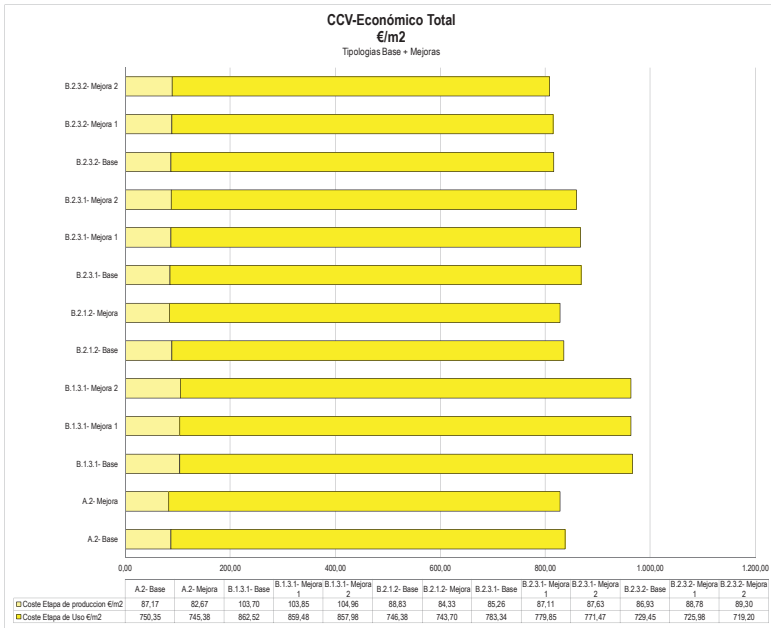
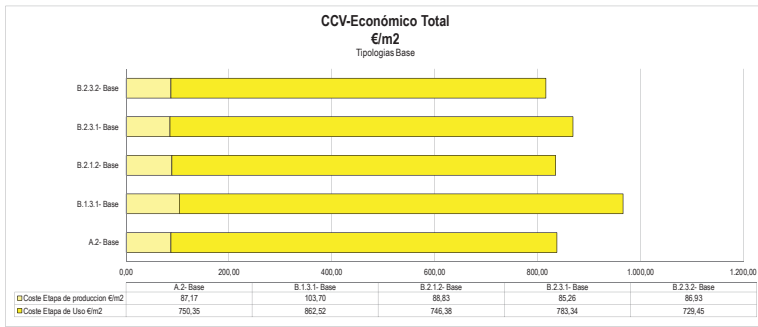


CCV- Analisis del coste del ciclo de vida

PRESUPUESTO DEL MODELO BOX		
Factor de Corrección	1,1	
Capítulos involucrados en el modelo BOX	€/m2 presupuesto base	€/m2 con el factor de corrección
Estructura	450,00	495,00
Muro Exterior		
Albañilería+ Aislamiento e Impermeabilización		
Carpintería	245,00	269,50
Acristalamiento	331,00	364,10
Protección solar	78,00	85,80
<b>TOTAL</b>	<b>1.104,00</b>	<b>1.214,40</b>

Euros	m2	Euros/m2
Presupuesto total actualiz	1.162.258,08	1.062,77
<b>Coste €/KWh</b>		
Consumo Electrico		0,141033
Consumo de Gas		0,04762449

Tipologia	Descripcion	Coste Etapa de produccion €/m2	Coste Etapa de Uso €/m2	Coste Total €/m2	Tipologia	Descripcion	Consumo Anual		Consumo ratio por m2		Datos Anuales TOTAL	Consumo total de etapa de uso ratio por m2	
							Refrigeracion	Calefaccion	Refrigeracion	Calefaccion		Refrigeracion	Calefaccion
A.2- Base	Thermal Clay	87,17	750,35	837,52	A.2- Base	Thermal Clay	1069,47	1589,2	70,83	105,95	176,58	3531,57	5297,33
A.2- Mejora	Aerated Concrete	82,67	745,38	828,05	A.2- Mejora	Aerated Concrete	1052,46	1578,68	70,16	105,25	175,41	3508,20	5262,27
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	103,70	862,52	966,22	B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	1550,13	724,34	106,01	48,29	154,30	5300,43	2414,47
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	103,85	859,48	963,33	B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	1584,48	721,92	105,63	48,13	153,76	5281,60	2406,40
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	104,96	857,98	962,94	B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	1581,69	720,73	105,45	48,05	153,49	5272,30	2402,43
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	88,83	746,38	835,21	B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	1063,87	1580,8	70,26	105,39	175,64	3512,90	5269,33
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	84,33	743,70	828,03	B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	1050,08	1575,12	70,01	105,01	175,01	3500,27	5260,40
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85,26	783,34	868,60	B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	1341,72	901,54	89,45	54,08	133,53	4472,40	3203,80
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	87,11	779,85	866,96	B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	1335,66	957,11	89,04	63,81	152,85	4452,20	3190,37
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	87,63	771,47	859,10	B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	1321,12	947,42	88,07	63,16	151,24	4403,73	3158,07
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86,93	729,45	816,38	B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	1275,72	817,14	85,05	54,48	139,52	4252,40	2723,80
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	88,78	725,98	814,76	B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	1299,7	813,14	84,85	54,21	138,86	4232,33	2710,47
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	89,30	719,20	808,50	B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	1297,93	805,28	83,86	53,69	137,55	4193,10	2684,27



CCV- Analisis del coste del ciclo de vida

CCV-Económico // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	87,17
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	103,70
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	88,83
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85,26
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86,93

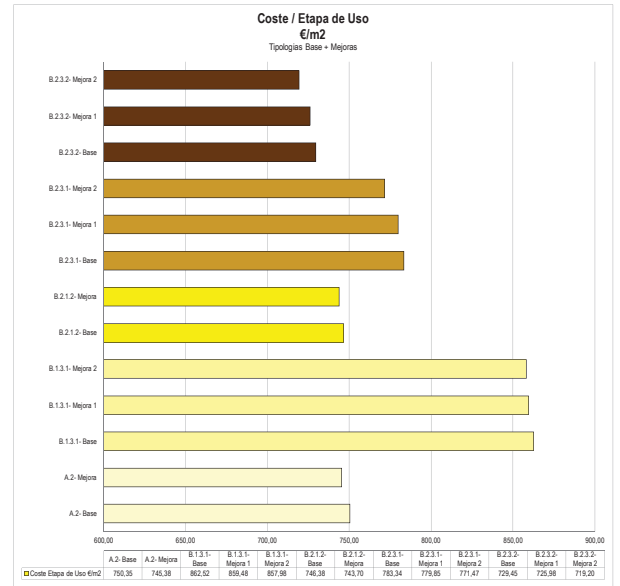
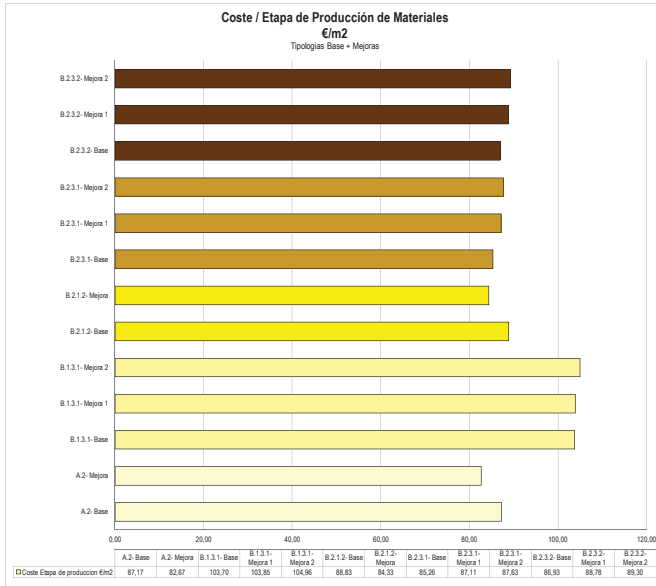
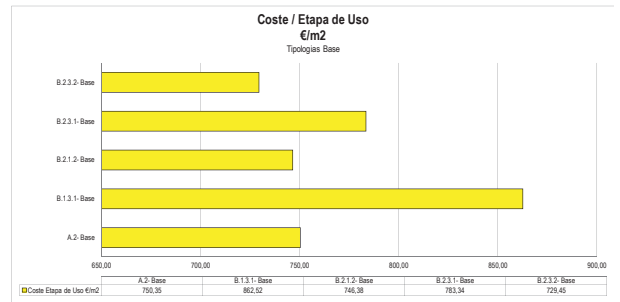
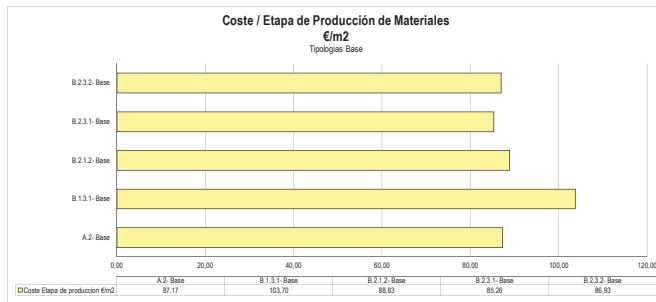
CCV-Económico // Etapa de Uso		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de Uso €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	750,35
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	862,52
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	746,38
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	783,34
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	729,45

CCV-Económico // Totalización				
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m2	Coste Etapa de Uso €/m2	Coste Total €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	87,17	750,35	837,52
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	103,70	862,52	966,22
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	88,83	746,38	835,21
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85,26	783,34	868,60
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	86,93	729,45	816,38

CCV-Económico // Etapa de Producción de Materiales		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	87,17
A.2- Mejora	Aerated Concrete	82,67
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	103,70
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	103,85
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	104,96
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	88,83
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	84,33
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85,26
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	87,11
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	87,63
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+ Camara ventilada	86,93
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	88,78
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	89,30

CCV-Económico // Etapa de Uso		
Tipología	Descripción	Coste Etapa de Uso €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	750,35
A.2- Mejora	Aerated Concrete	745,38
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	862,52
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	859,48
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	857,98
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	746,38
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	743,70
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	783,34
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	779,85
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	771,47
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+ Camara ventilada	729,45
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	725,98
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	719,20

CCV-Económico // Totalización				
Tipología	Descripción	Coste Etapa de producción €/m2	Coste Etapa de Uso €/m2	Coste Total €/m2
A.2- Base	Thermal Clay	87,17	750,35	837,52
A.2- Mejora	Aerated Concrete	82,67	745,38	828,05
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	103,70	862,52	966,22
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	103,85	859,48	963,33
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	104,96	857,98	962,94
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	88,83	746,38	835,21
B.2.1.2- Mejora	Aerated Concrete +Air	84,33	743,70	828,03
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	85,26	783,34	868,60
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	87,11	779,85	866,96
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	87,63	771,47	859,10
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+ Camara ventilada	86,93	729,45	816,38
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	88,78	725,98	814,76
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	89,30	719,20	808,50



ACV- Analisis del ciclo de vida Social

Stakeholders	Categorías de impacto	Empresa: Tabicosa Material: Termo Arcilla	Empresa: CEMEX Material: Hormigon Celular	Empresa: Garnica Material: Madera contrachapado	Empresa: BASF Material: Aislamiento EPS	Empresa: Rockwool Material: Aislamiento de lana mineral	Empresa: Gutex Material: Aislamiento de fibra de madera	Empresa: Majipesa Material: Bloque prefabricado de arcilla	Empresa: Valdivivas Material: Bloques prefabricado de hormigon
Empleados	Seguridad Laboral	-	X	-	-	X	-	X	-
	Libertad sindical y negociacion colectiva	-	X	X	X	X	X	X	X
	Evacion de trabajo infantil	-	X	X	X	X	-	-	X
	Salario justo	X	X	X	X	-	-	-	X
	Igualdad de oportunidades	-	-	-	X	-	-	-	-
	Beneficios laborales	-	X	-	X	X	X	X	X
	Respeto de derechos humanos	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ofertas de trabajo	-	X	X	X	X	-	-	-
	Compromiso de formacion	-	X	X	-	-	-	-	-
	Declaracion de mision con los empleados	-	X	X	-	-	-	-	X
Comunidad Local	Declaracion de mision con la comunidad	-	X	X	X	X	X	-	X
	Codigo etico	-	X	X	-	-	-	-	X
Consumidor	Certificado de calidad	-	X	-	X	X	X	X	X
	I+D Investigacion	-	-	X	X	-	-	-	-
Medioambiente	Certificado Medioambiental	-	X	X	X	X	X	X	X
	Compromiso Ambiental	-	X	X	-	X	X	X	X
Sociedad	Fundacion/ Charities	-	X	-	X	X	-	-	X
	RSC Responsabilidad Social Cooperativa	-	X	X	X	-	-	-	X
Raiting		02/18	16/18	12/18	12/18	11/18	07/18	07/18	13/18

Material	Empresa
Termo Arcilla	Tabicosa
Hormigon Celular	CEMEX
Madera contrachapado	Garnica
Aislamiento EPS	BASF
Bloque prefabricado de arcilla	Majipesa
Bloques prefabricado de hormigon	Valdivivas

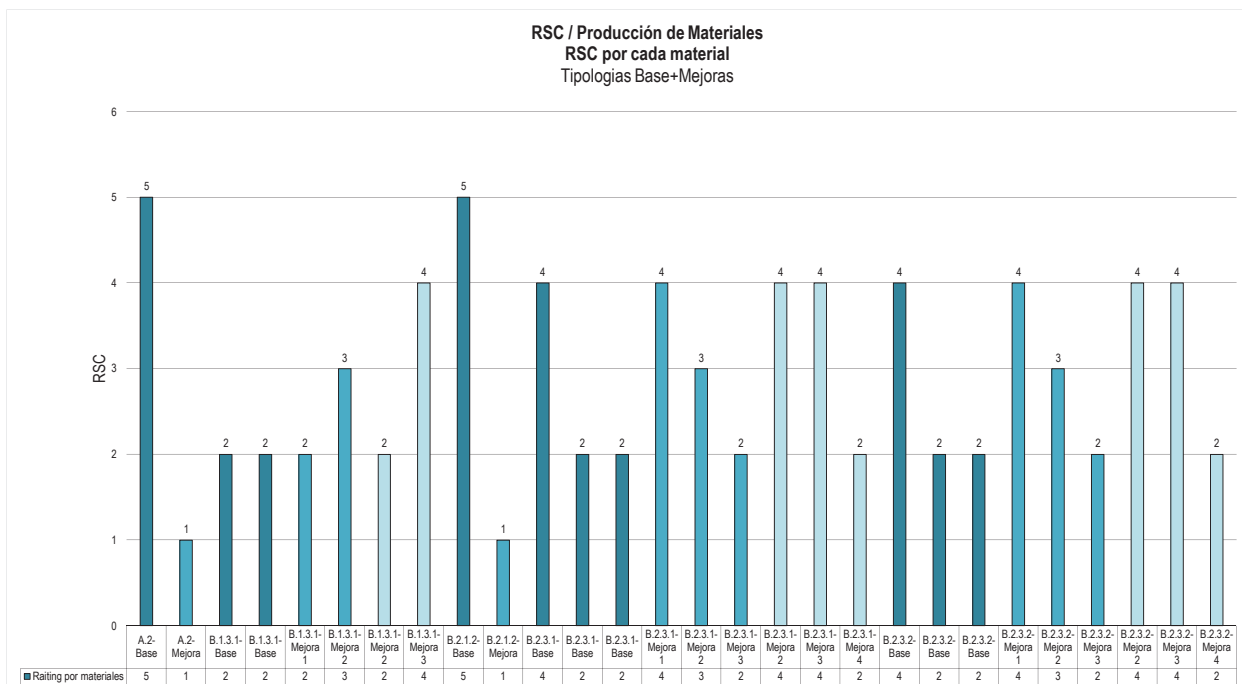
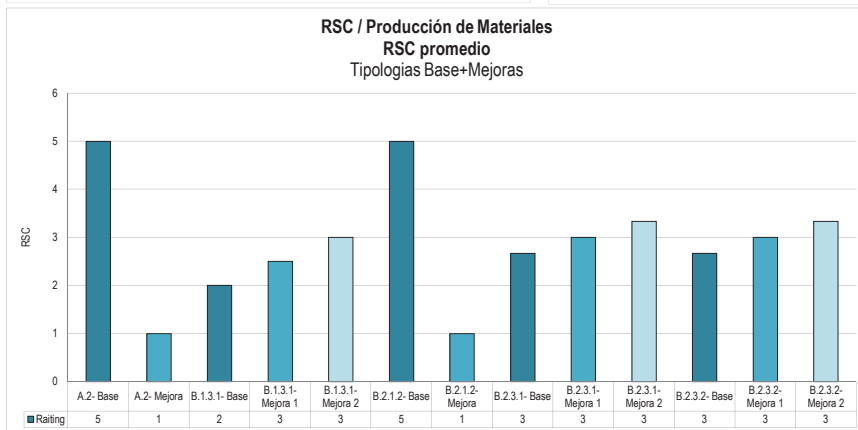
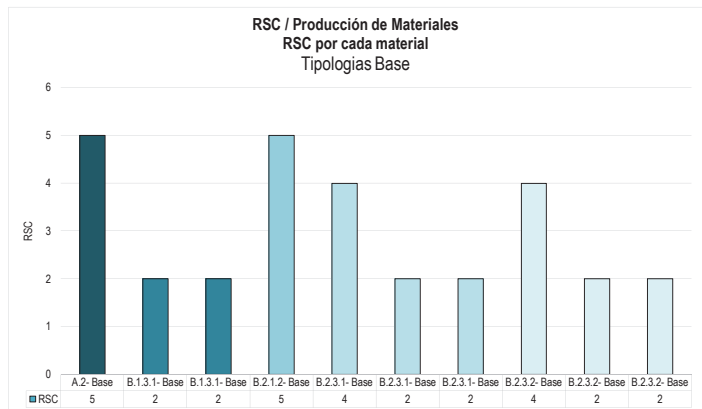
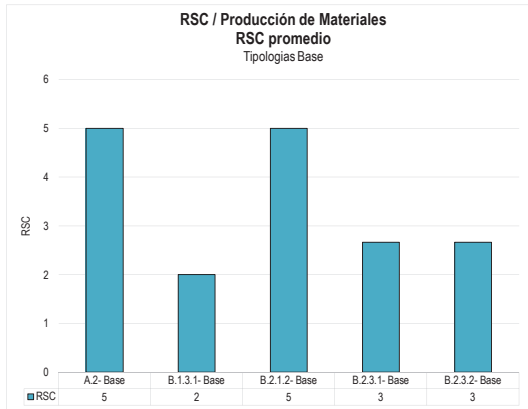
Raiting	
0 - 3	5
4 - 7	4
8 - 11	3
12 - 15	2
16 - 18	1

LCA-Social // Etapa de Producción de Materiales		
Tipologia	Descripcion	Raiting
A.2- Base	Thermal Clay	5
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	2
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	5
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	3

LCA-Social // Etapa de Producción de Materiales			
Tipologia	Descripcion	Raiting por materiales	Raiting promedio
A.2- Base	Thermal Clay	5	5
B.1.3.1- Base	Plywood	2	2
B.1.3.1- Base	EPS	2	2
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	5	5
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.1- Base	EPS	2	
B.2.3.1- Base	Bloque de Hormigon	2	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Base	EPS	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de Hormigon	2	3

LCA-Social // Etapa de Producción de Materiales		
Tipologia	Descripcion	Raiting
A.2- Base	Thermal Clay	5
A.2- Mejora	Aereted Concrete	1
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	2
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	3
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	3
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	5
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Air	1
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	3
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	3
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	3
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	3
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de vidrio+Camara ventilada	3

LCA-Social // Etapa de Producción de Materiales			
Tipologia	Descripcion	Raiting por materiales	Raiting promedio
A.2- Base	Thermal Clay	5	5
A.2- Mejora	Aereted Concrete	1	1
B.1.3.1- Base	Plywood	2	2
B.1.3.1- Base	EPS	2	2
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood	2	3
B.1.3.1- Mejora 2	Lana Mineral	3	3
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood	2	3
B.1.3.1- Mejora 3	Fibra de Madera	4	3
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Air	5	5
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Air	1	1
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.1- Base	EPS	2	
B.2.3.1- Base	Bloque de Hormigon	2	3
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.1- Mejora 2	Lana Mineral	3	3
B.2.3.1- Mejora 3	Bloque de Hormigon	2	
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.1- Mejora 3	Fibra de Madera	4	3
B.2.3.1- Mejora 4	Bloque de Hormigon	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Base	EPS	2	
B.2.3.2- Base	Bloque de Hormigon	2	3
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Mejora 2	Lana Mineral	3	3
B.2.3.2- Mejora 3	Bloque de Hormigon	2	
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo	4	
B.2.3.2- Mejora 3	Fibra de Madera	4	3
B.2.3.2- Mejora 4	Bloque de Hormigon	2	

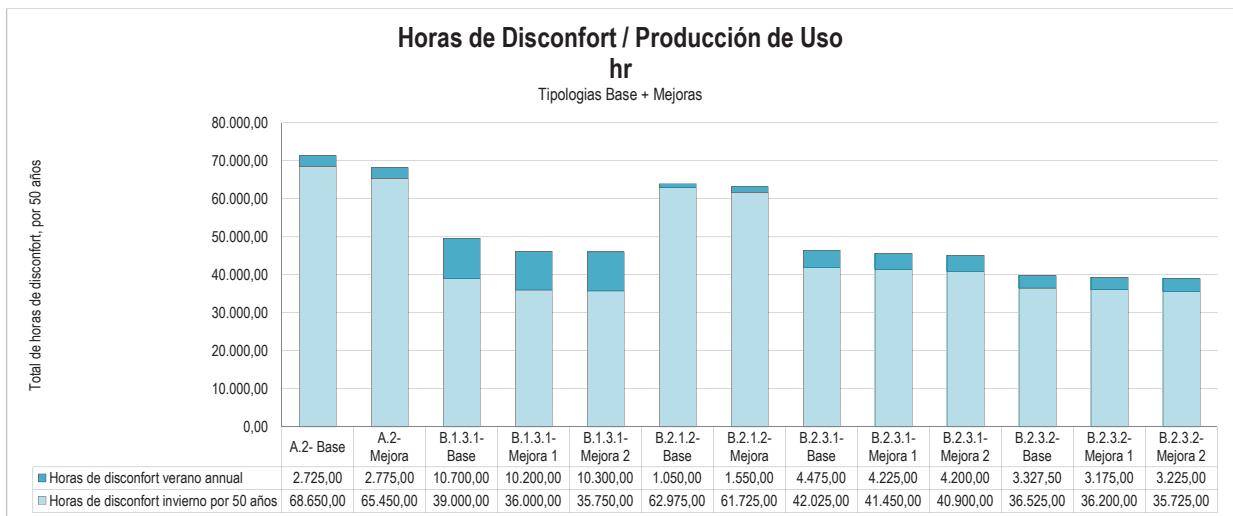
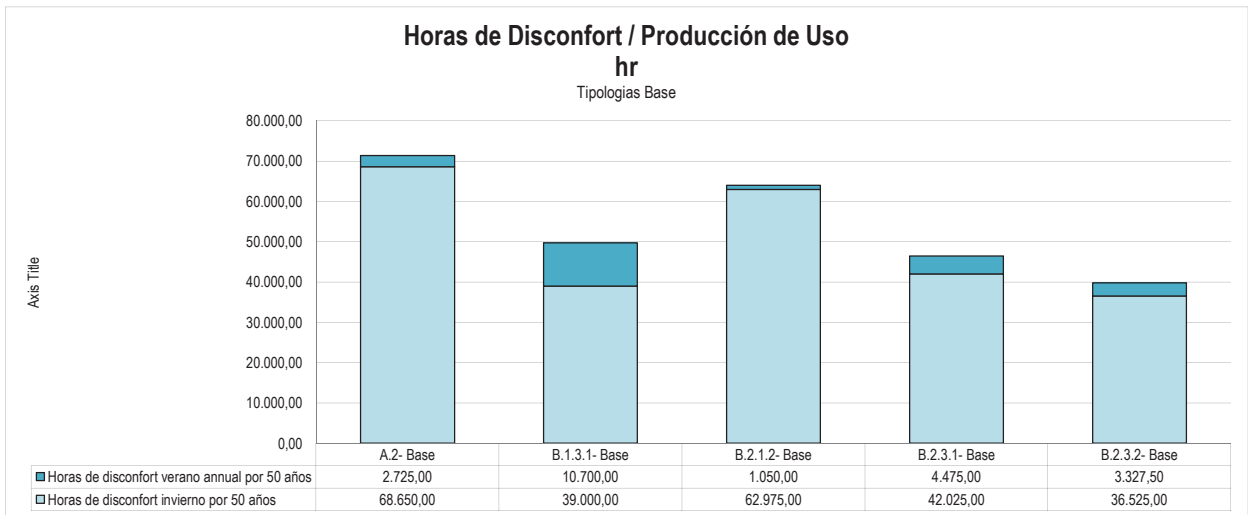




ACV- Analisis del ciclo de vida Social

LCA-Social // Etapa de Uso						
Tipologia	Descripcion	Horas de disconfort invierno anual	Horas de disconfort verano anual	Horas de disconfort invierno por 50 años	Horas de disconfort verano anual por 50 años	Total de horas de disconfort, por 50 años
A.2- Base	Thermal Clay	1.373,00	54,50	68.650,00	2.725,00	71.375,00
A.2- Mejora	Aereted Concrete	1.309,00	55,50	65.450,00	2.775,00	68.225,00
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	780,00	214,00	39.000,00	10.700,00	49.700,00
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	720,00	204,00	36.000,00	10.200,00	46.200,00
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	715,00	206,00	35.750,00	10.300,00	46.050,00
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1.259,50	21,00	62.975,00	1.050,00	64.025,00
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Aire	1.234,50	31,00	61.725,00	1.550,00	63.275,00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	840,50	89,50	42.025,00	4.475,00	46.500,00
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	829,00	84,50	41.450,00	4.225,00	45.675,00
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	818,00	84,00	40.900,00	4.200,00	45.100,00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	730,50	66,55	36.525,00	3.327,50	39.852,50
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	724,00	63,50	36.200,00	3.175,00	39.375,00
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de madera+Camara ventilada	714,50	64,50	35.725,00	3.225,00	38.950,00

LCA-Social // Etapa de Uso						
Tipologia	Descripcion	Horas de disconfort invierno anual	Horas de disconfort verano anual	Horas de disconfort invierno por 50 años	Horas de disconfort verano anual por 50 años	Total de horas de disconfort, por 50 años
A.2- Base	Thermal Clay	1.373,00	54,50	68.650,00	2.725,00	71.375,00
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	780,00	214,00	39.000,00	10.700,00	49.700,00
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1.259,50	21,00	62.975,00	1.050,00	64.025,00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	840,50	89,50	42.025,00	4.475,00	46.500,00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	730,50	66,55	36.525,00	3.327,50	39.852,50



Total ASCV

**ECOBRUJILA // RAITING**

		1	2	3	4	5
Ambiente	P.Materiales	< 670	670 - 1180	1180 - 1690	1690 - 2200	2200 >
	Uso	< 6900	6900 - 7575	7575 - 8250	8250 - 8800	8800 >
Economico	P.Materiales	< 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 >
	Uso	< 720	720 - 767	767 - 813	813 - 860	860 >
Social	P.Materiales	1	2	3	4	5
	Uso	< 38900	38900 - 49600	49600 - 60300	60300 - 71000	71000 >

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripcion	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Thermal Clay	1.328,66	8.828,90	87,17	750,35	5	71.375,00
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	720,92	7.714,90	103,70	862,52	2	49.700,00
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1.328,66	8.782,23	88,83	746,38	5	64.025,00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908,81	7.676,20	85,26	783,34	3	46.500,00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81	6.976,20	86,93	729,45	3	39.852,50

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripcion	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Thermal Clay	3	5	2	2	5	5
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	2	3	5	5	2	3
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	3	4	2	2	5	4
B.2.3.1- base	Bloque de ladrillo+EPS	2	3	2	3	3	3
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2

TOTAL ASCV
3,7
3,3
3,3
2,7
2,2

Resumen de Resultados		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripcion	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Thermal Clay	1.328,66	8.828,90	87,17	750,35	5	71.375,00
A.2- Mejora	Aereted Concrete	2.205,62	8.770,47	82,67	745,38	1	68.225,00
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	720,92	7.714,90	103,70	862,52	2	49.700,00
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	670,38	7.688,00	103,85	859,48	3	46.200,00
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	672,76	7.674,73	104,96	857,98	3	46.050,00
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	1.328,66	8.782,23	88,83	746,38	5	64.025,00
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Aire	2.205,62	8.750,67	84,33	743,70	1	63.275,00
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	908,81	7.676,20	85,26	783,34	3	46.500,00
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	850,49	7.642,57	87,11	779,85	3	45.675,00
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	853,24	7.561,80	87,63	771,47	3	45.100,00
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	908,81	6.976,20	86,93	729,45	3	39.852,50
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	850,49	6.942,80	88,78	725,98	3	39.375,00
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de madera+Camara ventilada	853,24	6.877,37	89,30	719,20	3	38.950,00

Resumen de resultados de evaluación de ASCV		Ambiente		Economico		Social	
Tipologías Bases + Mejoras		P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso	P.Materiales	Uso
Tipología	Descripcion	kWh/m2		€/m2		RSC	hr
A.2- Base	Thermal Clay	3	5	2	2	5	5
A.2- Mejora	Aereted Concrete	5	4	1	2	1	4
B.1.3.1- Base	Plywood+EPS	2	3	5	5	2	3
B.1.3.1- Mejora 1	Plywood+Lana Mineral	1	3	5	4	3	2
B.1.3.1- Mejora 2	Plywood+Fibra de Madera	2	3	5	4	3	2
B.2.1.2- Base	Thermal Clay+Aire	3	4	2	2	5	4
B.2.1.2- Mejora	Aereted Concrete +Aire	5	4	1	2	1	4
B.2.3.1- Base	Bloque de ladrillo+EPS	2	3	2	3	3	3
B.2.3.1- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral	2	3	2	3	3	2
B.2.3.1- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de Madera	2	3	2	1	3	1
B.2.3.2- Base	Bloque de ladrillo+EPS+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2
B.2.3.2- Mejora 1	Bloque de ladrillo+Lana Mineral+Camara ventilada	2	2	2	2	3	2
B.2.3.2- Mejora 2	Bloque de ladrillo+Fibra de madera+Camara ventilada	2	1	2	1	3	2

TOTAL ASCV
3,7
2,8
3,3
3,0
3,2
3,3
2,8
2,7
2,5
2,0
2,2
2,2
1,8



**7- c. CALCULO DE FACTOR DE  
CORRECCIÓN PARA EL CÁLCULO DEL  
IMPACTO ECONÓMICO EN LA ETAPA DE  
PRODUCCIÓN DE MATERIALES.**

**BOLETÍN ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**Cambrá de comerç de Barcelona**

<b>casa de renta normal entre medianeras</b>		2009(agosto) pg.207	2010 (agosto) pg. 207	2008 pg.207	
2016 (agosto) pg.208					
movimiento de tierras	5,85	5,65	5,67	5,63	
cimentación	10,64	43,86	51,13	43,77	
estructura	145,05	135,6	154,15	134,52	
saneamiento (horizontal y vertical)	30,1	20,78	20,84	20,64	
albañilería gruesa	182,03	140,32	142,85	161,19	
albañilería azoteas e impermeabilización	28,14	20,82	21,24	23,66	
albañilería acabados de fachada	32,13	34,56	31,06	31,15	
albañilería solados	73,09	70,24	71,5	69,55	
albañilería acabados interiores	44,85	42,82	43,59	42,31	
albañilería ayudas industriales	31,95	30,98	30,98	33,03	
yesería y cielos rasos	48,52	47,89	48,37	37,34	
cerrajería	29,08	25,59	28,26	17,92	
carpintería exterior	44,95	44,5	44,5	37,76	
carpintería interior	47,86	43,73	44,87	42,13	
persianas	5,77	5,71	5,71	5,6	
fontanería	38,34	37,04	37,04	56,33	
renovación de aire	12,13	12	12	12	
energía solar (ACS)	42,63	39,02	39,02	29,58	
material sanitario y grifería	28,12	23,99	23,99	21,28	
electricidad	58,59	56,63	56,63	51,87	
calefacción	47,72	46,18	46,18	37,21	
instalaciones especiales	16,61	16,61	16,61	22,46	
fumistería y muebles de cocina	49,73	34,94	34,94	34,94	
ascensores	10,17	9,69	9,69	9,5	
vidriería	10,55	9,88	9,88	9,64	
pintura y estuco	41,8	40,07	40,27	30,89	
<b>TOTAL</b>	<b>1116,4</b>	<b>1039,1</b>	<b>1070,97</b>	<b>1021,9</b>	
seguridad y salud, 2%	22,33	20,78	21,41	20,44	
honorarios técnicos y permisos de obra, 9.5%	106,06	98,71	101,74	97,08	
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1244,79</b>	<b>1158,59</b>	<b>1194,12</b>	<b>1139,42</b>	<b>factor de corrección</b>

Valores en € por m2 edificado sobre rasante, incluido 20% beneficio industrial y gastos generales

<b>edificación aislada, viviendas-aparcamiento de 40m2 útiles</b>		2009(agosto) pg.208	2010 (agosto) pg. 208	2008 pg.208	
2016 (agosto) pg.209					
movimiento de tierras	4,9	4,75	4,76	4,74	
cimentación	9,75	9,92	11,57	9,9	
estructura	125,8	128,81	146,44	127,66	
saneamiento (horizontal y vertical)	19,43	16,67	16,72	16,55	
albañilería gruesa	132,77	124,99	127,34	164,28	
albañilería azoteas e impermeabilización	46,92	39,82	40,61	26,53	
albañilería acabados de fachada	27,7	26,67	27,07	24,11	
albañilería solados	61,2	58,82	59,88	58,24	
albañilería acabados interiores	32,1	30,64	31,19	30,28	
albañilería ayudas industriales	28,02	31,17	27,17	33,49	
yesería y cielos rasos	41,2	40,67	41,08	31,75	
cerrajería	26,04	22,91	25,3	16,04	
carpintería exterior	37,39	37,02	37,02	31,41	
carpintería interior	52,52	47,95	49,2	36,96	
persianas	6,56	6,49	6,49	6,33	
fontanería	40,51	38,79	38,79	59	
renovación de aire	12,13	12	12	12	
energía solar (ACS)	49,23	48,43	48,43	36,72	
material sanitario y grifería	25,66	21,78	21,78	19,32	
electricidad	40,81	39,05	39,05	54,09	
calefacción	44,88	42,89	42,89	34,56	
instalaciones especiales	17,23	17,23	17,23	23,2	
fumistería y muebles de cocina	34,46	29,73	29,73	29,73	
ascensores	9,1	8,67	8,67	8,5	
vidriería	16,09	15,07	15,07	14,7	
pintura y estuco	48,16	46,16	46,39	35,58	
<b>TOTAL</b>	<b>990,56</b>	<b>947,1</b>	<b>971,87</b>	<b>945,67</b>	
seguridad y salud, 2%	19,81	19,34	19,44	18,91	
honorarios técnicos y permisos de obra, 9.5%	94,1	91,87	92,33	89,84	
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1104,47</b>	<b>1058,31</b>	<b>1083,64</b>	<b>1054,42</b>	

Valores en € por m2 edificado sobre rasante, incluido 20% beneficio industrial y gastos generales

<b>vivienda plurifamiliar aislada renta social altura B+4 plantas</b>		2009 (agosto) pg.210	(edificio parecido, no el mismo de 2016) 2010 (agosto) pg. 210	igual 2010 2008 pg.210	
2016 (agosto) pg.210					
movimiento de tierras	2,13	3,06	3,07	3,05	
cimentación	6,96	11,77	11,81	11,75	
estructura	100,29	105,33	116,57	104,18	
saneamiento (horizontal y vertical)	28,56	15,51	15,56	15,4	
albañilería gruesa	191,01	150,18	152,89	186,91	
albañilería azoteas e impermeabilización	13,3	43,47	44,69	28,96	
albañilería acabados de fachada	30,87	23,92	24,09	21,57	
albañilería solados	41,14	43,07	43,85	42,64	
albañilería acabados interiores	31,88	29,17	29,7	28,82	
albañilería ayudas industriales	21,31	17,53	17,53	20	
yesería y cielos rasos	50,42	32,36	32,68	25,26	
cerrajería	20,59	10	11,04	7	
carpintería exterior	36,84	31,86	31,86	16,74	
carpintería interior	27,6	17,39	17,84	16,95	
persianas	5,6	2,33	2,33	2,27	
fontanería	27,06	25,9	25,9	39,39	
renovación de aire	15,11	12	12	12	
energía solar (ACS)	41,39	34,98	34,98	26,52	
material sanitario y grifería	9,83	15,57	15,57	13,8	
electricidad	33,6	44,98	44,98	41,2	
calefacción	35,42				
instalaciones especiales	12,35	12	12	16,16	
fumistería y muebles de cocina	32,29	21,17	21,17	21,17	
ascensores	7,5	10,51	10,51	10,3	
vidriería	12,92	12,61	12,61	12,3	
pintura y estuco	22,34	29,91	30,06	23,11	
<b>TOTAL</b>	<b>858,31</b>	<b>756,58</b>	<b>775,29</b>	<b>747,45</b>	
seguridad y salud, 2%	17,17	15,13	15,51	14,95	100
honorarios técnicos y permisos de obra, 9.5%	81,54	71,87	73,65	71,01	1,25
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>957,02</b>	<b>843,58</b>	<b>864,45</b>	<b>833,41</b>	100

Valores en € por m2 edificado sobre rasante, incluido 20% beneficio industrial y gastos generales

**vivienda plurifamiliar aislada renta social altura B+2 plantas**  
2016 (agosto) pg.211

movimiento de tierras	3,17
cimentación	11,88
estructura	100,09
saneamiento (horizontal y vertical)	21,46
albañilería gruesa	162,52
albañilería azoteas e impermeabilización	30,33
albañilería acabados de fachada	24,34
albañilería solados	41,14
albañilería acabados interiores	24
albañilería ayudas industriales	26,23
yestería y cielos rasos	28,84
cerrajería	19,7
carpintería exterior	32,18
carpintería interior	27,59
persianas	3,2
fontanería	27,06
renovación de aire	36,83
energía solar (ACS)	15,11
materiales sanitarios y grifería	41,39
electricidad	9,83
calefacción	49,9
instalaciones especiales	17
fumistería y muebles de cocina	32,29
ascensores	11,15
vidriería	12,24
pintura y estuco	30,2
<b>TOTAL</b>	<b>839,67</b>
seguridad y salud, 2%	16,79
honorarios técnicos y permisos de obra, 9.5%	79,77
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>936,23</b>

Valores en € por m2 edificado sobre rasante, incluido 20% beneficio industrial y gastos generales

**vivienda unifamiliar sencilla de 2 plantas entre medianeras**  
2016 (agosto) pg.215

movimiento de tierras	6,46
cimentación	26,67
estructura	122,82
saneamiento (horizontal y vertical)	22,94
albañilería gruesa	183,16
albañilería azoteas e impermeabilización	37,15
albañilería acabados de fachada	27,34
albañilería solados	62,27
albañilería acabados interiores	23,21
albañilería ayudas industriales	22,57
yestería y cielos rasos	35,84
cerrajería	26,74
carpintería exterior	38,67
carpintería interior	27,91
persianas	5,2
fontanería	37,61
renovación de aire	12,13
energía solar (ACS)	35,49
materiales sanitarios y grifería	18,76
electricidad	35,75
calefacción	29,97
instalaciones especiales	17,23
fumistería y muebles de cocina	34,68
vidriería	12,51
pintura y estuco	24,69
<b>TOTAL</b>	<b>927,77</b>
seguridad y salud, 2%	18,56
honorarios técnicos y permisos de obra, (2016) 13,5%	125,25
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1071,58</b>

2009 (agosto) pg.214

movimiento de tierras	6,32
cimentación	23
estructura	144,85
saneamiento (horizontal y vertical)	19,71
albañilería gruesa	187,54
albañilería azoteas e impermeabilización	42,83
albañilería acabados de fachada	26,7
albañilería solados	59,86
albañilería acabados interiores	39,63
albañilería ayudas industriales	27,31
yestería y cielos rasos	52,11
cerrajería	17,05
carpintería exterior	20,04
carpintería interior	19,82
persianas	2,85
fontanería	43,81
renovación de aire	12
energía solar (ACS)	34,98
materiales sanitarios y grifería	15,93
electricidad	38,27
calefacción	46,24
instalaciones especiales	17,23
fumistería y muebles de cocina	31,59
vidriería	14,82
pintura y estuco	39,58
<b>TOTAL</b>	<b>984,07</b>
seguridad y salud, 2%	19,68
honorarios técnicos y permisos de obra, (2009) 13,5%	132,85
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1136,6</b>

(edificio parecido, no el mismo de 2016)  
2010 (agosto) pg. 214

movimiento de tierras	6,34
cimentación	23,1
estructura	164,99
saneamiento (horizontal y vertical)	19,76
albañilería gruesa	190,93
albañilería azoteas e impermeabilización	44
albañilería acabados de fachada	26,96
albañilería solados	60,93
albañilería acabados interiores	40,34
albañilería ayudas industriales	27,31
yestería y cielos rasos	52,63
cerrajería	18,83
carpintería exterior	20,76
carpintería interior	20,61
persianas	2,85
fontanería	43,81
renovación de aire	12
energía solar (ACS)	34,98
materiales sanitarios y grifería	15,93
electricidad	38,27
calefacción	46,24
instalaciones especiales	17,23
fumistería y muebles de cocina	31,59
vidriería	14,82
pintura y estuco	39,78
<b>TOTAL</b>	<b>1014,99</b>
seguridad y salud, 2%	20,3
honorarios técnicos y permisos de obra, (2010) 13,5%	137,02
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1172,31</b>

igual 2010  
2008 pg 214

movimiento de tierras	6,3
cimentación	22,95
estructura	143,27
saneamiento (horizontal y vertical)	19,57
albañilería gruesa	212,95
albañilería azoteas e impermeabilización	35,27
albañilería acabados de fachada	24
albañilería solados	59,27
albañilería acabados interiores	39,16
albañilería ayudas industriales	26,17
yestería y cielos rasos	40,67
cerrajería	11,94
carpintería exterior	19,71
carpintería interior	19,1
persianas	2,78
fontanería	43,38
renovación de aire	12
energía solar (ACS)	26,52
materiales sanitarios y grifería	14,13
electricidad	35,05
calefacción	37,26
instalaciones especiales	23,2
fumistería y muebles de cocina	31,59
vidriería	14,46
pintura y estuco	39,11
<b>TOTAL</b>	<b>959,81</b>
seguridad y salud, 2%	19,2
honorarios técnicos y permisos de obra, (2008) 14,5%	139,57
<b>TOTAL €/M2</b>	<b>1118,58</b>

Valores en € por m2 edificado sobre rasante, incluido 20% beneficio industrial y gastos generales



**CONSTRUC**  
**Revista técnica de la construcción.**

plurifamiliar Pareadas PB+PP+Parking 2016 (1) pg.110-111

plurifamiliar Alisado 25viv+trateros+parking

plurifamiliar entre medianeras 25viv 30m2 pb+pt+1+2

plurifamiliar 23viv parking+ pb+pt+1+2

	2010	2009	2008	2016	2010	2009	2008	2016	2010	2009	2008	2016	2010	2009	2008	
1 movimiento de tierras	35,36	40,54	40,44	12,98	15,32	15,32	15,25	34,5	41,8	41,8	41,66	10,5	12,92	12,92	12,88	
2 cimentaciones	173,5	182,64	181,08	21,9	22,26	24,85	24,74	55,2	55,34	58,78	58,29	18,99	19,07	20,79	20,77	
3 saneamiento	20,29	20,29	20,29	8,57	9,05	8,93	8,85	14,98	14,98	14,98	14,98	14,25	14,29	14,29	14,21	
4 estructura	179,2	180,53	185,45	124,3	124,53	130,04	129,54	121,43	121,81	126,58	124,88	106,9	106,77	107,3	107	
5 albanilería	312,81	313,05	309,31	86,31	89,7	89,75	85,41	60,13	63,47	63,47	60,89	124,78	126,6	126,67	125,4	
6 cubiertas	50,12	51,92	51,25	26,95	28,01	28,47	27,63	10,82	10,88	10,88	11,15	13,14	13,17	13,44	12,97	
7 revocos y enyesados	23,17	21,17	20,99	50,07	47,03	47,97	46,74	24,72	22,67	23,16	22,64	54,62	51,81	52,69	51,4	
8 solados y alicatados	80,77	96,6	95,7	41,98	43,68	44,72	44,16	88,97	92,45	93	92,45	41,76	43,9	43,93	42,85	
9 carpintería de taller	164,04	164,04	164,04	41,38	41,38	41,38	41,38	77,69	77,69	77,69	77,69	42,35	42,35	42,35	42,35	
10 carpintería metálica	57,27	57,27	57,27	30,97	33,18	33,18	33,18	20,61	20,61	20,61	20,61	63,45	70,09	70,09	70,09	
11 cerrajería	22,77	22,77	22,77	12,96	12,96	12,96	12,96	8,38	8,38	8,38	8,38	17,35	17,35	17,35	17,35	
12 vidriería	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,61	1,61	1,61	1,61	6,06	6,06	6,06	6,06	
13 electricidad	14,77	14,46	14,46	29,09	28,56	28,56	28,56	31,9	31,9	31,9	31,9	42,72	41,9	41,9	41,9	
14 fontanería	7,11	7,11	7,11	19,96	19,56	19,56	19,56	28,1	28,1	28,1	28,1	14,02	13,57	13,57	13,57	
15 gas	18,59	17,96	17,96	6,41	6,41	6,41	6,41	37,73	37,73	37,73	37,73	14,72	14,23	14,23	14,23	
16 calefacción por agua																
17 aire acondicionado	6,66	6,66	6,66	9,09	9,09	9,09	9,09	32,11	32,11	32,11	32,11	56,71	56,37	54,6	54,6	
18 audiovisuales y telefonía																
19 aparatos elevadores	6,87	6,87	6,87	18,49	18,49	18,49	18,49	7,64	7,64	7,64	7,64	6,21	6,21	6,21	6,21	
20 electrodomésticos	17,19	17,19	17,19	5,29	5,63	5,31	5,31	33,28	33,28	33,28	33,28	7,09	7,09	7,09	7,09	
21 sanitarios y grifería	10,24	10,24	10,24	15,89	13,93	13,93	13,93	15,4	15,4	15,4	15,4	29,66	29,66	29,66	29,66	
22 pintura y estucos	20,06	20,06	20,06	43,18	43,18	43,18	43,18	11,26	10,37	10,37	10,22	10,91	10,91	10,91	10,91	
23 aparcamientos interiores	2,18	2,18	2,18	12,88	13,13	13,91	13,82	19,34	19,34	19,34	19,34	6,06	6,06	6,06	6,06	
24 jardín exterior																
25 instalaciones seguridad	1224	1265,88	1251,19	624,45	630,9	641,83	634	744,24	755,74	765,25	759,38	696,19	704,32	706,05	701,5	

Sin beneficio constructor ni costes indirectos

**factores de corrección**

Barcelona	0,982438	0,970535	0,978269	0,984783	0,972545	0,980063	0,988457	0,986035	0,992431
Tarragona	1,011864	1,011864	1,012723	1,031	1,030401	1,033969	1,011731	1,011605	1,013124
Lleida	1,010345	1,002566	1,009475	1,028754	1,017106	1,029042	1,009931	1,001873	1,00868
Girona	1,004237	0,990803	1,004237	1,020275	1,002132	1,022653	1,0042	0,991488	1,004269
Girona									





## **8. VINCULACIÓN DEL AUTOR CON EL TEMA**



# VINCULACIÓN DEL AUTOR CON EL TEMA

Proyectar arquitectura sostenible en Venezuela no es un objetivo principal como en otros países, ya que los conceptos más básicos no se enseñan en las universidades, y no existe un mercado de materiales sostenibles (aislantes térmicos, carpinterías con doble vidrio, fachadas ventiladas, etc.). Las tendencias arquitectónicas de las últimas décadas han sido heredadas de modelos americanos e implantarlos en ciudades tropicales sin adaptarlos al clima, construidos con materiales no autóctonos y técnicas de sistemas constructivos extranjeras sin adaptarlas a la realidad local.

Estas malas decisiones se basan en la construcción desmesurada que hubo en la década de los ochenta de edificios de oficinas con sistemas de envolventes de muro cortina. Teniendo como resultados edificios herméticos que no utilizan ventilaciones cruzadas, que trabajan con un único material de recubrimiento el vidrio, haciendo que el interior del edificio se recaliente y genere una alta dependencia a sistemas de refrigeración con un alto consumo de electricidad.

A en la actualidad Venezuela es el país que mayor consumo de energía eléctrica en Latinoamérica, tomando como referencia los datos del Banco Mundial sobre consumos per cápita de cada país (Banco Mundial, 2012) teniendo 3.287 kWh per cápita para el año 2010. Las malas decisiones

arquitectónicas han contribuido con esta situación.

Teniendo actualmente edificios que consumen mucha energía eléctrica, que no reutilizan sus aguas grises y no gestionan sus residuos. Habiendo como resultado edificios y ciudades llenas de basura sin procesar, y un país entero con escases de agua potable y electricidad, teniendo que vivir bajo régimen de horarios de cortes eléctricos y con posibilidades de bajas de tensión excesivas.

Todos estos problemas podrían haberse evitado si se hubiera pensado en construir de una manera sostenible, sobre todo considerando que Venezuela es un país productor de energía eléctrica y tiene muchos recursos hidrográficos, además de estar localizado cerca del Ecuador, por lo tanto, tiene mucha radiación solar que se podría transformar en energía verde.

Por esta razón he decidido estudiar en el Máster de Arquitectura sostenible y eficiencia energética en ESTAT La Salle (2010-2011), para con esta especialización lograr entender y aprender todos los conceptos necesarios para aplicar la sostenibilidad a mis proyectos profesionales. Luego de la especialización surgió la inquietud de hacer el doctorado para no solo profundizar mis estudios si no también incorporarme al espacio de la

investigación académica.

Con esto en mente, la tesis doctoral propuesta en este trabajo deriva de un trabajo anterior realizado como trabajo final del Máster Universitario de Proyecto Integrado de Arquitectura que realice en la ETSALS La Salle (2011-2012), donde se desarrolló la clasificación de los sistemas de envolventes tomando en cuenta su funcionamiento en términos de sostenibilidad, enfocado en el intercambio de energía, y analice un caso de estudio, siendo un punto de partida de la tesis.

El objetivo de la investigación que se propone como trabajo de tesis doctoral es no solo profundizar sobre esta clasificación, si no también comprobar el funcionamiento de estos sistemas haciendo análisis del ciclo de vida de los mismos, aplicados a diferentes tipos del clima del ámbito europeo, teniendo como objetivo la comparativa de estos diferentes sistemas.

La vinculación con Venezuela permanece por medio de la revista *Entrerayas* donde en septiembre del 2012 realice una entrevista de radio para hablar sobre los conceptos de sostenibilidad y como aplicarlos en países latinoamericanos con bajos recursos y problemas sociales. Y en el año 2013 participe como editora invitada para publicar el primer número dedicado enteramente a

sostenibilidad de la misma revista. A su vez en el año 2014 una parte de la investigación de esta tesis fue publicada y presentada en las jornadas de investigación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela.

Esta investigación engloba tres temas relevantes, la Arquitectura Sostenible, la incorporación tangible de la Triada de la Sostenibilidad al ámbito de la construcción y el análisis del muro exterior como sistema. Proyectar arquitectura sostenible implica saber diseñar respetando los tres principios de la sostenibilidad que son el impacto económico, social y Ambiental. La importancia en estudiar estos temas es que reúnen soluciones para problemas que los arquitectos de hoy en día tienen que enfrentar.

En mi opinión la envolvente es un mecanismo arquitectónico de gran importancia. Es un elemento que no solo tiene una complejidad en términos de funcionamiento, si no que a su vez le da carácter al edificio, y revisando las obras en las que he estado involucrada a nivel profesional, me di cuenta que siempre he demostrado interés en hacer de la envolvente del edificio una parte relevante del diseño del mismo. Por otra parte, me parece significativo reflejar la importancia que tiene la relación entre la envolvente del edificio y su funcionamiento en términos sostenibles del mismo.

Tomando esto en consideración, en noviembre del 2012 me incorpore al grupo de investigación Arquitectura, Representación y Computación (ARC) dirigido por el Prof. Dr. Leandro Madrazo, en la Facultad de Arquitectura de ETSAT La Salle (Barcelona, España), teniendo como objetivo unir el tema de investigación a otras investigaciones que están actualmente en curso. Dentro de este grupo de investigación he colaborado con investigaciones y tesis doctorales, integrando en ellas diferentes tipos de análisis y simulaciones energéticas. Esta experiencia me ha ayudado a concentrarme más con el aprendizaje en la investigación dentro de la arquitectura y en orientar no solo mi tema de tesis, sino también las metodologías y aplicaciones de la misma.

A su vez, desde el año 2011 al 2014 tuve la oportunidad de dar clases en la materia Herramientas de Optimización de la Demanda, dentro del Máster de Arquitectura sostenible y eficiencia energética, en ETSALS La Salle. Enseñando análisis y modelado en Design Builder como simulador energético, y explicando cómo este tipo de software puede apoyar un proceso de diseño para que el proyecto sea más sostenible.

Luego en el año 2014 tuve la oportunidad de participar en un intercambio internacional con la Universidad de Greenwich (Londres), donde participe

como investigadora en el grupo de investigación "Sustainable Built Environment Research Group (SBERG) donde hice un estudio sobre Análisis del Ciclo de vida comparativos de diferentes tipos de fachadas vegetales. Esta Investigación ha sido publicada en 6 congresos internacionales, 3 revistas científicas y 2 revistas informativas. Teniendo buenas críticas de paneles de especialistas.

Actualmente me encuentro trabajando como Arquitecto y especialista en el área de sostenibilidad en la ciudad de Londres, como la Directora del grupo de Sostenibilidad en la oficina PDP London; donde tengo la oportunidad de poner en practica todos mis conocimientos, en proyectos tangibles que están siendo construidos actualmente. Muchos de los cuales son nueva construcción, por lo cual ha podido tener relación directa con esta investigación, como también he tenido la oportunidad de hacer estudios de ACV sobre proyectos profesionales utilizando la metodología de esta investigación.

Para finalizar, es importante decir que la arquitectura sostenible no es solo el futuro, es el presente, por lo tanto, en mi opinión las investigaciones sobre cualquier tema que contribuya a solucionar estos problemas y a cambiar la manera en la que los arquitectos proyectan la arquitectura, son la línea de investigación a seguir hoy en día.

# Michelle Sánchez de León Brajkovich

Fecha de Nacimiento: 01/20/1983

Teléfono: +44 (0) 7762969409

Email: [michellesanchezb@gmail.com](mailto:michellesanchezb@gmail.com)

Portafolio: [http://issuu.com/michellesanchezb/docs/portfolio\\_msdlb\\_book](http://issuu.com/michellesanchezb/docs/portfolio_msdlb_book)

ID - Investigador: Orcid ID\_ 0000-0002-1335-4604

## RESUMEN PROFESIONAL

---

Arquitecto y consultor de sostenibilidad con más de 10 años de experiencia profesional, especializado en el área de arquitectura sostenible y eficiencia energética. Con una gran experiencia en el diseño arquitectónico y urbano, Colaboración y apoyo como Arquitecto en el desarrollo y planificación de proyectos arquitectónicos y urbanos, desde RIBA etapas 1 a 6. Trabajando como Arquitecto y Manager del Modelo en Revit.

Capacidad para dirigir, supervisar, motivar y formar equipos multidisciplinarios. Capacidad para resolver problemas en proyectos arquitectónicos y en un entorno de oficina. Experiencia en promover el desarrollo de una empresa para crecer, generar clientes y mantener al personal motivado. Con alta tolerancia al estrés, habilidades organizacionales, gestión del tiempo, compromiso profesional, iniciativa, creatividad, flexibilidad, entre otras cualidades.

**Objetivos de carrera:** formar parte de un equipo profesional, desarrollando proyectos urbanísticos y arquitectónicos sostenibles. Incorporación de conceptos de sostenibilidad y eficiencia energética a los proyectos. Continuar desarrollándose dentro de una empresa, crecer como profesional y llegar a un nivel superior.

## PROFESIONAL

---

05/2015- Presente - Arquitecto y Directora de Sostenibilidad. PDP London/ London, UK. <http://www.pdplondon.com/>  
PDP London es una oficina internacional de arquitectura, conocida por la hábil integración de la arquitectura contemporánea en entornos históricos y la experiencia en residencial de gama alta. Colaboración y apoyo como Arquitecto en el desarrollo y planificación de proyectos arquitectónicos y urbanos, desde las etapas A a H de RIBA. Dirección del área de Sostenibilidad de la oficina, verificando que cada proyecto tenga un buen nivel de sostenibilidad, e impulsando los conocimientos internos en el área, junto con el certificado ISO 14001 de la compañía. Trabajando como Diseñador y Director del Proyecto Revit. **Proyectos relevantes:** Chelsea Barracks y Queen Anne's Gate. **Reportando a:** Arq. Marion Baeli. Email: [m.baeli@pdplondon.com](mailto:m.baeli@pdplondon.com)

05/2014- 05/2015 - Senior Consultor Sostenible. Green Tiger Sustainability / London, UK. <http://greentigers.co.uk/>  
Empresa BREEAM, Código para casas sostenibles, evaluaciones LEED y Ecohomes. Realizar modelos de energía y producir informes de estrategia energética. Llevar a cabo el modelo de simulación dinámica (DSM) incluyendo, pero no limitado a la luz del día / evaluaciones de la luz solar, el sobrecalentamiento y el análisis de superposición. Poner juntos y entregar CPDs. Reunirse y mantener contacto con los clientes. **Roles:** BREEAM, Ecohomes y el Código para Casas Sostenibles consultor, redactando todos los informes y organizando la evidencia necesaria para obtener la certificación, modelado SAP, cálculos de iluminación natural, análisis de sobrecalentamiento, modelado térmico, evaluación del ciclo de vida, entre otros. **Reportando a:** Sr. Ross Standalof. Email: [ross@greentigers.co.uk](mailto:ross@greentigers.co.uk)

10/2012- 02/2014 - Arquitecto Senior. Mediterranea de Proyectos, Arquitectura y Eficiencia Energética / Barcelona, España. <http://www.mdep.net/>  
Oficina de Arquitectura centrada en proyectos arquitectónicos, instalaciones energéticamente eficientes y gestión de proyectos. **Roles:** Gestión de proyectos, seguimiento del desarrollo del trabajo, cronograma y presupuesto invertido en el proyecto. Diseño arquitectónico, dibujos arquitectónicos, simulaciones energéticas, certificación sostenible y modelización. **Logros:** Desarrollo de rehabilitación de edificios patrimoniales, certificación energética para licenciamiento, construcción y gestión de proyectos. **Proyectos relevantes:** Villa Llavanera, Can Munt. **Reportando a:** Arq. Nuria Miralles. Email: [nm@mdep.net](mailto:nm@mdep.net)

09/2005 – 09/2011 - Asociado - Arquitecto. LAB. PRO. FAB. / Caracas, Venezuela. <http://www.labprofab.com/>  
Empresa de arquitectura enfocada a trabajar en diseño y construcción, explorando diferentes disciplinas de diseño, reuniendo la investigación aplicada a proyectos culturales, sociales y ambientales. **Roles:** Coordinación, desarrollo y planificación de proyectos arquitectónicos y urbanos. **Logros:** El desarrollo de más de 150 proyectos desde una fase preliminar hasta su construcción. Coordinó un equipo multidisciplinario de 15 personas. **Proyectos relevantes:** Parque Cultural de Tiuna el Fuerte (ganador del Premio Internacional de Arte Público), edificio de oficinas 355, edificio de oficinas del SENIAT en la plaza de Morelos, centro deportivo Carbonel, plaza Bolívar del Valle, plaza Bolívar de Petare Maca, entre otros. **Reportando a:** Arq. Alejandro Haiek email: [ahcode.pc@gmail.com](mailto:ahcode.pc@gmail.com)

## DOCENCIA E INVESTIGACION

---

2014	Investigadora. Investigadora en el Sustainable Build Environment Research Group de la Universidad de Greenwich, Londres / UK. Nombre del trabajo de investigación: ACV sobre tipologías de muros vegetales
2013- 2014	Master de Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética. Profesor de Design Builder en el curso de Herramientas para la optimización de la demanda, en el Master de Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética (MASEE) de la Universidad Ramón Llull La Salle. Nombre del curso: Herramientas para la optimización de la demanda
2010	Arquitectura. Profesor de Diseño en el curso de quinto semestre, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Simón Bolívar, Caracas / Venezuela. Nombre del curso: Diseño 05
2009	Master de Arquitectura. Profesor de Diseño en el curso de Diseño 03, en el Master de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela, Caracas / Venezuela Nombre del curso: Fabricación y Arquitectura

## EDUCACION

---

2012- presente	PhD. Doctorado de Proyecto Integrado de Arquitectura. Universidad Ramón Llull, La Salle, BES / Barcelona, España
2011 - 2012	MSc. Arq- Master de Proyecto Integrado de Arquitectura. Universidad Ramón Llull, La Salle, BES / Barcelona, España. Ganadora de la Beca por excelencia La Salle / 2011-2012
2010 - 2011	MA-Master de Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética. Universidad Ramón Llull, La Salle, BES / Barcelona, España
2001 - 2005	Arq- Arquitecto. Universidad Central de Venezuela / Caracas, Venezuela

## HABILIDADES

---

### HABILIDADES TÉCNICAS

- Habilidades técnicas avanzadas: Sostenibilidad, Eficiencia Energética, BREEAM, LEED, Ecohomes and Code for sustainable homes, Simulación energética.
- Habilidades de software avanzadas: Revit, Build Desk, SAP 2012 and 2009, Design Builder, Ecotec, IES environmental modeling, Auto CAD, Photoshop, Illustrator, Sketchup, Project, Office.
- Habilidades de softwares intermedias: Vectorworks, 3d Studio Max, Rhino Cero

### HABILIDADES TRANSFERIBLES

- Dirigir grupos multidisciplinares de trabajo de más de 15 personas
- Apoya para desarrollar un compañía desde pequeña a mediana escala
- Manejar presupuestos de Proyecto y obra
- Capacidad de trabajar con flexibilidad horaria
- Experiencia dirigiendo, supervisando, motivando y entrenando equipos de trabajo
- Capacidad resolutive de problemas
- Habilidades comunicativas
- Consultoría de parámetros sostenibles en proyectos de arquitectura

### IDIOMAS

- Español: Nativo
- Inglés: Avanzado (British Council CAE Avanzado)

## ENTRENAMIENTO ADICIONAL

---

- Retrofit Coordination and Risk Management Diploma, 80 horas practicas (2017)
- Curso avanzado de Revit, 16 horas practicas (2015)
- Curso en BREEAM New Construction 2014 Assessor, 18 horas practicas (2015)
- Curso en LEED Green Associate, 58 horas practicas (2012)
- Curso básico en LEED, 58 horas practicas (2012)
- Curso avanzado en Ecotec training, 20 horas practicas (2012)
- Curso en Revit, 20 horas practicas (2011)





Esta Tesis Doctoral ha sido defendida el día \_\_\_\_ d \_\_\_\_\_ de 201\_\_

En el Centro \_\_\_\_\_

de la Universidad Ramon Llull, ante el Tribunal formado por los Doctores y Doctoras  
abajo firmantes, habiendo obtenido la calificación:

Presidente/a

\_\_\_\_\_

Vocal

\_\_\_\_\_

Vocal \*

\_\_\_\_\_

Vocal \*

\_\_\_\_\_

Secretario/a

\_\_\_\_\_

Doctorando/a

\_\_\_\_\_

*(\*): Sólo en el caso de tener un tribunal de 5 miembros*