



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERS DE
CAMINS, CANALS I PORTS DE BARCELONA



Programa de Doctorado en Ingeniería Civil

TESIS DOCTORAL

DESARROLLO SOSTENIBLE. Aproximación conceptual y operativa de
los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción

Doctorando: **Víctor Manuel López López**

Director de tesis: **Dr. Pere Alavedra Ribot**

Co-Directora de tesis: **Dra. Rosa Junyent Comas**
y Tutora

Barcelona, 2001.

Esta Tesis Doctoral fue leída en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona en el día de la fecha, y obtuvo la calificación de:

SOBRESALIENTE

Barcelona, 25 de junio de 2001

El Presidente



Francesc Robusté
(Nombre y Apellidos)

El Secretario




Miquel Casals
(Nombre y Apellidos)

El Vocal




Euc Bourdeaux
(Nombre y Apellidos)

El Vocal



Javier Domínguez
(Nombre y Apellidos)

El Vocal



Josep Bernis
(Nombre y Apellidos)



**DESARROLLO SOSTENIBLE. Aproximación conceptual y operativa
de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.**

Víctor Manuel López López
Ingeniero Civil

Barcelona, 2001.

DESARROLLO SOSTENIBLE. Aproximación conceptual y operativa de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	vi
RECONOCIMIENTOS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
SÍNTESIS INTRODUCTORIA	xv

PRIMERA PARTE

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA SOSTENIBILIDAD

CAPÍTULO I. ENTORNO GENERAL DE LA TESIS	3
1. Exposición de motivos	5
2. Objetivos	8
3. Metas	9
4. Hipótesis de trabajo	10
5. Orientación metodológica	12
6. Estado del campo de estudio	16
CAPÍTULO II. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MOVIMIENTO MUNDIAL DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	21
1. Aspectos históricos	22
2. El Informe Brundtland	25
3. La Cumbre de la Tierra	28
4. La Agenda 21	31
CAPÍTULO III. EL DEBATE CONCEPTUAL Y OPERATIVO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	37
1. Consideraciones conceptuales	39
2. Definiciones de Desarrollo Sostenible	42
3. De la interpretación conceptual a las aplicaciones global y particular	47
4. Sostenibilidad Débil y Sostenibilidad Fuerte	52

SEGUNDA PARTE

APOYOS TÉCNICOS E INSTRUMENTALES

CAPÍTULO IV. INTERRELACIÓN DE LA TERMODINÁMICA CON EL MEDIO AMBIENTE Y SU IMPLICACIÓN SOSTENIBLE.	57
1. Energía y materia	60
2. La ley de la entropía	64
3. Entropía y vida	69
4. Entropía y medio ambiente	72
5. Producción y consumo Sostenibles	77
CAPÍTULO V. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE APOYO PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.	82
1. Evaluación de impacto ambiental	85
2. Indicadores de Sostenibilidad	93
3. Análisis del ciclo de vida	99
4. Normas ISO 14000	105
5. El proceso de toma de decisiones y las decisiones multicriterio	109
6. Ciclo de vida económica de los materiales	115

TERCERA PARTE

LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

CAPÍTULO VI. PREMISAS FUNDAMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.	122
1. Los impactos ambientales de los edificios como justificación de la Construcción Sostenible	124
2. Conceptos y criterios básicos	130
3. Los principios de Sostenibilidad y su aplicación a las actividades de construcción.	136

CAPÍTULO VII. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	146
1. Planificación (prediseño)	148
2. Diseño arquitectónico y de servicios	157
3. Diseño estructural	169
CAPÍTULO VIII. EL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y PRODUCTOS	178
1. Criterios de selección de materiales y productos para construcción considerando los principios de Sostenibilidad	179
2. Valoración Sostenible de productos para construcción de uso frecuente	183
3. Utilización del análisis del ciclo de vida como apoyo para la selección de materiales y productos para construcción	200
4. Ejecución de los trabajos de construcción del proyecto	203
CAPÍTULO IX. LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN EL FUNCIONAMIENTO, DESINCORPORACIÓN Y RECICLAJE DE EDIFICIOS	212
1. Operación y mantenimiento de edificios	213
2. Rotación de materiales para construcción	220
3. Generación de residuos sólidos en los procesos de construcción y de demolición	223
4. Desconstrucción de edificios	229

CUARTA PARTE

HACIA LA MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

CAPÍTULO X. BASE METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN UNA REGIÓN	237
1. Selección de una región real	239
2. Datos básicos de la región seleccionada	242
3. Variables para indicadores de Sostenibilidad en la región de Sinaloa, México	247

CAPÍTULO XI. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA REGIÓN **255**

- 1. Propuesta de indicadores de Sostenibilidad **256**
- 2. Desarrollo de indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de Sinaloa. **260**

CAPÍTULO XII. VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS. ESTUDIO DE UN CASO. **276**

- 1. Características generales del proyecto para vivienda unifamiliar a estudiar **277**
- 2. Selección y explicación del método para la valoración Sostenible **280**
- 3. Aplicación de método BEES **287**
- 4. Obtención e interpretación de resultados **291**
- 5. Conclusión de la valoración Sostenible de los materiales **312**

QUINTA PARTE

COMPENDIO DE LA APROXIMACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

CAPÍTULO XIII. CONCLUSIONES Y EXTENCIÓN DE RESULTADOS **317**

- 1. Verificación de las hipótesis de trabajo **319**
- 2. Conclusiones, sugerencias y comentarios **322**
- 3. principales aportes hechos a través de la tesis

EPÍLOGO **332**

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS **338**

APÉNDICES

- A. Abreviaturas, siglas y símbolos**
- B. Glosario**
- C. Personalidades, instituciones, agencias y otras fuentes de información consultadas en la fase de investigación**
- D. Misceláneos**

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

SI.1. Visión de conjunto de la aproximación conceptual y operativa de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.	xix
I.1. Flujo metodológico para la aproximación a la Construcción Sostenible.	13
V.1. Impacto ambiental propiciado por una actuación.	86
V.2. Interrelación de factores ambientales, sociales y económicos en la evaluación del Impacto Ambiental.	89
V.3. Los impactos ambientales del Sector de la Construcción y la Sostenibilidad	90
V.4. Modelo presión-estado-respuesta para indicadores.	96
V.5. Fases del análisis del ciclo de vida.	101
V.6. Matriz de decisión tipo.	112
V.7. Equilibrio ambiental y económico de un grupo de materiales de construcción.	117
VII.1. Organización típica del equipo de trabajo para proyectos de construcción.	150
VII.2. Marco general de diseño Sostenible de estructuras.	170
IX.1. Ciclo ideal de reutilización de los materiales para construcción.	221
X.1. Región de Sinaloa, México.	243
XI.1. Evolución de la población rural y urbana de Sinaloa.	261
XI.2. Materiales predominantes en las viviendas de la región de Sinaloa.	263
XI.3. Variación de la composición del suelo.	266
XI.4. Empleos generados en el Sector de la Construcción de Sinaloa.	269
XII.1. Proyecto de edificio unifamiliar tipo.	278
XII.2. Esquema del modelo para la valoración ambiental-económica de productos y materiales para construcción.	285
XII.3-XII.32. Valoración ambiental-económica de materiales para construcción, utilizando el método BEES.	291
XII.33. Comparación de los procesos de producción de ladrillo industrial en USA y el ladrillo artesanal en Sinaloa.	310

Tablas

IV. 1. Funciones de la biosfera (medio ambiente natural).	73
V.1. Serie de Normas ISO 14 000.	106
V.2. Síntesis contrastante de procedimientos y técnicas de apoyo a la Construcción Sostenible.	119
VI.1. Algunos problemas ambientales que propician la construcción y operación de edificios.	125
VI.2. Orientación Sostenible del proceso de construcción.	132
VI.3. Algunos componentes fundamentales a ser abordados por la Construcción Sostenible.	136
VII.1. Relación de conceptos típicos a considerar en el diseño Sostenible.	154
VII.2. Proceso de diseño integrado de estructuras.	171

VIII.1. Características de algunos productos de origen pétreo usados frecuentemente en construcción.	185
VIII.2. Características de algunos productos metálicos usados en construcción.	189
VIII.3. Características de algunos productos sintéticos usados frecuentemente en construcción.	192
VIII.4. Características de algunos productos de madera usados frecuentemente en construcción.	196
VIII.5. Características de interés ambiental de las pinturas y selladores.	198
IX. 1. Posibilidades de re-utilización de los materiales residuales en construcción.	222
IX.2. Valores medio de residuos sólidos generados en las etapas de construcción y demolición de edificios.	223
IX.3. Producción de residuos sólidos en las etapas de construcción y demolición en algunos países de la Unión Europea.	224
X.1. Identificación de variables para Indicadores de Sostenibilidad en la región de Sinaloa, México.	249
XI.a. Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción en la Región de Sinaloa.	258
XI.1. Evolución de la Población Rural y Urbana de Sinaloa.	260
XI.2. Tipo de Materiales predominantes en las viviendas de la región.	263
XI.3. Distribución del Uso del suelo y de la vegetación de Sinaloa.	266
XI.4. Empleados registrados en el IMSS (1993-1999).	268
XI.5. Resumen de Indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de Sinaloa.	271
XII.1. Resumen comparativo de métodos para Valoración quasi-Sostenible de materiales para construcción de edificios.	281
XII.2. Identificación de las características de Impacto Ambiental del Método BEES con los principios de Construcción Sostenible.	286
XII.3. Clasificación de componentes de edificios a los que se aplica el método de selección balanceada de productos para Construcción.	290
XII.4. Productos para construcción seleccionados a través del método BEES y complementados en forma empírica.	311

RECONOCIMIENTOS

Hago patente mi reconocimiento al **Dr. Pere Alavedra Ribot** y a la **Dra. Rosa Junyent Comas**. Asimismo mi agradecimiento al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo financiero que fué decisivo durante los estudios Doctorales, y a la Universidad Politécnica de Cataluña por la exención de matrículas.

Reitero las gracias a las personas e instituciones (Anexo C) que me brindaron su tiempo y conocimientos en la fase de investigación.

A mi **familia y amigos**.

A **Cynthia**, quien cedió tiempo de sus aficiones infantiles para que fuera posible esta tesis.

Lourdes ha sido compañera tenaz en una sinergia que a ambos nos ha compensado con sendos Doctorados.

RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

En las últimas décadas se ha extendido e intensificado el interés de la población por los temas ecológicos y ambientales, y más recientemente por aspectos que relacionan el medio ambiente con las actividades económicas y sociales, lo cual parece estar conduciendo a un nuevo paradigma llamado Sostenibilidad. A través del desarrollo de esta tesis Doctoral se estudia el origen, la evolución y la posibilidad de operativizar el concepto de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción.

El significado de Sostenibilidad varía en función de las necesidades, características y prioridades de las diferentes naciones que pueblan la tierra, empero, existen coincidencias entre la mayoría de los autores relacionadas con la común preocupación por la capacidad finita de las fuentes de recursos naturales, la insuficiencia del medio ambiente para asimilar los residuos que generan las actividades humanas, y la necesaria equidad inter e intrageneracional. Esto ha conducido a una definición de Sostenibilidad que apela a la voluntad de heredar suficientes recursos para asegurar a las futuras generaciones una calidad de vida (al menos) similar a la que tenemos hoy día.

En este trabajo académico se interpretan los criterios que contienen los documentos de la Organización de las Naciones Unidas, propulsores del movimiento mundial del Desarrollo Sostenible, a partir de los cuales se establece un grupo de principios aplicados a las actividades de construcción, particularizando en la construcción de edificios.

Para aproximar esos principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción, se aborda el estudio del espacio que media entre la Filosofía conceptual de la Sostenibilidad y los agentes involucrados en el proceso de construcción. Este amplio espacio de temas a tratar, ha sugerido la conveniencia de organizar la investigación y la redacción de la tesis en cinco partes articuladas, compuesta por trece capítulos.

La *primera* de esas partes es el eje de referencia para todo el trabajo, en la que se estructura el desarrollo de la tesis, se establecen los propósitos del estudio y la orientación metodológica; se explican el origen, la evolución y el debate persistente del Desarrollo Sostenible.

En la *segunda* parte se refieren aspectos técnicos involucrados con la Sostenibilidad, como la implicación de la Termodinámica y la ley de la Entropía en el medio ambiente, así como las relaciones entre éstas y los insumos básicos de la construcción, que lo son la materia y la energía.

En los apoyos técnicos e instrumentales que contiene también esta parte, se describen algunos métodos y técnicas que pueden coadyuvar a la operativización de la Sostenibilidad en el Sector de la Construcción, verbigracia la evaluación de impacto ambiental, análisis del ciclo de vida, sistemas de gestión ambiental, toma de decisiones, indicadores de Sostenibilidad, entre otros.

Las dos primeras partes proporcionan conocimientos e información para conducir a la transición de las actividades de construcción a una fase socialmente más responsable, la cual se expone en la *tercera* parte con el nombre de Construcción Sostenible. En esa porción medular de la tesis se establecen las premisas fundamentales para proponer dicha modalidad de construcción, haciendo énfasis en los impactos adversos que propician los edificios, a los que se anteponen como respuesta los principios de Sostenibilidad, caracterizados por la *conservación de recursos naturales*, *minimización de residuos* a través del reciclaje y re-uso de materiales, *protección a la naturaleza* en las actividades de construcción y funcionamiento de los edificios, creación de *ambientes* internos y externos *sanos*, y buena *calidad* de vida mediante la construcción de obras.

El ejercicio aplicativo de los principios se hace a lo largo de las fases de planificación, diseño y construcción; enfatizándose la importancia que representa la selección de materiales y productos para construcción, pues su ciclo de vida no solo significa consumo de recursos y energía sino que la extracción, manufactura,

transporte y colocación ocasionan contaminación de suelo, aire y agua; una vez instalados requieren mantenimiento y cuando finalmente son desincorporados, los escombros y residuos son depuestos en vertederos que a menudo provocan conflictos en la comunidad, siendo cada vez más complicado encontrar espacios adecuados para su confinamiento.

La *cuarta* parte se orienta hacia la medición de la Sostenibilidad, aún a sabiendas de que no es una cosa que puede ser justipreciada en muchos casos, y cuando sea posible, no necesariamente se hará en forma cuantitativa.

Para llevar a cabo esa iniciativa mensurable se seleccionó una región real, donde se estableció un marco de referencia para desarrollar un grupo de indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción. Con la misma finalidad, pero a otra escala, se seleccionaron Sosteniblemente los materiales para construcción de un edificio, asistido por un método informático en la valoración del comportamiento ambiental-económico de esos materiales.

La *quinta* parte ha sido denominada compendio de la aproximación de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción, precisamente porque acopia resultados, conclusiones, sugerencias, fuentes de información y comentarios propositivos. También contiene la propuesta de una sinergia de acciones a realizar por los integrantes de los Sectores Universitario, Gobierno, de la Construcción y público en general, quienes tienen posibilidades de influenciar los principios de Sostenibilidad en las actividades de la construcción.

Asumiendo que la Sostenibilidad es un proceso más que un acto, el mencionado acopio puede representar una oportunidad documentada para la realización de posteriores trabajos de investigación.

SÍNTESIS INTRODUCTORIA

SÍNTESIS INTRODUCTORIA

La introducción amplia al tema a desarrollar en esta tesis Doctoral se expone en los apartados que conforman el capítulo I; no obstante, se considera pertinente hacer algunas precisiones de carácter general para contribuir a la formación de una idea inicial rápida sobre la concepción, orientación y contenido del trabajo académico que ahora usted tiene en sus manos.

Estructuralmente el tema se ubica en la línea de investigación del Desarrollo Sostenible, y particularmente se interpreta y propone la aplicación de los principios de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de edificios. El objetivo es aportar criterios operativos de este nuevo paradigma a los Ingenieros de diseño y construcción que laboran en la industria, la academia y el gobierno, así como difundir el concepto para advertir al gran público sobre los impactos adversos que causan las actividades de la industria de la construcción en general, y el Sector de los edificios en particular.

La selección del tema se justifica al argumentar que la construcción y el funcionamiento de los edificios son causas de impactos negativos graves en el mundo de hoy, de los que no se tiene plena conciencia como ocurre, por ejemplo, en los casos de la contaminación propiciada por automóviles y fábricas, aunque paradójicamente los problemas ocasionados por los edificios pueden tener soluciones más sencillas que la mencionada contaminación, e incluso pueden ser rentables.

El enfoque y el alcance del trabajo se inscriben en la definición más citada y conocida de Desarrollo Sostenible, contenida en el reporte hecho en 1987 por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, a la Asamblea General de las Naciones Unidas, llamado generalmente Informe Brundtland, el cual contiene una conceptualización profunda de Sostenibilidad al establecer que la vida humana puede continuar indefinidamente si se sustenta en tres dimensiones fundamentales: las personas pueden progresar (dimensión económica), las culturas pueden desarrollarse (dimensión social), pero los efectos de esas

actividades deberán observar límites para no destruir la diversidad y los sistemas de la vida (dimensión ecológica).

El anterior razonamiento se explica en la cita textual de que “Desarrollo Sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas” (WCED, 1987). Esta filosofía de desarrollo tiene un contenido ético intergeneracional, en el sentido de que las generaciones futuras tienen derecho al menos a la misma calidad de vida que se dispone hoy día.

La desagregación detallada de este concepto dio lugar a las propuestas de acción para propender al Desarrollo Sostenible, mediante el establecimiento de los deberes de las naciones de la tierra en el siglo XXI, las que han sido recogidas en la publicación denominada Agenda 21. Este es el documento fuente en que se basa la elaboración de la tesis, del cual se interpreta su contenido para proponer los principios de Sostenibilidad a ser aplicados en la totalidad del ciclo de vida de los edificios, lo cual se explica más adelante.

Es pertinente comentar que ante la persistencia del debate en torno al concepto de Desarrollo Sostenible, para los efectos de las actividades de Ingeniería resulta más comprensible y menos controvertido utilizar un solo término, por lo que una vez establecida la diferencia con esa expresión dual, en el cuerpo de la tesis se utiliza más frecuentemente el sustantivo *Sostenibilidad* y su adjetivo *Sostenible*.

No se desconoce la esencia antropocéntrica de la Sostenibilidad, empero desde la Ingeniería de la Construcción se visualiza la prioridad para enfrentar cuanto antes el desafío que representa la antinomia entre desarrollo económico (del que es componente importante el Sector de la Construcción), y deterioro ambiental (del cual también es responsable en gran proporción), por lo que atender con mayor amplitud lo concerniente a otras especies con las que convivimos demandaría tratamientos metodológicos distintos al aquí planteado.

En el campo de la Ingeniería se conocen algunas propuestas y proyectos para hacer aplicable el concepto de Sostenibilidad (CIB W82, 1998; MIYATAKE, 1996; SUSTAINABLE SEATTLE, 1998; y otros más), lo cual se interpreta como una fórmula de progreso técnico que empieza a contribuir a la equidad, a ganar tiempo y a proporcionar información sobre la moderación en el uso y manejo de materiales y recursos. Se hace referencia a la equidad porque con las propuestas Sostenibles de esos trabajos se tiende a compartir los recursos finitos y escasos, al menos con las generaciones más inmediatas; se gana tiempo en tanto se alarga la existencia de las reservas de recursos naturales y la capacidad de los vertederos, mientras se aprende a resolver la sustitución de aquellos en forma meditada y racional; por su parte la moderación esperada en el uso de recursos naturales sería, junto con otro tipo de medidas, una consecuencia de la concientización que se inculque a la población.

Contextualizando, la respuesta del Sector de la Construcción de edificios ante la Sostenibilidad debe incluir, al menos, el uso racional de los recursos y la eficiencia energética, la consideración de los impactos ambientales y la minimización de residuos, la creación de ambientes sanos y confortables.

Para el tratamiento de esos propósitos tan amplios, en este trabajo se parte de una exposición conceptual que coadyuve a formar conciencia sobre el significado de la Sostenibilidad y posteriormente, mediante la utilización de procedimientos técnicos que son más conocidos por los Ingenieros, se busca la aproximación aplicativa de los principios de Sostenibilidad a la construcción, lo cual requiere abarcar un extenso espacio temático que ha sugerido la conveniencia de agrupar los diferentes materiales obtenidos en la etapa de investigación en cinco partes articuladas, con la finalidad de aproximarnos inductivamente desde el ámbito general teórico al campo específico pragmático de la construcción de edificios. Esto se representa esquemáticamente en la figura SI.1



Figura SI.1. Visión de conjunto de la aproximación conceptual y operativa de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.

Resumiendo, se propone la integración de los conceptos con los métodos y herramientas de gestión existentes, y se apela a la concientización y voluntad de cambio para iniciar la transición de las actividades de la construcción tradicional, a una fase socialmente más responsable a la que se ha llamado *Construcción Sostenible*.

La *primera* de las cinco partes aludidas, titulada **Marco Teórico Conceptual de la Sostenibilidad**, es el eje en torno al cual se desarrolla la tesis, pues en ese ámbito se establecen la orientación del trabajo, los objetivos y las bases conceptuales de la Sostenibilidad.

Pasando a otra parte, es destacable el hecho de que ni la amplitud e intensidad del Informe Brundtland, ni los detalles de la Agenda 21 que incluyen hasta la estimación de presupuestos, ofrecen pautas metodológicas para llevar a la práctica los principios de Sostenibilidad; por tanto, se resolvió investigar y proponer un espacio de información con implicación Sostenible que fuese de competencia de la Ingeniería, para entender primero la confluencia de los aspectos técnicos y de Sostenibilidad y en consecuencia proponer ideas, estudios y soluciones técnicas con la incorporación de los mencionados principios. A este puente de comunicación entre aspectos científicos y conceptuales del multicitado tema, que es explicado en la *segunda* parte, se le ha llamado **Apoyos Técnicos e Instrumentales**, y comprende los fundamentos técnico-ambientales de los principales insumos que utiliza el Sector de la Construcción (Materiales y Energía), así como la habilitación de métodos y técnicas de gestión para la operativización de los principios de Sostenibilidad.

En este tipo de apoyos se fundamenta prácticamente la transición o aproximación a la **Construcción Sostenible**, expuesta en la *tercera* parte, mediante el establecimiento de los principios de Sostenibilidad y en general la incorporación del concepto de Sostenibilidad en la planificación, diseño arquitectónico y estructural, selección de materiales, construcción *per se*, funcionamiento, desconstrucción y re-uso de materiales de los edificios.

La *cuarta* parte, **Hacia la Medición de la Sostenibilidad**, incluye iniciativas para la valoración cualitativa y cuantitativa de la Sostenibilidad en casos reales del Sector de la Construcción, para lo cual se desarrollan Indicadores de Sostenibilidad en una región determinada (Sinaloa, México), así como la valoración ambiental-económica-social de un proyecto tipo de vivienda unifamiliar ubicado en la misma región.

La generalidad de este amplio panorama de temas tratados se resumen en la *quinta* parte que se ha denominada **Compendio de la aproximación de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción**, precisamente para hacer alusión al acopio de información, referencias, conclusiones, sugerencias, aportes y comentarios que pueden ser de utilidad a futuros trabajos sobre el tema en cuestión.

En vista de la amplitud que suponen los temas principales abordados, e. g. diseños y procedimientos de construcción, técnicas y métodos de gestión ambiental, desarrollo regional y la propia filosofía de la Sostenibilidad, no se considera hacer mayor profundización que la necesaria para mostrar la interrelación entre dichos temas, los objetivos planteados y la esencia misma de la tesis (la Sostenibilidad).

El tema de Sostenibilidad es emergente y está en evolución, por consiguiente la información presentada no es definitiva ni concluyente, pero sí proporciona una guía conceptual, lo que es coincidente con los objetivos de que el contenido del trabajo sea de carácter divulgativo y concientizador. En contraposición, la mencionada amplitud de los temas que abarcan desde el origen y el debate semántico no acabado del Desarrollo Sostenible, pasando por los métodos de apoyo que aún requieren investigación, hasta la puesta en práctica de los principios de Sostenibilidad, posibilitan la investigación y desarrollo de ulteriores proyectos a partir del resultado de la tesis.

En otro orden de precisiones, es importante aclarar que este trabajo académico ha sido redactado en español o castellano con la modalidad que se habla en México, por razones de origen del autor. También por este mismo motivo, algunos de los ejemplos, propuestas e ideas que se mencionan están en función de la experiencia, vivencias, idiosincrasia y necesidades de los países Latinoamericanos.

Respecto al formato utilizado, tal como ya se ha comentado, la tesis está estructurada en varias *partes* según los grandes temas a desarrollar, dichas partes están formadas por *capítulos*, éstos se dividen a su vez en *apartados* y

finalmente, cuando se hace necesario, se hacen sub-divisiones para incluir *detalles* que faciliten la documentación o explicación pertinentes.

Para el registro de bibliografía y otras referencias de información consultadas se utiliza el método Harvard (Blaxter, 1996), al que se hicieron algunas modificaciones, por ejemplo, el último dato de cada referencia es el lugar de publicación, en vez de colocar a éste en el penúltimo sitio, y no se subrayan los títulos de libros, entre otras pequeñas adecuaciones. Cuando la fuente informativa está en Internet, se escribe la fecha exacta de consulta (año, mes y día) y cuando está disponible la fecha de actualización de la información, se agrega ese dato al final de la referencia.

Antes de abordar el cuerpo principal de la tesis, se comenta que el Informe Brundtland reconoció en sus conclusiones que la senda hacia la Sostenibilidad no sería un proceso fácil ni carente de obstáculos, sino que deberían tomarse decisiones difíciles, que requerirían apoyarse fuertemente en la voluntad política de los gobiernos y en la concientización de los diversos estratos de la población; así mismo, no es tarea sencilla la elaboración de proyectos operativos del tema de Sostenibilidad, es decir que estén listos para implementarse como cualquier proyecto convencional; esto denota que se está ante un desafío de dimensiones quijotescas.

PRIMERA PARTE

**MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL
DE LA SOSTENIBILIDAD**

CAPÍTULO I

ENTORNO GENERAL DE LA TESIS

Exposición de motivos

Objetivos

Metas

Hipótesis de trabajo

Orientación metodológica

Estado del campo de estudio

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.

En el mundo actual cada vez es mayor el grado de concientización que se tiene de los grandes problemas planetarios, situación que propicia movilizaciones y debates de organizaciones, científicos, políticos y público en general, que trascienden el ámbito local e inmediato para volverse asuntos de interés global. Uno de estos grandes desafíos globales es la interrelación entre el medio ambiente y las actividades productivas, que ha conducido a una degradación progresiva del entorno de consecuencias imprevisibles en algunos casos y catastróficas en otros.

La problemática ambiental es tan amplia y compleja que necesariamente trasciende los límites puramente ecológicos. Así, la estructura de esa degradación la conforman cambios capitales como la expansión del crecimiento global de la población y de la actividad Económica, que propician contaminación planetaria y agotamiento de los recursos naturales; esto se ha traducido en cambios climáticos derivados del llamado efecto invernadero, hipercrecimiento de la producción de residuos, adelgazamiento y oradación de la capa de ozono, lluvia ácida, polución de agua, aire y suelo, pérdidas de la biodiversidad, deforestación, desertización...

Las posibles soluciones, disminución de impactos y demora del agotamiento y efectos, se plantean cada vez más en los últimos tiempos en el marco conceptual y estratégico del Desarrollo Sostenible, dando lugar a un amplio movimiento que tiende a la creación de un nuevo modelo de sociedad mundial.

Desde que en 1987 se publicó el llamado Informe Brundtland, de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, a través del cual se definió y popularizó el término Desarrollo Sostenible, éste ha venido impregnando los distintos campos del saber y del hacer de tal forma que hoy día es aplicable a muchas de las actividades humanas, particularmente a aquellas que tienen una incidencia directa en el medio ambiente como lo es, entre otros, el Sector de la Construcción.

El futuro de la construcción en el marco de la Sostenibilidad fue discutido por primera vez en un acto público, a saber, en la *Primera Conferencia para la Construcción Sostenible* realizada en Tampa, Florida, en noviembre de 1994. Es

pues, un tema relativamente nuevo en el ámbito de la Ingeniería Civil y, tal como ocurre en otros campos, hay todavía mucho trabajo de investigación por realizar para hacer cabalmente operativo el concepto de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción.

En este contexto, la Sostenibilidad trata de la obligación moral o ética que tiene la actual generación de legar a las generaciones futuras un mundo al menos tan diverso, limpio y productivo como en el que está viviendo. Esto implica la búsqueda de un equilibrio entre las actividades humanas, el desarrollo socioeconómico y la protección del medio ambiente.

El término *desarrollo* incluye actividades de industrias de los diferentes sectores productivos. En este concierto, el Sector de la Construcción es uno de los más destacables en función de los grandes impactos que causan sus acciones en el entorno y en la Economía de cualquier Nación, pues tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo el Sector de la Construcción suele ser de los más grandes desde el punto de vista de inversión, creación de empleo y contribución al Producto Interior Bruto. Este Sector es un gran consumidor de recursos naturales, a nivel mundial acapara la sexta parte del consumo de agua dulce, una cuarta parte del consumo de madera y dos quintas partes del flujo de materiales y energía (ROODMAN, 1995).

Esa amplia incidencia que tiene el Sector de la Construcción en el medio ambiente y en la Economía, y por tanto en la sociedad, le imprimen una gran importancia a la conveniencia de aplicar los principios de Sostenibilidad en las actividades y materiales que lo componen. Consecuentemente los Ingenieros adscritos a la enseñanza Universitaria, a la Industria y al Sector Gubernamental requerimos estar familiarizados con el tema para contribuir con ideas claras al debate que existe en torno de la conceptualización y operativización del Desarrollo Sostenible, y proponer soluciones concretas a través de prácticas y proyectos que contribuyan a salvaguardar el patrimonio natural de nuestros descendientes.

Asimismo, teniendo en cuenta que el ambiente es asunto de todos, el trabajo que se propone también puede servir de conducto informativo y concientizador. Gobiernos, educadores, inversionistas, profesionales y consumidores al estar

informados sobre el tema Sostenible, podrían contribuir a la formulación de mejores políticas, proyectos y decisiones para intentar que la Industria de la Construcción modifique su forma tradicional de operar minimizando sus impactos en el medio ambiente y racionalizando el uso de materiales.

Para el caso, el concepto de construcción se circunscribe a los edificios y a las infraestructuras que los vinculan directamente. La justificación de esta delimitación parte del hecho de que actualmente la construcción y el funcionamiento de los edificios, se equiparan con las fábricas y los automóviles por el daño que provocan al medio ambiente, sin que hayan recibido el interés o las protestas que los movimientos ecologistas han dirigido a éstos dos últimos. Por ejemplo, la demanda de materiales de construcción y el flujo de energía y agua contribuyen a la contaminación de aire y agua, deforestación, reducción de la capa de ozono estratosférico; propicia la liberación de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre; en cuanto al ambiente interno, al menos una tercera parte de las construcciones padecen del llamado "síndrome del edificio enfermo", y cuando finalmente son demolidos los edificios generan residuos sólidos en tal cuantía que superan las basuras que gestionan muchos (tal vez la mayoría) de los ayuntamientos (ROODMAN, 1995).

Es en esta tesitura justificativa en la que se fundamenta la elaboración de esta tesis Doctoral, del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en el marco conceptual y operativo de la Sostenibilidad.

OBJETIVOS

Objetivo Integral:

Estudiar el origen y la evolución, así como la operatividad en el Sector de la Construcción, del concepto de Sostenibilidad, como un aporte a la búsqueda del equilibrio requerido entre las actividades humanas, el desarrollo socioeconómico y la preservación y corrección del medio ambiente.

Objetivos Específicos:

- Contribuir a difundir el tema de Sostenibilidad entre los Ingenieros ubicados en la industria, en la academia y en el sector gubernamental, para que en reciprocidad aporten ideas, estudios, proyectos y obras que ayuden a salvaguardar el patrimonio ambiental común de las actuales y futuras generaciones.

- Proporcionar información sobre la Sostenibilidad al área académica, con opción de que se incluya en las actividades de enseñanza de la Ingeniería.

- Concientizar a los colegas de la Ingeniería de que las actividades productivas, como las del Sector de la Construcción, y el cuidado ambiental son compatibles si se adoptan medidas para el equilibrio construcción-entorno.

- Vincular el contenido teórico-filosófico de la Sostenibilidad con las actividades que desarrolla el Sector de la Construcción.

- Aportar criterios y procedimientos prácticos al Sector de la Construcción, tendentes a moderar el consumo de recursos naturales y atemperar el deterioro del medio ambiente.

- Divulgar la noción de Sostenibilidad en forma accesible, de tal manera que permita advertir al público en general sobre los impactos que propician las actividades de la construcción.

METAS

- Desarrollar la tesis de aproximar el concepto de Sostenibilidad al Sector de la Construcción, para optar al grado de Doctor en Ingeniería.

- Realizar el trabajo original de investigación requerido en el punto 8 de la normativa de *matrícula y convalidaciones de los estudios de Doctorado de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)* (véase anexo D), a través de la **síntesis** del **tema emergente** de la Sostenibilidad, aplicando una **metodología multidisciplinaria**, según los incisos 7, 8, 11 y 13 del concepto de originalidad expuesto en el segundo apartado del anexo D.

- Traducir al idioma Inglés las áreas más destacables de la tesis Doctoral.

- Optar por la mención del *Doctorado Europeo*, con apego a lo establecido en el apartado 11.3 de la normativa de matrícula y convalidaciones de los estudios de Doctorado de la UPC.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Aún con la presunta ambigüedad y significado contradictorio, el concepto de Desarrollo Sostenible adquiere cada vez mayor connotación en los campos del saber y del hacer, verbigracia en la academia universitaria y en los diversos sectores productivos y de servicios (LEWIS, 1998; MIYATAKE, 1998; WELFORD, 1998), respectivamente. Con base en esa tendencia se han establecido las siguientes hipótesis de trabajo:

1. Los esfuerzos que están realizando algunos grupos para llevar a la práctica el concepto de Sostenibilidad, propiciarán la disgregación del concepto dual de Desarrollo Sostenible, lo cual permitirá emerger paulatinamente el significado del término *Sostenible* en forma individual y con cobertura más amplia; esa independencia contribuirá a superar la confusión del debate semántico-ideológico, expuesto en el capítulo II, que discute la aludida ambigüedad y contradicción de la expresión Desarrollo Sostenible.
2. Ante el desacuerdo persistente en esas discusiones, no debe esperarse a que el Desarrollo Sostenible sea entendido en consenso por las diferentes corrientes de pensamiento (principalmente economicistas), para posteriormente aplicarlo en los contextos global, nacional y local, sino que los principios de Sostenibilidad implícitos en el Informe Brundtland de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (WCED, 1987), y los contenidos en la Agenda 21 (UNCED, 1992), deben adecuarse a cada necesidad y aplicarse a escalas regional, local, de proyecto, e incluso de actitudes personales. La operativización de esta propuesta sería coincidente con el propósito de "pensar globalmente y actuar localmente" (precepto clásico del movimiento ecologista mundial).
3. De esta manera, más que la perfección conceptual, sería la puesta en práctica de los principios de Sostenibilidad, la que podría incidir en la ganancia de más adeptos y en la popularidad de las prácticas Sostenibles, como ocurrió en un principio con la propia expresión de Desarrollo Sostenible a partir de la Cumbre de Río de Janeiro.

Con fundamento en estas asunciones hipotéticas, en esta tesis se busca la aplicación integrada de las variables ambiental, económica y social, es decir de los principios de Sostenibilidad, a las actividades y materiales que forman parte del Sector de la Construcción.

ORIENTACIÓN METODOLÓGICA

Para propósitos metodológicos, los niveles de interés del tema son, por una parte, el Desarrollo Sostenible como línea de investigación y por otra, la aproximación conceptual y operativa de la Sostenibilidad en las actividades y los recursos humanos y naturales que conforman el Sector de la Construcción. El material fundamental para la instrumentación de la metodología es la información, lo que a menudo representa una restricción por su escasez, tal como se prevé en el capítulo 40 de la Agenda 21.

El trabajo a desarrollar en términos generales se basa en enunciados y definiciones cercanos a la experiencia, y en datos empíricos obtenidos de la práctica tradicional de la construcción, por lo que el procedimiento de aproximación a la Construcción Sostenible es de tipo inductivo, aún cuando se involucra a la Ingeniería, y ésta es una disciplina que generalmente aborda la solución de problemas en forma deductiva. El proceso de investigación del tema en cuestión es de carácter híbrido, pues combina las fases metodológica y lógica del proceso de investigación clásico, también denominado método científico (SIERRA, 1995); es decir, se enfocan simultáneamente los elementos conceptuales de Sostenibilidad y el planteamiento de propuestas pragmáticas para la construcción.

Establecidas estas consideraciones, el modelo que se plantea consiste en un ciclo retroalimentante para su actualización continua, puesto que la orientación Sostenible en la construcción es un tema emergente, que aún requiere mucho trabajo de investigación y de experimentación para su cabal utilización, y por tanto debe perfeccionarse paulatinamente. La figura I.1 representa una guía metodológica gráfica, donde se encuadra la concepción y búsqueda de la Sostenibilidad en el Sector de la Construcción, a través de las etapas de un proceso de investigación considerado como típico.

La interpretación práctica del esquema metodológico propuesto se desarrolla en la forma que a continuación se describe.

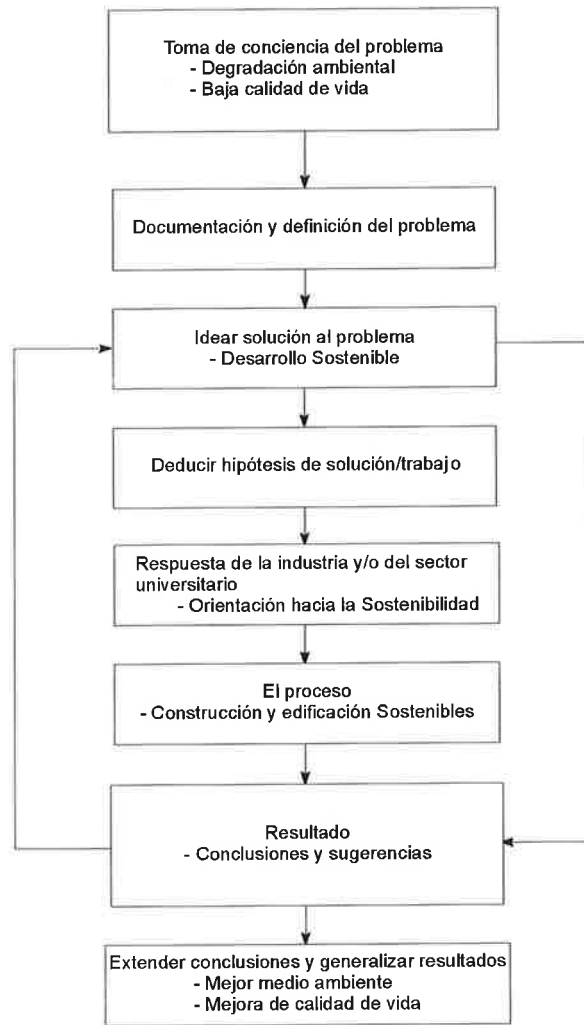


Figura I.1. Flujo Metodológico para la aproximación a la Construcción Sostenible.

La motivación inicial, o toma de conciencia del problema, constituye el origen o fin próximo en cuanto a lo que se pretende lograr con la investigación (GARCIA, 1995; SIERRA, 1995). La degradación progresiva de la calidad del entorno, propiciada en gran parte por las actividades productivas entre las que destaca la construcción es, para el caso, equiparable a la etapa inicial del proceso.

Por ser la Sostenibilidad un tema relativamente novedoso, conlleva como ya se comentó, escasez de información adecuada, lo que requirió desde el inicio y durante la mayor parte de la realización del presente trabajo, la implementación de un proceso exhaustivo de investigación informativa y documental, operado desde Cataluña, España, pero que también implicó la estancia (Irlanda) y visita a otros países de interés (Alemania, Bélgica, México), así como la continua comunicación por correo convencional y electrónico con fuentes de información. Explicadas en forma sucinta, las actividades emprendidas en procura de información consistieron en lo siguiente:

En la fase de investigación se consultaron bibliotecas, centros especializados en información ambiental, librerías, bancos de datos, dependencias gubernamentales y universitarias, organizaciones no gubernamentales, revistas especializadas, Internet, proveedores internacionales de información y se hicieron entrevistas a expertos.

Paralelamente hubo intercambio de opiniones y retroalimentación de información mediante la participación en eventos internacionales, tales como asistencia a congresos, reuniones con grupos que trabajan en el tema de Sostenibilidad y visitas a proyectos en construcción. El apéndice C contiene los detalles de personas, agencias y otras fuentes informativas consultadas.

Como producto del procesamiento de la información captada y en concordancia con los objetivos establecidos, se procedió a establecer el marco teórico conceptual del Desarrollo Sostenible, decantando de esta línea de investigación el término de Sostenibilidad, por ser de significación más universal y susceptible de ponderación desde el punto de vista de la Ingeniería. De dicho proceso emergieron los primeros capítulos que contienen las bases primigenias y conceptuales de la Sostenibilidad.

Establecido ese tronco común de carácter multidisciplinario, debió buscarse la confluencia entre los principios de la Sostenibilidad y la construcción, lo cual se plantea mediante la interrelación de la materia y la energía como componentes primas de la actividad constructiva en el marco de las leyes de la Termodinámica, por

ser fundamentales los principios de esta disciplina para la comprensión de muchos de los problemas ambientales.

Para orientar los principios de la Sostenibilidad al Sector de la Construcción, hubo que aglutinar y adecuar métodos y técnicas existentes que ya han probado su viabilidad para otros menesteres, requiriéndoseles en este caso para conformar una propuesta práctica de Construcción Sostenible.

No existe una definición universal de Construcción Sostenible, empero algunos de los principios que puede contener el término son comunes hoy día en cualquier país, por ejemplo los que se refieren a la protección ambiental. Como consecuencia, partiendo de la propuesta de definición de la Primera Conferencia Internacional para la Construcción Sostenible (KIBERT, 1994a), y analizando las propuestas hechas por representantes de diversos países (CIB W82, 1998), se trata de arribar a la acepción de la Construcción Sostenible, con la idea permanente de que el nuevo paradigma de desarrollo llamado Sostenibilidad, fue concebido en la orientación que requerían, y requieren, los países en vías de desarrollo (CMMAD, 1992). Por nuestra parte, este compromiso se refleja en el planteamiento de un ejercicio sobre Sostenibilidad que se hace para una región de México.

La última etapa del flujo metodológico indica la elaboración de conclusiones y sugerencias, lo cual es producto de todo el desarrollo del tema, además de una reflexión final como epílogo, que lleva implícito el propósito de que el trabajo tenga un destino útil. Esta última etapa implica la extensión de las conclusiones y sugerencias que son producto del proyecto, lo que debe interpretarse como la publicación de la tesis y la socialización de su contenido entre los destinatarios aludidos en los objetivos específicos planteados.

ESTADO DEL CAMPO DE ESTUDIO

En consideración a la ya señalada característica híbrida del tema a desarrollar, es pertinente hacer alusión por una parte a la existencia de un bagaje de conocimientos conceptuales sobre la Sostenibilidad, desde sus orígenes y evolución hasta el estado actual del movimiento mundial del Desarrollo Sostenible; y por otra, a la praxis o instrumentación de los principios de la Sostenibilidad.

La parte conceptual, que es la base de sustentación de la tesis, se expone con amplitud y detalles en los dos subsiguientes capítulos; y está constituida medularmente por el informe Brundtland, los acuerdos y documentos emanados de la Cumbre de Río de Janeiro, en forma muy destacada por la Agenda 21, y por aportes hechos y que continúan haciendo los autores y estudiosos de la Sostenibilidad, desde las diferentes corrientes de pensamientos que existen.

Con relación a la operatividad del concepto en cuestión, se sabe de variados ejemplos de aplicación a diferentes escalas geográficas e institucionales, algunos de los cuales se exponen a continuación a manera de ilustración del campo de estudio.

En Cataluña se constituyó, en julio de 1997, la Red de Pueblos y Ciudades hacia la Sostenibilidad, que con 128 municipios afiliados inicialmente cubre el 70% de la población (SOSTENIBLE, 1998).

En Barcelona, un grupo de expertos independientes analiza la salud ambiental, social y económica de la ciudad, reunidos en el llamado Foro Cívico Barcelona Sostenible (FCBS, 1998).

A partir de la Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, realizada en Aalborg, Dinamarca, en mayo de 1994, las Ciudades y Unidades Territoriales participantes se comprometieron (mediante la Carta de Aalborg) a la elaboración de Agendas 21 locales (lo cual está establecido en el capítulo 28 de la Agenda 21). Actualmente varias Ciudades y Municipios Europeos trabajan en la redacción de sus propios documentos estratégicos, a través de los cuales la Sostenibilidad se convertirá en un marco de referencia obligado cuando se trate de Planes de Desarrollo (DIPUTACIÓ, 1997) (GOVERNMENT OF IRELAND, 1997).

En el Continente Americano existen varios ejemplos de proyectos que operan con la orientación Sostenible: Se conocen los casos de las ciudades de Curitiba, Brasil; Winnipeg, Canadá; Boulder, Chattanooga y Seattle, USA, entre otros. También, por iniciativa del PNUMA, en 1993 se iniciaron los trabajos para constituir una Red de Desarrollo Sostenible en Latinoamérica, la que actualmente se ha consolidado en varios países de la región, ofreciendo servicios y apoyo en el marco de la Agenda 21 (RED, 1998; URQUIDI, 1997).

Es destacable el hecho de que el sector industrial empieza a interesarse por la aplicación de los principios Sostenibles, lo cual se confirma al analizar el discurso visionario y los proyectos concretos que se conocen de Industrias transnacionales líderes, como son los casos de DuPont, Dow Chemical, 3M Corporation, IBM, entre otros (FIKSEL, 1996; GRAHAM, 1997). La empresa constructora más grande de Japón, Shimizu Corporation, ha adoptado una carta medioambiental global mediante la cual se compromete a tomar en cuenta el tema del medio ambiente en el desarrollo de sus actividades, y está introduciendo paulatinamente medidas para cambiar los procedimientos de construcción lineal a una construcción cíclica: diseño de edificios que optimicen el uso de energía, uso de materiales ecológicos y residuos, utilización de maquinaria y equipo ambientalmente limpios, minimización de residuos en las obras, reuso de materiales, entre otras (MIYATAKE, 1996; RODDMAN, 1995).

En México operan un capítulo del Consejo Internacional de Industrias para el Desarrollo Sostenible y el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable; la Secretaría (Ministerio) del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca ha desarrollado indicadores ambientales; la empresa Altos Hornos de México es pionera en la adopción de las normas ISO 14 000.

Por otra parte, especialistas en construcción han preparado reportes nacionales de catorce países (CIB W82, 1998), en los que se establece la relación de los principios del Desarrollo Sostenible y el Sector de la Construcción, con la finalidad de conocer la interpretación que cada uno de esos países hace del concepto emergente de Construcción Sostenible de cara a sus propias realidades, para posteriormente tratar de uniformizar conceptos, establecer un lenguaje común sobre el tema, llevar a cabo estimaciones y un seguimiento de la Sostenibilidad en el

mencionado Sector; se incluye el caso de España. Más recientemente (principios del año 2000), el mismo grupo citado ha iniciado un proyecto para desarrollar indicadores para la Construcción Sostenible.

Es interesante resaltar iniciativas cercanas a nosotros, como la propuesta del Plan de Medio Ambiente de la UPC, a través del documento *Criterios Ambientales en el diseño, la Construcción y la utilización de los Edificios*, que tiene el propósito de lograr una construcción de alta calidad ambiental en los edificios de la propia Universidad, lo que podría conducir a la construcción de edificios piloto que permitan adquirir conocimientos en la Construcción Sostenible.

Los anteriores ejemplos indican que el estado del conocimiento en materia Sostenible está trasponiendo la frontera del espacio conceptual (donde aún se sigue discutiendo) para aplicarse en programas, proyectos y acciones concretas; sin embargo, en el caso particular del Sector de la Construcción el avance es incipiente, por lo que se requieren trabajos de investigación y de vinculación que la acerquen en forma más efectiva a la aplicación (ALAVEDRA, 1997; ROODMAN, 1995)

No obstante el relativamente reducido avance en el Sector de referencia, existen algunos ejemplos de proyectos que muestran la factibilidad e interés de aproximar a la práctica los principios de Sostenibilidad, a través de la introducción de criterios ecológicos, eficiencia energética y de eco-eficiencia en general. A título demostrativo se comentan brevemente algunos de esos proyectos:

En Edimburgo, Escocia, se construye un grupo de 121 viviendas en un área que ocupó una antigua estación de ferrocarril (terreno gris). Entre otras, las características sobresalientes son el suministro de energía para uso eficiente y el no permitir la posesión de automóviles a los adjudicatarios; Las personas interesadas en comprar o alquilar las viviendas deberán firmar un certificado de que no poseen o pretenden adquirir este tipo de vehículos. El espacio que ya no se ocupará para aparcar los automóviles, se destinará a jardines. Los residentes se transportarán en las unidades de dos líneas de autobuses y posiblemente en un tren suburbano.

Con fines demostrativos, se construirá en Limelette, Bélgica, una "casa reciclada" que incorporará una proporción significativa de materiales provenientes de

reciclaje y de reuso de desperdicios o subproductos de diversas actividades industriales. La finalidad del proyecto es demostrar que en el Sector de la Construcción es posible usar un alto porcentaje de materiales reciclados y re-usar algunos otros, sin ningún riesgo para la salud de los usuarios y sin incrementar los costes de construcción. El prototipo cubre las etapas tradicionales de planificación, proyecto, selección de materiales, etc., hasta completar la construcción de la casa y sus rutas de acceso (CIB W82, 1998).

El Rocky Mountains Institute es uno de los primeros y más exitosos edificios "verdes" construidos, entre otras interesantes cosas aloja una granja solar pasiva, situada en una montaña fría casi la totalidad del año y donde se cultivan frutas y animales tropicales. Lo más característico del edificio son sus muros de piedra redondeados en las esquinas, ventanas especialmente aislantes, orientación hacia el sur y la ausencia de ruidos mecánicos, por carecer de la maquinaria convencional de los edificios comunes de hoy día. El diseño de su equipamiento especial y su funcionamiento han sido pensados para obtener una mayor calidad de vida de sus ocupantes y un ahorro extraordinario de energía, lo cual efectivamente se logra merced a la eficiencia del aislamiento y a las instalaciones solares activas y pasivas. La amortización de la inversión ocurre en un tiempo sorprendentemente corto (WEIZSÄCKER, 1997).

Por otra parte, una de las mayores empresas de diseño del mundo basada en Estados Unidos, ha elaborado una guía para el diseño Sostenible (CIB W82, 1998), el cual contienen procedimientos, información sobre bases de datos y protocolos de proyectos para ayudar a hacer diseños Sostenibles. Los tópicos de diseño Sostenible tratan de planificación y del sitio de la obra, materiales de construcción, calidad del aire del interior, ahorro de energía y agua, reciclaje y gestión de residuos.

Además de esta guía se conocen otros manuales, entre los que destacan el "Sustainable Building Technical Manual" (OSSO, 1996) y el "Handbook of Sustainable Building" (ANINK, 1996).

Es destacable uno de los proyectos Sostenibles visitados a mediados del año 2000, en el distrito modelo Vauban de Friburg, Alemania. Se trata de un ex-campo

militar de 38 has que se empezó a transformar en 1998, para construir 2000 viviendas con la orientación Sostenible y crear 600 puestos de trabajo.

Algunas de las medidas Sostenibles que se están tomando en la construcción son el re-uso de materiales de las instalaciones desincorporadas, se utiliza solo madera local y arcilla en los acabados internos y se evita el uso de PVC. Con la finalidad de ahorrar energía se aíslan térmicamente los muros externos y las azoteas, utilizando materiales ambientalmente benignos. Una gran proporción de la energía que se consume es solar, proveniente de celdas fotovoltaicas, y el resto se co-genera a partir de gas natural (aprovechamiento del calor sub-producido al generar electricidad).

El desarrollo ha sido concebido para prescindir parcialmente del uso de automóviles particulares, la orientación de los edificios propicia viviendas pasivas energéticamente (15 kWh/m²), se gestiona Sosteniblemente el uso de agua aprovechando el 90% del agua de lluvia, se cuenta con una estación y con asesoría para reciclar la basura, los vecinos que integran la Asociación Forum Vauban participan en las discusiones para la toma de decisiones comunales y realizan trabajos de autoconstrucción.

Al analizar los detalles de estos y otros ejemplos de iniciativas de Sostenibilidad se constataron el interés, la conveniencia, la posibilidad operativa, así como las dificultades para hacer tangibles los principios de Sostenibilidad en proyectos del Sector de la Construcción, lo cual fue una experiencia aleccionadora para el desarrollo de la investigación en que se basa esta tesis.

CAPÍTULO II

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MOVIMIENTO MUNDIAL DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

- 1. Aspectos históricos**
- 2. El Informe Brundtland**
- 3. La Cumbre de la tierra**
- 4. La Agenda 21**

1. ASPECTOS HISTÓRICOS

La expresión *Desarrollo Sostenible* surgió cuando se comprendió que el desarrollo debe centrarse en los seres humanos y no en índices económicos, que se ha tomado prestada la tierra de nuestros hijos y de los hijos de nuestros hijos, y se les debe entregar en condiciones razonablemente utilizable.

La esencia del Desarrollo Sostenible o Sustentable no es nueva, en realidad es un antiguo principio de la cultura humana y del comportamiento de los animales. Aún antes de la aparición del hombre sobre la tierra, los herbívoros y rapaces se alimentaban sin sobre-explotar sus territorios de los cuales dependía su vida.

En sus inicios la humanidad incorporaba naturalmente los principios Sostenibles, pues el crecimiento demográfico y la capacidad tecnológica para el consumo de recursos eran muy limitados en las primeras civilizaciones.

Había actitudes claramente Sostenibles, como la de los indígenas de Norteamérica que bautizaron a uno de sus lagos con un nombre nada corto: "Nosotros pescamos en nuestro lado, ustedes pescan en el suyo y en el medio no pesca nadie". Esta franja donde no pescaba nadie garantizaba mantener la pesca dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural, lo que propiciaba una pesca Sostenible.

Pero también ocurrieron explotaciones irracionales que propiciaron consecuencias desastrosas para las generaciones procedentes, como el caso de las reservas forestales del Mediterráneo, aniquiladas por los Fenicios y otros grupos que utilizaban grandes cantidades de madera para la construcción de naves.

En el siglo XVIII Goerges-Louis Leclerc, Conde de Buffon, y otros pensadores de la época que intentaban comprender y categorizar la naturaleza, ya tenían idea de la Sostenibilidad, lo cual reflejaban en sus obras. A Buffon, por

ejemplo, no le gustaba que se dilapidaran la energía y el dinero que podrían ser usados para mejorar la vida de los hombres y de sus descendientes (COHAT, 1988).

Más tarde, a fines del siglo XIX, el interés de la conservación fue convergiendo con los propósitos de la nueva ciencia del momento, la Ecología. Sin embargo, cuando se llevó a cabo la conferencia de Bretton Woods en 1944, para establecer el sistema financiero y monetario en la posguerra y, un año más tarde, cuando se dio el primer paso para fundar lo que posteriormente sería la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la agenda política internacional no se incluyó el tema del medio ambiente, aun cuando la preocupación relativamente reciente por el medio ambiente se derivó del daño causado por el rápido crecimiento económico ocurrido después de la segunda guerra mundial.

En los años sesenta, un número considerable y cada vez más creciente de autores en las áreas económica y planeación del desarrollo, trabajaron tratando de armonizar los conceptos de "crecimiento económico" y "equilibrio ecológico", y con esa finalidad añadieron adjetivos a los términos de *crecimiento* y *desarrollo*.

A principios de los años setenta los expertos de la ONU acuñaron el término *ecodesarrollo*; hay quienes atribuyen la autoría del término a Maurice Strong, organizador de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo en 1972, y de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, veinte años más tarde.

Pero también se dice que Ignacy Sachs, consultor de la ONU para temas de medio ambiente y desarrollo propuso el término como conciliador del aumento de la producción con el respeto a los ecosistemas, para mantener las condiciones de habitabilidad de la tierra.

Cualquiera que haya sido su paternidad, el término empezó a usarse en los eventos internacionales de medio ambiente y de desarrollo. Una de esas reuniones se celebró en 1974, en el hotel-balneario "Hacienda de Cocoyoc",

ubicado en las cercanías de la Ciudad de México; en ese seminario promovido por las Naciones Unidas se consensó la *declaración de Cocoyoc*, que fue suscrita y presentada a la prensa por el presidente de la República Mexicana en ese entonces. Las resoluciones del documento adoptaban el término ecodesarrollo.

Unos días después de esa reunión, el responsable de la diplomacia de los Estados Unidos de Norteamérica envió un telegrama al presidente del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, manifestando su desacuerdo con el término en cuestión, lo que propició el veto de la palabra ecodesarrollo, término que a la postre sería sustituido por la expresión *Desarrollo Sostenible* que podría ser aceptada más universalmente, quizá por su similitud con otra conocida en los medios económicos, que era el "desarrollo autosostenido" (NAREDO, 1998).

Posiblemente la primera vez que se usó en una publicación masiva la frase Desarrollo Sostenible fue en el documento "World Conservation Strategy", publicado en 1980 por "International Union for the Conservation of Nature" (IUCN, ahora llamada "The world Conservation Union") con la participación de "The United Nations Environment Programme" (UNEP) y "World Wild Life Fund" (WWF); el documento trataba del aprovechamiento Sostenible de los recursos (IUCN, 1980).

En 1983 la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, tomó conocimiento de este informe donde el tema central era la Sostenibilidad y, en 1987, esta Comisión hizo un reporte de los trabajos que le había encargado la asamblea general, al que popularmente se ha llamado "Informe Brundtland", que convirtió al Desarrollo Sostenible en un instrumento conceptual para tratar de compatibilizar el medio ambiente y los propósitos del desarrollo, haciendo de paso célebre al multicitado término.

2. EL INFORME BRUNDTLAND

A finales de 1983 la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió crear una comisión especial independiente, para que elaborara un programa global para el cambio. El secretario General de las Naciones Unidas pidió a una defensora del medio ambiente y de los derechos de la mujer, y Primer Ministro de Noruega, la Dra. Gro Harlem Brundtland, que formara y presidiera la comisión que se llamaría *Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo* (CMMAD) (en inglés : "World Commission on Environment and Development", WCED).

Los objetivos básicos del programa solicitado eran:

- Proponer estrategias a largo plazo para alcanzar el Desarrollo Sostenible.
- Hacer recomendaciones para una mayor cooperación entre los países con diferentes niveles de desarrollo para aspirar a propósitos comunes que consideraran la interrelación entre los hombres, los recursos, el medio ambiente y el desarrollo.
- Analizar las vías mediante las que la comunidad internacional pudiera tratar con mayor eficacia los problemas relacionados con el medio ambiente, y
- definir un programa de acción que incluyera objetivos y propuestas de solución a los problemas relacionados con la protección y mejoramiento del medio ambiente mundial.

Después de tres años de trabajo, la Comisión conformada por miembros de 21 países, concluyó que la transición a formas Sostenibles de desarrollo era posible y se publicó, en 1987, el correspondiente reporte denominado *Nuestro Futuro Común*, mejor conocido como Informe Brundtland.

Por considerarlo importante, a continuación se destacan algunos aspectos fundamentales de dicho Informe, y se bosqueja su contenido.

Cuando se iniciaron los debates para determinar las atribuciones de la Comisión, hubo opiniones que sugerían que los trabajos debían inscribirse exclusivamente en el medio ambiente, lo que en opinión de la Dra. Harlem Brundtland hubiera sido un error, puesto que "El entorno no existe como esfera separada de las acciones, ambiciones y necesidades humanas... El medio ambiente es donde vivimos todos, y el desarrollo es lo que todos hacemos al tratar de mejorar nuestra suerte en el entorno donde habitamos. Ambas cosas son inseparables" (CMMAD, 1992).

Así pues, la Comisión se percató acertadamente desde el principio que los problemas ambientales no podrían aislarse de otros problemas, tales como la pobreza y la desintegración social, y consideró que el Desarrollo Sostenible minimiza el riesgo de crear o de permitir que se exacerben los problemas existentes, afirmando en una definición que se ha hecho mundialmente conocida que está en manos de la humanidad propiciar que el Desarrollo sea Sostenible, es decir, asegurar que "satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias". Este es el significado no literal de la expresión originalmente en inglés "To ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987).

Este enfoque comprende dos componentes fundamentales :

- El de las necesidades, particularmente las esenciales de los pobres, a los que se debería otorgar prioridad, y
- La implicación de las limitaciones que imponen los recursos del medio ambiente, el estado actual de la tecnología y de la organización social, y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos adversos de las actividades humanas.

Se considera al Desarrollo Sostenible como un proceso de cambio continuo, en lugar de un estado de armonía fijo, en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las

instituciones, concuerdan con el potencial actual y futuro de las necesidades humanas.

Las estrategias urgentes que se proponen para seguir la senda de la Sostenibilidad responden a objetivos básicos, tales como los siguientes :

- Revitalizar el crecimiento.
- Cambiar la calidad del crecimiento.
- Satisfacer las necesidades esenciales de trabajo, alimentos, energía, agua, higiene.
- Asegurar un nivel de población Sostenible.
- Conservar y acrecentar la base de los recursos.
- Reorientar la tecnología y controlar los riesgos.
- Integrar la economía y el medio ambiente en las decisiones.

Se reconoce que la propuesta no es un proceso fácil o sencillo, sino que se deberán tomar decisiones difíciles, por lo que el Desarrollo Sostenible deberá apoyarse necesariamente en la voluntad política.

En síntesis, el contenido del llamado Informe Brundtland está integrado por tres partes con sus correspondientes capítulos, y para plantear la propuesta en un marco analítico se refiere a las preocupaciones, las tareas y los esfuerzos comunes.

En la primera parte se expone el futuro amenazado, el Desarrollo Sostenible propiamente dicho y el papel de la economía internacional.

La segunda parte analiza las tareas comunes a realizar en cuanto a población y recursos humanos, seguridad alimentaria, especies y ecosistemas, energía, industria y urbanismo.

La tercera parte se refiere a la administración de los espacios en común, paz, seguridad, desarrollo y medio ambiente; hace una propuesta para el cambio de las instituciones y las leyes, y un llamamiento a la acción.

Finalmente incluye un par de anexos, sobre temas jurídicos internacionales y la labor de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo.

En el llamamiento referido, la comisión pide a la Asamblea General de las Naciones Unidas que transforme el informe en cuestión en un programa de acción, propone la realización de conferencias regionales complementarias y termina sugiriendo la realización de una conferencia internacional.

Y tal como se propuso, a la conclusión y análisis del Informe le sucedieron varias reuniones regionales que condujeron a la celebración de la Conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, ocasión que señaló el inicio del proceso de operativización de la idea de Sostenibilidad. De esta forma el Informe Brundtland abrió las vías políticas para el reconocimiento mundial del concepto de Desarrollo Sostenible.

3. LA CUMBRE DE LA TIERRA

A 20 años de haberse llevado a cabo la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, que dió origen al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, mejor conocida como *la Cumbre de la Tierra* ("Earth Summit"), del 3 al 14 de junio de 1992; con la asistencia de casi 30 000 personas, entre los que se encontraban más de 100 jefes de estado y de gobierno, más de 100 ministros, así como delegados y asistentes de 178 naciones.

La asamblea general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) había acordado mediante la resolución 44/228, que con fundamento en el Informe Brundtland se realizara en Río de Janeiro la segunda conferencia sobre el tema ambiental, anteponiendo esta vez la exigencia de vincularla con el desarrollo.

Con el objetivo de mejorar y preservar la calidad del ambiente, se identificaron 9 grupos de problemas a abordar, inscritos en la idea del Desarrollo Sostenible :

- Protección de la atmósfera: cambios climáticos, deterioro de la capa de ozono y contaminación transfronteriza.
- Preservación de los recursos de la tierra: acciones contra la deforestación, la pérdida de suelo y la desertización.
- Conservación de la biodiversidad.
- Protección de los recursos de agua dulce.
- Conservación de los mares y océanos, así como la utilización racional de sus recursos vivos.
- Manejo ambiental de los desechos biotecnológicos y peligrosos.
- Prevención del tráfico ilegal de productos y residuos tóxicos.
- Mejora de la calidad de vida y de la salud humana.
- Elevación del bienestar y de las condiciones de trabajo de los estratos más pobres de la población.

Los temas que se trataron en la Cumbre de la Tierra se resumen en *la Declaración de Río de Janeiro*, también llamada la "Carta de la Tierra", la cual se integra por 27 principios que se refieren fundamentalmente al entorno natural y al desarrollo. Fueron firmados por más de 150 naciones los tratados (negociados de antemano) sobre *Biodiversidad Biológica y Cambio Climático*, se formalizó el programa para el siglo XXI, comúnmente denominado *Agenda 21* y se creó la *Comisión para el Desarrollo Sostenible*.

La Cumbre de la Tierra aglutinó dos eventos, el *Foro Global* conformado por grupos ecologistas, y la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo* formada por las delegaciones oficiales. Ambos grupos, Foro y Conferencia, trabajaron simultáneamente en reuniones celebradas en lugares separados por 30 Km de distancia, lo cual fue duramente criticado por los foristas argumentando que esa separación fue premeditada... (TAMANES, 1995).

Las sesiones plenarias recogieron discursos de altos representantes de los estados y de algunas organizaciones preseleccionadas, en tanto que el "comité principal" compuesto por delegaciones oficiales y expertos, llevó a cabo el arduo trabajo de depurar los textos de la Declaración de Río de Janeiro y de la Agenda 21.

La versión final del informe de la WCED sobre la Cumbre de la Tierra se plasmó en el documento *A/Conf.151/26*, conformado por 5 volúmenes; que enfatiza, tal como era la intención inicial, la urgencia de una Economía Ecológicamente Sostenible.

Una característica sobresaliente de la cumbre de Río de Janeiro es que el consenso alcanzado lo hicieron los gobernantes de las naciones, con el soporte de científicos y expertos técnicos; tratamiento que era imprescindible, particularmente en lo referente a los temas ambientales globales.

La urgente necesidad de gestionar esos temas ambientales globales (compartidos por todas las naciones y criaturas vivientes), implica que los países deben trabajar conjuntamente y tratar de entender la diversa y compleja contribución de esfuerzos que requieren algunos problemas para su atención, como el cambio climático y el deterioro de la capa de ozono, por ejemplo.

Los dos principios de la Declaración de Río referidos explícitamente al medio ambiente y al Desarrollo Sostenible, dicen a la letra:

Principio 3. - "El derecho al desarrollo ha de concretarse de tal modo que se satisfagan de igual manera las necesidades de desarrollo y medio ambiente de las actuales y futuras generaciones".

Principio 4. - "Para conseguir el Desarrollo Sostenible, la protección del medio ambiente será una parte integrante del proceso de desarrollo y no se concebirá como algo aislado de éste".

Después de la Cumbre de la Tierra se han constatado avances en términos de conciencia nacional en asuntos ambientales y de compromisos llevados a la práctica. Estos compromisos se manifiestan en varias formas, tales como la buena acogida por parte de algunos países de la propuesta para formular políticas estratégicas con el enfoque de Desarrollo Sostenible, y el interés por trasladar las políticas a acciones específicas para atender necesidades identificadas. Aunque también se hace uso frecuente del término de Sostenibilidad, y en menor medida de su significado, para fines políticos y propagandísticos, particularmente desde que los medios de comunicación de masas lo convirtieron en una expresión habitual.

Es oportuno comentar que a lo largo de este trabajo académico se adoptan los planteamientos sobre Sostenibilidad hechos por el Informe Brundtland, y también se reconoce que para el caso "desarrollo" representa más que solo consumo material y crecimiento económico; incluyendo entre otras cosas, educación y cultura que son instrumentos indispensables para hacer posible la aplicación de la noción de Sostenibilidad, pues ésta no es un valor en sí misma, sino que se trata como se constata a continuación al comentar la Agenda 21, de un proceso afincado en una declaración comprometida de intenciones, por lo que además de tomarse medidas políticas y precauciones implica un cambio de actitud de la población.

4. LA AGENDA 21

La mayor parte del tiempo trabajado en la Cumbre de Río de Janeiro se dedicó a discutir los artículos que formarían el plan de acción de Río, denominado Programa o Agenda 21, cuya versión original es un libro de 800 páginas que contiene los deberes de las naciones para el siglo XXI, en forma exhaustiva y detallada (UNCED, 1992).

La Agenda 21 consta de 40 capítulos y está dividida en 4 secciones.

La sección I (capítulos 1 al 8) se refiere a aspectos sociales y económicos del desarrollo, destacando la lucha contra la pobreza, la racionalidad en el consumo y la necesidad del control del crecimiento demográfico desmesurado.

La sección II (capítulos 9 al 22) aborda las medidas conservacionistas: protección de la atmósfera, deforestación y sequías, biodiversidad, preservación de los mares y en forma preponderante los desechos sólidos de todo tipo (se le dedican 4 capítulos).

La sección III (capítulos 23 al 32) trata del fortalecimiento de los grupos principales para el ecodesarrollo, enfatizando en la emancipación de la mujer y en la mejoría de las condiciones infantiles.

La sección IV (capítulos 33 al 40) propone la ejecución de las propuestas desde los puntos de vista financiero, transferencia tecnológica, ciencia para el Desarrollo Sostenible, educación ambiental y cooperación internacional.

Ante la imposibilidad de hacer una síntesis del contenido de tan extenso documento, se extraen algunas citas de interés para el presente trabajo:

La Agenda 21 dice en el preámbulo que "La humanidad se encuentra en un momento decisivo de la historia. Nos enfrentamos a la perpetuación de las disparidades entre las naciones y dentro de las naciones... No obstante, si se integran las preocupaciones relativas al medio ambiente y al desarrollo y si se les presta más atención, se podrán satisfacer las necesidades básicas, elevar el nivel de vida de todos, conseguir una mejor protección y gestión de los ecosistemas y lograr un futuro más seguro y más próspero. Ninguna nación puede alcanzar estos objetivos por sí sola, pero todos juntos podemos hacerlo en una asociación mundial para un Desarrollo Sostenible".

Y dice de sí misma: "La Agenda 21 aborda los problemas de hoy y trata también de preparar al mundo para los desafíos del próximo siglo... Su ejecución

incumbe ante todo y sobretodo a los gobiernos. Las estrategias, planes, políticas y procesos nacionales son de capital importancia para conseguir esto... La Agenda 21 podría evolucionar con el tiempo en función de los cambios de las necesidades y de las circunstancias".

En el capítulo 7, dedicado a la promoción del desarrollo de asentamientos humanos Sostenibles, se exponen un conjunto de acciones que tratan de vivienda, planificación del uso del suelo, gestión de asentamientos humanos, sistemas de energía y transporte, infraestructura de servicios y construcción.

Respecto a esta última acción, se comenta que las actividades del Sector de la Construcción son vitales para alcanzar las metas de desarrollo socioeconómico para proveer cobijo, infraestructura y empleo. Sin embargo, también advierte que puede ser una fuente importante de daños al ambiente, a través de la disminución de las reservas de recursos naturales, degradación de las eco-zonas frágiles, contaminación química y uso de materiales dañinos para la salud humana.

Por lo tanto, sugiere adoptar normas y tecnologías que minimicen el riesgo de esos daños, en el empeño de propender a las metas de desarrollo de los asentamientos humanos y la creación de empleos en el sector constructivo.

Las actividades que se proponen son la creación de industrias de materiales de construcción utilizando, en lo posible, insumos y recursos naturales de procedencia local y la utilización de técnicas tradicionales.

También recomienda tomar medidas para incrementar el uso eficiente de la energía y la utilización Sostenible de recursos naturales, formular especificaciones para el uso apropiado del suelo y regulaciones especiales encaminadas a la protección de las zonas eco-sensibles de los trastornos propiciados por las actividades constructivas.

Especialmente en los países en desarrollo, sería muy conveniente el uso intensivo de mano de obra en la construcción y mantener las tecnologías que propicien el empleo. Se considera igualmente importante la promoción de normas y prácticas para la auto-ayuda en la construcción de vivienda, adoptando medidas para hacer posible el acceso a los materiales de construcción mediante procedimientos de crédito accesibles.

Enfocado al mismo Sector, el capítulo 31 se ubica en la posibilidad de que la comunidad científica y tecnológica (Ingenieros, Arquitectos, Diseñadores Industriales, Planificadores Urbanos, entre otros), pueda hacer más abierta y efectiva su contribución al proceso de toma de decisiones concernientes al medio ambiente y al desarrollo. Se requiere que la participación de la ciencia y la tecnología en asuntos humanos sea más ampliamente conocida y mejor entendida, tanto por quienes toman las decisiones como por el público en general.

Por otra parte, deberán efectuarse más estudios interdisciplinarios y potenciarse el liderazgo y el conocimiento práctico sobre el Desarrollo Sostenible.

Para conocer los avances y resultados de estas acciones, debe asegurarse la independencia de la comunidad científica y tecnológica tanto para investigar como para publicar sin restricciones, así como para intercambiar hallazgos e información.

El capítulo 35 establece el uso de la ciencia como un apoyo para la gestión del medio ambiente y el desarrollo para la supervivencia cotidiana y el futuro de la humanidad. Se propone apoyar los requerimientos científicos que se especifican en los otros capítulos de la agenda 21.

La ciencia debe utilizarse para una mejor formulación y selección de políticas ambientales y de desarrollo en el proceso de toma de decisiones, para

lo cual será necesario su mejor entendimiento; lo cual implica el fortalecimiento de las capacidades científicas de todos los países.

De importancia crucial es la necesidad de contar con científicos en los países en vías de desarrollo para participar de lleno en sus problemas, así como en programas de investigación científica internacional referidos a problemas ambientales globales y de desarrollo, y también para la negociación de temas ambientales.

La escasez de científicos no debe ser excusa para posponer la atención a problemas ambientales que propician daños irreversibles.

En otro orden, para asegurar que lo contenido en la Agenda 21 se tradujese en resultados, en la Cumbre de Río de Janeiro se creó la Comisión para el Desarrollo Sostenible (CSD, por sus siglas en Inglés), que es un organismo intergubernamental cuya tarea formal es la promoción y control de la transición hacia la Sostenibilidad. Esta comisión llevó a cabo su primer encuentro en 1993.

Derivado de sus primeras reuniones, algunos observadores opinaron que la CSD carecía de poder para hacer cumplir a los gobiernos los compromisos mediante programas reales propios; para otros, sin embargo, serviría como un foro político de alto nivel, en el que podrían ser mostrados los progresos o incumplimientos de los países.

Cinco años después de la Cumbre de Río de Janeiro, en una sesión especial convocada por la asamblea general de la ONU, se mostró que la CSD en efecto ha carecido de poder, pero también ha contribuido a cambiar la forma de abordarse muchos de los problemas globales.

También se advirtió que ha habido una gran cantidad de aproximaciones efectivas a la Sostenibilidad propugnadas por la Agenda 21, las cuales han

producido lecciones de la experiencia y han inducido una nueva actitud ambiental.

En este sentido, en el campo de la Ingeniería Civil y particularmente en el Sector de la Construcción, ha surgido un movimiento consciente de los importantes impactos que ocasionan las actividades constructivas en cualquier país (MIYATAKE, 1996), lo cual ha propiciado consenso en torno a la idea de contar con una Agenda 21 que ayude a guiar los trabajos para implementar los principios de la Sostenibilidad en el Sector de la Construcción. Al respecto, el "International Council for Research and Innovation in Building and Construction" (CIB), tomó la iniciativa para la creación de tal instrumento y publicó su versión a finales de 1999.

CAPÍTULO III

EL DEBATE CONCEPTUAL Y OPERATIVO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

- 1. Consideraciones conceptuales**
- 2. Definiciones de Desarrollo Sostenible**
- 3. De la interpretación conceptual a las aplicaciones global y particular**
- 4. Sostenibilidad Débil y Sostenibilidad Fuerte**

1. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

Existe poca coincidencia entre la definición de Desarrollo Sostenible hecha en el informe Brundtland y la de los términos *desarrollo* y *sostenible* que se encontraron en una decena de diccionarios consultados. De todas las definiciones aportadas por este material de consulta, la del Gran Diccionario de la Lengua Española (RICO, 1996) dice en una de las 8 acepciones, que "*desarrollo* es el crecimiento cualitativo de determinados aspectos de una sociedad, como la producción o la acumulación de capital, que va acompañada de una mejora de calidad de vida de la misma sociedad". En tanto que el Diccionario de Uso del Español (DICCIONARIO..., 1987) define el término *sostener* para 7 diferentes situaciones, de las cuales la que más se corresponde con el caso que nos ocupa, dice que es lo que "permanece durante tiempo considerable en una acción o actitud, haciendo una cosa de cierta manera, etc., sin variarlas y sin abandonarlas".

Etimológicamente el término *desarrollo* posiblemente tiene raíces Celtas, aunque su origen actual es de las palabras del Francés antiguo "des" y "veloper", las cuales unidas significan desempacar, desenvolver, expandir, adquirir gradualmente una forma o función específica.

En tanto que *sostenible* proviene de la raíz Latina "sostinere" que significa conservar en existencia, mantener, sustentar.

Por tanto, se puede concluir que la expresión Desarrollo Sostenible tiene mayor significación por el alcance explícito que se le ha atribuido, que por las definiciones lingüísticas que aportan los diccionarios.

Se argumenta que en Castellano la segunda parte del término estaría mejor representada por la palabra *Sustentable*, que por *Sostenible* (aun cuando esta última tiene mayor similitud con "Sustainable", que es su correspondiente en Inglés); empero, ambas se usan a menudo indistintamente. En Latinoamérica se usa más frecuentemente *Sustentable*, en tanto que en España lo común es

utilizar *Sostenible*. Para los fines de esta tesis la utilización de cualquiera de las dos palabras tendría el mismo resultado, aunque por el hecho de realizarse este trabajo en el Estado Español, se adopta el término *Sostenibilidad* y su adjetivo *Sostenible*.

Si nos ubicamos en la literatura relacionada con el tema de la tesis, una definición lacónica dice que "Sostenibilidad es una característica de un proceso o estado que puede ser mantenida a través del tiempo" (KORDEJ -de VILLA, 1997); es decir, en forma indefinida (sin que esto signifique que para siempre). Otra más la describe como "la reserva de recursos que le permita a las futuras generaciones tener una calidad de vida (al menos) similar a la nuestra" (actual generación) (WCED, 1987). Expuesta de esta manera, la Sostenibilidad es un concepto más amplio que el de Desarrollo Sostenible discutido en el capítulo II y puede ser aplicada a diferentes niveles, desde la Sostenibilidad de una familia, de un proyecto o de una industria, pasando por el uso Sostenible de recursos y de fuentes de materiales, hasta la Sostenibilidad sectorial y global.

Vista esta ambivalencia de significado, y considerando que la búsqueda de una definición precisa del término de Desarrollo Sostenible no ha dado resultados definitivos (DALY, 1997b); además de que, como se discutirá más adelante, esta expresión compuesta es de un alto contenido economicista, a lo largo del presente trabajo académico se usará más frecuentemente el concepto de Sostenibilidad, que el de Desarrollo Sostenible.

Así pues, la idea básica de la Sostenibilidad teóricamente es simple: como ya se anotó, un proceso o sistema Sostenible es el que sobrevive a través del tiempo. Pero hay al menos tres cuestiones adicionales que no es tan sencillo contestar, estas son: ¿qué sistema o sub-sistemas o características de sistemas sobreviven o persisten?, ¿por cuánto tiempo? y ¿cuándo evaluamos si el sistema o sub-sistema o característica ha persistido? (CONSTANZA, 1995).

Biológicamente la Sostenibilidad significa evitar la extinción, y la sobrevivencia de los sistemas para reproducirse. Económicamente, implica evitar

interrupciones y colapsos, protección contra inestabilidades y discontinuidades. Interrelacionando estos propósitos a través de un rango de tiempo y una escala espacial ante unas acciones que la sociedad haya desarrollado en consecuencia, se conocerá si las predicciones y los motivos que condujeron a emprender esas acciones fueron acertadas, o no, desde la interpretación de la Sostenibilidad.

Se observa la introducción del término *predicción*, el cual es usual en las definiciones de Sostenibilidad, pues a menudo mediante predicciones se realizan acciones que se espera conduzcan hacia dicha Sostenibilidad; por ejemplo, se argumenta que las tasas de aprovechamiento de los recursos naturales renovables deben mantenerse por abajo de las tasas de renovación de esos recursos, lo que conducirá a una extracción Sostenible. Esto es una predicción más que una definición, dado que generalmente existe una gran incertidumbre al predecir las tasas de renovación y también al observar y regular las tasas de recolección.

Como en todas las predicciones, hay mucha incertidumbre que conduce a mucho trabajo, a discusiones y a desacuerdos, que es precisamente lo que ocurre en torno al debate mundial del Desarrollo Sostenible, quizá esto corrobora el comentario de que la Sostenibilidad es más un problema de predicción que de definición, al menos desde el punto de vista teórico (CONSTANZA, 1995).

Considerando el carácter multidisciplinario de la Sostenibilidad, ésta puede enfocarse a diversos fines de interés tales como el sistema Ecológico, una especie en particular o todas las especies (biodiversidad), el sistema Económico, una cultura, un negocio o una industria determinada; pero invariablemente se relacionará el sistema Socioeconómico global en el contexto de la vida Ecológica. Esta interrelación entre sistemas y sub-sistemas a través de escalas y rangos espaciales y temporales, trae a colación la inquietud de por cuanto tiempo un sistema o característica deberá ser Sostenible.

Cuando se intenta propender a la Sostenibilidad debería prefigurarse el período a que se refiere ese propósito; que necesariamente sería a mediano o

largo plazos. Hay quienes piensan que sería para siempre, pero nada es para siempre, ni aún el universo. La Sostenibilidad no puede significar una vida infinita, o de ser así nada sería Sostenible (FOLCH, 1997).

Por lo tanto la Sostenibilidad no puede ser tomada como una panacea, sino como un instrumento para intentar hacer viable un proceso Socioeconómico, en un lugar más o menos concreto y en un plazo aproximadamente acotado. Tratando de orientar los objetivos del presente trabajo en esta perspectiva, el espíritu de la Sostenibilidad en el Sector de la Construcción debe ser asumido en términos realistas, tratando de propender a la explotación racional de los recursos que ofrece la biosfera para integrarlos en la forma más armoniosa posible en el entorno, a través de un tratamiento sincrónico entre la actualidad y en un tiempo más o menos definido que pudiera ser, por ejemplo, el próximo siglo; para lo cual se utilizarán elementos conocidos hoy día, puesto que algún tipo de medios que se dispondrán en el futuro, sobre todo en el ámbito de la tecnología, por ahora ni siquiera nos los imaginamos.

Ya sería un gran logro si se pudiera franquear Sosteniblemente el siglo XXI, a final de cuya centuria las Naciones Unidas esperan el inicio de la estabilización del crecimiento de la población mundial (UN, 1998).

2. DEFINICIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Se advierte que el Desarrollo Sostenible puede definirse a través de múltiples variantes, quizá la propia WCED propició esa amplitud conceptual pues en el informe Brundtland se incluyen al menos diez definiciones, aunque matizadas y provenientes del mismo tronco común conformado por la interrelación de los principios económico, social y ambiental. La apertura de ese abanico semántico también incluye aspectos y principios tales como educación, cultura y ética, y en ocasiones se le añaden salud, justicia, paz y seguridad.

Un reporte hecho para el Departamento del Medio Ambiente del Reino Unido contiene trece páginas de definiciones (PEARCE, 1993), sin llegar a concretar una definición universal.

Un trabajo del Banco Mundial (PEZZEY, 1992), cuyo objetivo específico es analizar el concepto en cuestión desde diferentes puntos de vista, contiene una gran cantidad y variedad de definiciones, y destaca 27 de las más relevantes que han sido hechas por economistas académicos, científicos, dirigentes de alto nivel, organizaciones e incluso un premio Nobel. Casi todas las definiciones de crecimiento y Desarrollo Sostenible que se analizan, contienen la misma esencia ética intergeneracional, en cuanto a que las futuras generaciones tienen derecho al menos a la misma calidad de vida de las actuales generaciones. Una parte importante de la Sostenibilidad no cubierta por la ética referida, es la equidad intrageneracional.

A través del documento "World Conservation Strategy", la IUCN definió al desarrollo como "la modificación de la biosfera para satisfacer las necesidades humanas" y a la conservación como "la gestión del uso humano de la biosfera para obtener el mayor beneficio para la presente y futuras generaciones" (IUCN, 1980).

La WCED integró estas dos definiciones con el propósito de reconocer los derechos de los países en vías de desarrollo a usar sus recursos naturales, conceptualizando el Desarrollo Sostenible (se reitera) como "el desarrollo que permite satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas" (WCED, 1987). Y describe la característica de Sostenibilidad como la voluntad de "dejar suficientes recursos para asegurar a las futuras generaciones una calidad de vida (al menos) similar a la nuestra".

La definición de la WCED es el origen de varias más, propuestas posteriormente a la publicación del Informe Brundtland. Algunas son tan escuetas y ambiguas como la que reza que el Desarrollo Sostenible es el "mejoramiento

de la calidad de vida humana mientras se mantiene la capacidad de carga que soporta a los ecosistemas" (IUCN, 1991). Otras prefieren particularizar en el concepto de Sostenibilidad en vez de tratar de conciliar las palabras polémicas entre sí: *desarrollo* y *sostenible*, como es el caso de la que dice que la Sostenibilidad se puede representar mediante un triángulo cuyos ápices son la Economía, la Ecología y las instituciones socioculturales, y así cada paso hacia un futuro Sostenible debería contemplar una negociación social entre los sectores público y privado (es decir, entre los procesos políticos y el mercado) y entre la ciudadanía en general y los consumidores (GRAAF, 1996).

En 1991, se actualizó "World Conservation Strategy" de la IUCN, llamándosele entonces "Caring for the Earth". En la nueva versión se comentó que el término Desarrollo Sostenible había sido criticado como ambiguo y sujeto a variadas interpretaciones, debido a que se intercambiaba por el de "crecimiento sostenido", lo que es una contradicción porque ninguna cosa física puede crecer indefinidamente. El nuevo documento definió al Desarrollo Sostenible como aquel que "mejora la calidad de vida humana mientras ésta se desarrolle dentro de los límites de la capacidad de carga que mantiene a los ecosistemas". Esta definición resultó poco operativa, debido a las dificultades para determinar la capacidad de carga que mantiene a los ecosistemas y para identificar las acciones no definidas de esos ecosistemas.

Desde el punto de vista empresarial, el "International Institute for Sustainable Development" de Canadá (IISD, 1998), sostiene que para las empresas el Desarrollo Sostenible significa emprender estrategias y actividades en los negocios, que resuelvan las actuales necesidades de las empresas y de sus clientes, al tiempo que protejan y mejoren los recursos humanos y naturales que serán requeridos en el futuro.

El desacuerdo semántico en torno al Desarrollo Sostenible prevalece polarizado principalmente en dos corrientes de opinión: los *Economistas tradicionales o neoclásicos* sostienen que existe una ambivalencia contradictoria

en el término al tratar de conciliar el crecimiento (desarrollo) económico, que conlleva impactos ambientales, con la idea de Sostenibilidad cuando ésta aboga por la protección ambiental, y afirman que se tendrá un Desarrollo Sostenible cuando el desarrollo económico sea ecológicamente Sostenible.

Respecto a esa posición, la otra corriente, denominada *Económica-ecológica*, aclara que crecimiento (o desarrollo) y Sostenibilidad se refieren cada uno a niveles de abstracción diferentes. Por otra parte argumenta que la idea de crecimiento concebida por algunos Economistas ortodoxos está desvinculada del mundo físico, al expresarse en agregados monetarios de renta o producto nacional, lo cual no proporciona información ni criterios para enjuiciar la Sostenibilidad de los procesos físicos heterogéneos que generan estos agregados monetarios.

No obstante esas diferencias, ambas corrientes de pensamiento coinciden en las reglas que deben caracterizar el uso Sostenible de los recursos naturales (DALY, 1990):

- Las tasas de utilización de los recursos renovables no deben exceder las tasas de regeneración.
- La emisión de residuos no debe exceder la capacidad de asimilación de los ecosistemas.
- Los recursos no renovables deben explotarse de una manera quasi-Sostenible, limitando la tasa de agotamiento a la tasa de creación de sustitutos renovables.

Adicionalmente a las dos corrientes de pensamiento comentadas, existen al menos otras dos que se expresan a través de sendos modelos de Sostenibilidad denominados evolutivo y neo-Ricardiano, las cuales solo son variantes de las dos corrientes mencionadas antes.

La evolutiva rompe con el marco de equilibrio de los modelos de crecimiento neoclásico, y explica el cambio desde una perspectiva precisamente

evolutiva, argumentando que el sistema tiene la habilidad de generar adaptaciones ante las crisis.

Los neo-Ricardianos representan la producción multisectorial conjunta, entendida como un proceso interdependiente en el que se pueden integrar los límites ecológicos con la expansión económica, lo cual conduce a una visión de Sostenibilidad más que a un proceso de crecimiento (FAUCHEUX, 1996).

Tratando de lograr una conciliación en torno al significado de Desarrollo Sostenible, el premio Nobel de Economía Robert Solow propuso un procedimiento para clarificarlo (NAREDO, 1998): debe precisarse lo que se quiere conservar (concretando así el enunciado genérico del informe Brundtland), que para el autor de referencia sería el valor de las reservas ("stock") de capital incluyendo el capital natural, lo que garantizaría a las generaciones futuras la posibilidad de seguir produciendo bienestar en igual cuantía que el actual. Aunque aclara que el desarrollo inevitablemente causará disminución en las reservas de recursos no renovables, y la Sostenibilidad debe significar más que solo la preservación de recursos naturales y un vago compromiso emocional.

Para mantener la capacidad que satisfaga las necesidades de las futuras generaciones, se requiere que el capital total de la sociedad tome en cuenta las posibilidades de sustitución entre el capital natural y otras formas de capital.

Solow también sugiere que en justicia hacia las futuras generaciones, se requiere que parte de las ganancias obtenidas por la explotación y agotamiento de los recursos no renovables, se inviertan en otros conceptos que puedan incluir capital social o hecho por el hombre, como por ejemplo educación, fábricas, etc., con la finalidad de mantener la capacidad productiva para resolver las necesidades de las generaciones por venir. Este autor neoclásico concluye diciendo que su propuesta no está reñida con, sino que necesita apoyarse en, el conocimiento de la interacción de los procesos económicos con el medio ambiente donde se llevan a cabo dichos procesos, para establecer la conexión

entre la posición aislada del valor que sostiene una corriente de opinión y el medio físico circundante que pregona otra corriente.

Esta es una alusión a la divergencia definitoria de la Sostenibilidad, que por una parte magnifica la posibilidad del enfoque Sostenible sin destacar la importancia que tiene la información física de los recursos (corriente neoclásica), en tanto que por otra se reclama la necesidad de reformular y ampliar la concepción actual del sistema Económico en función del medio ambiente, y por tanto de la idea de Sostenibilidad. Esa necesidad de cambio se basa en la composición de las reservas de capital, que no es homogéneo ni siempre sus componentes son sustituibles unas por otras (corriente Económica–ecológica).

La diversidad de modelos de Desarrollo Sostenible mostrada, es un indicativo de que el concepto abarca un amplio rango de cuestiones y fenómenos, que el análisis económico no se había preocupado por tratar hasta recientemente.

3. DE LA INTERPRETACIÓN CONCEPTUAL A LAS APLICACIONES GLOBAL Y PARTICULAR

Desde que fue dado a conocer *Nuestro Futuro Común* definiendo y popularizando el concepto de Desarrollo Sostenible, se han escrito y publicado una gran cantidad de análisis políticos y económicos, e incluso de aspectos éticos de dicha modalidad de desarrollo, lo que ha ampliado el rango de las definiciones y ha generado una polémica conceptual mundial.

Y en efecto, la definición de Desarrollo Sostenible del Informe Brundtland es muy profunda y amplia, al tiempo que se expresa escuetamente, y no proporciona elementos explícitos para tener una mejor comprensión del concepto que conduzca a su aplicación.

Una de las mayores críticas que se le hace es la ambigüedad conceptual, lo que se traduce en falta de resultados y facilita el uso meramente retórico del término. Estos señalamientos generalmente se hacen por Economistas ortodoxos y se refieren a la operatividad global (PEARCE, 1993).

Sin embargo, se conocen varias propuestas para tratar de alcanzar la operatividad a nivel macro, las cuales generalmente tienen como objetivo la prevención del deterioro ambiental.

Algunas de esas estrategias planteadas se basan en el hecho de que la sociedad humana es parte, y depende, de los ecosistemas por lo que es necesario respetar la capacidad de carga de dichos ecosistemas para propender a la Sostenibilidad (RESS, 1996). Otras sugieren que la declinación o deterioro ambiental se exprese en unidades de coste y, considerando que la variable ambiental estará incluida en los análisis de coste-beneficio, el desarrollo que se alcance será equivalente al Desarrollo Sostenible (KERRY, 1994).

La primera de estas estrategias se instrumentaría a través de normas que frenaran el uso ilimitado de bienes y servicios ambientales y que redujeran los impactos ambientales negativos. La segunda estrategia se centraría en establecer precios a los bienes y servicios medioambientales, para que sean pagados por los usuarios de ese medio.

Se advierte que ambas propuestas se preocupan, casi exclusivamente, en tratar de resolver los problemas ambientales existentes, sin mencionar la importancia de otro tipo de temas que de no atenderse harían imposible el Desarrollo Sostenible, como es el caso del mayor empobrecimiento que ocasionaría en algunos sectores de la población el establecimiento de normas tendientes a salvaguardar la capacidad de carga de los ecosistemas, y el incremento del desempleo que produciría pagar por el uso del medio ambiente.

Estas estrategias son utilizadas parcialmente por la reglamentación ambiental vigente (quien contamina paga, permisos de contaminación, impuestos

y cuotas por el uso de vertederos), pero algunos autores reconocen que solo aportan soluciones parciales (GOODLAND, 1997; DALY, 1997a).

Por otra parte, la mayoría de los investigadores consideran al Desarrollo Sostenible solo como un problema técnico, sin considerar que las decisiones políticas son determinantes para la observancia de los principios Sostenibles y que tienen una gran influencia en las áreas técnicas de cualquier estrategia operativa que se proponga. Según la literatura disponible, son escasas las propuestas que incluyen el proceso de toma de decisiones, así como la información requerida y las medidas que implican ese tipo de procesos, para hacer globalmente operativa la idea de Desarrollo Sostenible.

En el marco de la corriente económica ecológica se ha propuesto una estrategia que pretende no ser tecnocrática, para prevenir los problemas relacionados con el medio ambiente y encaminarse hacia el Desarrollo Sostenible de una localidad o región. En esencia se trata de una aproximación sistemática que interrelaciona los procesos económico, social, cultural y ambiental en un, así llamado, "sistema socio-ambiental", en el que se requiere conocer información sobre las necesidades y aspiraciones de la población y establecer el procedimiento para llevar a cabo una negociación entre los diversos grupos, que conduzca al consenso de todas las partes involucradas en el sistema.

Deben cumplirse varios requisitos de procedimiento, como establecer la garantía de que todas las partes tendrán a su disposición la información necesaria, así como el derecho a hablar y a disentir. Las instituciones gubernamentales deben gestionar el acercamiento de los grupos de ciudadanos y organizaciones para iniciar las negociaciones, pero considerando que la representación del gobierno es una de las partes, sería deseable que los grupos de trabajo fueran dirigidos por organizaciones independientes (GRAAF, 1996).

Se establece cierta similitud entre esta propuesta y la organización utilizada en algunos proyectos de evaluación de impacto ambiental (EIA), pero en

la estrategia en cuestión la metodología está dirigida, no a un proyecto, sino a la interrelación socioeconómica y física en el desarrollo de todo un sistema.

Se reconoce la necesidad de continuar estudiando en lo referente a gestión de procesos de negociación, definición de los sistemas socio-ambientales que deben ser desarrollados de forma Sostenible, valoración de las necesidades de la población involucrada y la forma de asegurar que esas necesidades y aspiraciones sean efectivamente satisfechas.

Se asume que el consenso hacia el Desarrollo Sostenible puede darse, puesto que todas las partes que interrelacionan en la comunidad o región, podrían ganar algo de un desarrollo que promete abatir los riesgos de problemas futuros.

En otro orden, algunas opiniones radicales argumentan que dirigirse al Desarrollo Sostenible implica una lucha enconada contra las corrientes que imponen el sistema económico actual, puesto que la iniciativa privada y el mercado no toman en cuenta, y menos resolverán, el aspecto Sostenible (ETXEZARRETA, 1997).

Al respecto, y a pequeña escala de aplicación, existen casos de procesos productivos a nivel de empresa, en los que se han introducido criterios ambientales que han supuesto interesantes beneficios, mostrando que dirigiendo el proceso tecnológico para evitar el desperdicio insostenible, es posible doblar la cantidad de producto, conservar su calidad y reducir como mínimo a la mitad el consumo de materias primas, energía y transporte (WEIZSÄCKER, 1997).

También se sabe de proyectos industriales de empresas transnacionales (DuPont, Dow Chemical, 3M Corporation, IBM) en los que se han involucrado los principios del Desarrollo Sostenible y en función de sus resultados se hace labor de convencimiento para sumar más industrias a la experiencia Sostenible, mostrando argumentos de rentabilidad e imagen a favor (FIKSEL, 1997).

Estas conocidas empresas industriales han comprendido que la responsabilidad medioambiental y el enfoque Sostenible tienen sentido también desde el punto de vista empresarial, demuestran con resultados que la calidad ambiental es compatible con el desarrollo industrial y recomiendan que sus empresas del mundo diseñen, o rediseñen, sus sistemas industriales utilizando una herramienta ideada por y para la iniciativa privada denominada DFE ("Design For Environment"), que se refiere a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida de los productos. Mediante esta consideración sistemática de la función del diseño, se asegura, es posible alcanzar tanto la calidad ambiental como la eficiencia económica, y terminan afirmando que a través de la eco-eficiencia es posible transitar la senda de la Sostenibilidad; aunque reconocen que las iniciativas para mejorar el rendimiento ambiental no producen beneficios económicos de inmediato, y deben ser evaluadas bajo la misma óptica que las demás inversiones.

En contraposición, también debe destacarse el lanzamiento al mercado de productos y servicios "ambientales" y "sostenibles", por empresas oportunistas que han aprovechado que estos conceptos han ido empregnando a la sociedad actual a través de los medios de comunicación masiva.

Pero la ambigüedad del significado de la Sostenibilidad aludida al inicio de este apartado, que de alguna manera tiene que consensuarse para encaminarse a su aplicación, no parece que se resolverá "desarrollando" la definición como hay quien lo plantea (ETXEZARRETA, 1997), ni retocando la semántica del concepto ; para efectos prácticos debe percibirse la Sostenibilidad en términos aproximados que sean de utilidad ya que se trata de una visión a futuro (DALY, 1997b). Por consiguiente, si se es partidario del concepto, debe intentarse su aplicación simultáneamente a un proceso de razonamiento que tenga en cuenta el objetivo de la actividad que se pretende realizar, estando conscientes de lo que se quiere conservar para las generaciones futuras; pues como afirma Turner, aunque la forma precisa de trasladar los principios Sostenibles a la práctica continúan un tanto inciertos, el marco para las reglas generales de la

Sostenibilidad ha sido establecido y solo se requieren adaptaciones específicas para cada circunstancia (TURNER, 1994).

4. SOSTENIBILIDAD DÉBIL Y SOSTENIBILIDAD FUERTE

Las investigaciones para tratar de encontrar una definición operativa de la Sostenibilidad ha conducido, entre otras contribuciones, a los conceptos de Sostenibilidad Débil y Sostenibilidad Fuerte. La interrelación y manejo de las formas de capital a futuro definen a cada una de estas modalidades.

En efecto, se advierten dos tipos de Sostenibilidad que responden a paradigmas diferentes: la Sostenibilidad Débil es la concebida por la Economía neoclásica, y está enmarcada en un enfoque no conservacionista. La Sostenibilidad Fuerte, se expresa mediante la terminología de la corriente Económica–ecológica, y combina la Termodinámica (considerada como lo Economía de la Física) y la Ecología (considerada como Economía de la naturaleza), para ocuparse del bienestar de los ecosistemas en los que se ubican tanto los seres vivos como los procesos económicos (CARPENTER, 1996; NAREDO, 1998).

Para la Sostenibilidad Débil la forma como la actual generación podría compensar a las futuras generaciones, sería asegurándoles en herencia una reserva ("stock") de capital agregado no menor al que se tiene actualmente. Esta es la regla del capital constante cuyo cumplimiento proporcionaría la capacidad de generar bienes y servicios de los cuales dependería el bienestar humano (TURNER, 1994).

El capital agregado comprende las reservas de capital formado por recursos naturales, diversidad biológica, hábitats, aire, agua y suelo limpios, etc., el capital de formación humana o elaborado por el hombre está formado por productos hechos por hombres y mujeres, tales como infraestructuras, edificios, máquinas, así como técnicas y arte; también comprende a las personas y sus

habilidades y destrezas operativas, aunque a estas últimas algunos autores las caracterizan como capital humano.

Para este tipo de Sostenibilidad es indistinta la forma de capital que se herede y no otorga un lugar especial al medio ambiente, sino que considera a éste como una forma más de capital, por lo tanto el ambiente que se entregue como legado puede ser de menor calidad que el que se tiene en la actualidad, a condición de que se incremente el capital de formación humana; por ejemplo un mayor número de carreteras, embalses, aeropuertos y maquinaria. Alternativamente se pueden entregar menos infraestructuras físicas si se compensa con prados, humedales o con mayor educación. Más que hechos reales, a través de la literatura de la Sostenibilidad Débil se asume teóricamente que se pueden sustituir todas las formas de capital, unas por otras.

En sentido opuesto, según el principio de la Sostenibilidad Fuerte, en términos prácticos las formas de capital natural y de formación humana no se pueden sustituir unas por otras con facilidad y establece que debe protegerse, si no la totalidad del capital natural, al menos una porción álgida denominada *capital natural crítico* (TURNER, 1994), como por ejemplo la capa de ozono, la biodiversidad y el ciclo del carbono que tiene incidencia en el calentamiento global. Aunque en realidad se requiere un análisis profundo para definir cuales activos ecológicos son esenciales para considerarlos capital natural crítico (DALY, 1997a). A través de la Sostenibilidad Fuerte se subraya que la degradación ambiental ha sido la principal causa a través de la cual las actuales generaciones amenazan el bienestar de las sucesivas generaciones, y basa en este precedente la necesidad de adoptar el concepto de Sostenibilidad. Se considera también que la conservación del capital natural es especialmente importante para el Desarrollo Sostenible y, puesto que no se sabe con certeza como operan los sistemas ecológicos, esto implica riesgos que deben conducir a ser cautelosos. Asimismo, la característica de irreversibilidad de la biodiversidad hace imposible la recreación de esos sistemas, lo que los hace insustituibles por otras formas de capital.

Un argumento que favorece a la Sostenibilidad Fuerte, es que el concepto no es precisamente un tema económico desde el punto de vista neoclásico (CARPENTER, 1995), como tampoco es un asunto de acciones tecnometabólicas que nos definen como especie.

Es pertinente asentar que este trabajo de tesis se inscribe en la denominada Sostenibilidad Fuerte, por tratarse de una orientación más ambientalista que se vincula con la Ingeniería, lo cual se manifiesta al analizar los sistemas ambientales a través del enfoque termodinámico (tal como se hace en el siguiente capítulo), y al observar una actitud más estricta y realista en los límites impuestos por la Ecología a los procesos económicos, como lo es la actividad de la construcción.

No obstante eso, son inevitables la disminución de las reservas y el deterioro ambiental, aún con todos los cuidados y la actitud positiva de quienes lleven a cabo las actividades productivas; por tanto, lo establecido por la Sostenibilidad Débil también tendrá vigencia, al menos parcialmente, en las actividades del Sector de la Construcción.

SEGUNDA PARTE

APOYOS TÉCNICOS E INSTRUMENTALES

CAPÍTULO IV

INTERRELACIÓN DE LA TERMODINÁMICA CON EL MEDIO AMBIENTE Y SU IMPLICACIÓN SOSTENIBLE

- 1. Energía y materia**
- 2. La ley de la Entropía**
- 3. Entropía y vida**
- 4. Entropía y medio ambiente**
- 5. Producción y consumo Sostenibles**

Introducción. En la esencia del concepto de Desarrollo Sostenible se ubican las interacciones humanas con la naturaleza, las que de continuar con la irracionalidad con que se practican actualmente será imposible que se mantengan a largo plazo, pues eventualmente podrían conducir a la inhabilitación de la biosfera global para proveer los recursos y servicios esenciales para el desarrollo de las futuras generaciones de la humanidad.

En este capítulo se analizan los elementos protagónicos que intervienen en el proceso de aprovechamiento de los recursos naturales, los cuales son degradados mediante acciones *Entrópicas*, transformando continuamente el planeta que se pretende heredar a nuestros descendientes. El enfoque que se imprime a este análisis es desde el punto de vista Termodinámico, y más específicamente referido a la Entropía.

Abordando el tema, se puede afirmar que la mayor parte de los eventos fisicoquímicos que acontecen en la naturaleza son procesos Termodinámicos irreversibles, su estudio ha sido parte integrante de la Termodinámica desde el surgimiento de esta ciencia a principios del siglo próximo pasado. Empero, últimamente ha emergido un alto interés por los modelos de trabajo estudiados por la Termodinámica, tanto por parte de científicos como por profesionales de diversas disciplinas tales como Biólogos, Economistas, Meteorólogos, Ambientalistas, Ingenieros; particularmente a partir del establecimiento de la relación entre Ecología y Economía (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Pertencen a la Termodinámica irreversible los fenómenos que se ubican en un amplio rango, tales como el intercambio continuo de materia de los ácidos nucleicos de las células con el medio que les rodea, o el flujo de energía que se origina en el sol y que impide que la atmósfera alcance un estado de equilibrio termodinámico, lo que si ocurriese provocaría la inexistencia de vida en nuestro planeta, puesto que los sistemas vivos no están en equilibrio sino fuera de él.

A propósito del término *sistema*, en las próximas páginas se le usará en forma repetida por lo que se estima pertinente definirlo para los efectos del presente trabajo, al menos en su acepción más general, como el conjunto de componentes interrelacionados entre sí que existen dentro de un mismo entorno.

1. ENERGÍA Y MATERIA

Los procesos productivos destinados a satisfacer las necesidades de las actuales generaciones, se basan genéricamente en la transformación de *materia* y *energía*, que resultan ser las integrantes fundamentales de los procesos termodinámicos, por lo que dichos conceptos necesariamente deben estar sometidos a las leyes de la Termodinámica, y en forma preponderante a la llamada Ley de la Entropía.

Al propio tiempo, las funciones del medio ambiente representadas por la biosfera, son enunciadas de forma específica por las dos primeras leyes de la Termodinámica, que son las que norman el comportamiento de la materia y de la energía.

La primera ley de la Termodinámica se refiere a un hecho que gobierna todos los fenómenos naturales que se conocen hoy día. Es un hecho exacto y no se sabe de ninguna excepción, se denomina *principio de conservación de la energía* y establece que existe una magnitud llamada energía, que no varía al verse involucrada en los múltiples cambios que se producen en la naturaleza.

La energía es un concepto Matemático fundamental y, por consiguiente, abstracto. No es una cosa tangible ni visible, no se han inventado aparatos que puedan medirla directamente. Lo que hay son dispositivos para medir sus manifestaciones, por ejemplo amperímetros, termómetros, medidores de

intensidad de corriente eléctrica, de masa, etc., pero ninguno mide directamente la energía.

El principio de la conservación de la energía establece que para cualquier proceso real (no hipotético), la cantidad total de energía permanece exactamente igual a la que había al inicio del proceso.

La energía puede transferirse o transformarse, pero no se la puede crear ni destruir. Para determinar la cantidad de energía transferida de un sistema a otro, así como la energía que se transforma de un tipo a otro dentro del mismo sistema, se requiere medir los parámetros físicos y realizar los cálculos pertinentes, a través de fórmulas que se han desarrollado para las diferentes formas que presenta la energía.

El principio de la conservación se puede aplicar siempre que sean conocidas las fórmulas de los tipos de energía que cambian (aumentando o disminuyendo) en un problema determinado. Quizá la fórmula de energía más conocida sea la de masa-energía de Einstein: $E=mc^2$, donde la materia es en ella misma una forma de energía.

Algunos de los tipos o formas de energía más comunes son: gravitacional, cinética, eléctrica, nuclear, química, electromagnética, calor. Sus fórmulas corresponden a la Física y a la Química, por lo que no se abundará sobre el particular en este trabajo; no obstante, para representar algunos conceptos termodinámicos trasladados al medio ambiente, se mencionarán algunas ecuaciones matemáticas básicas (PEREZ, 1998; ROCK, 1989; SYCHEV, 1981).

La Termodinámica establece que la energía del universo (E_u), que es la suma de la energía de los sistemas (E_s) y la energía del medio (E_m), se conserva:

$$E_u = E_s + E_m$$

Es decir, en una transformación termodinámica cualquiera no se incrementa la energía del universo:

$$\Delta E_u = 0$$

o bien, $\Delta E_s = -\Delta E_m$

Lo cual es una forma de representar matemáticamente a la primera ley de la Termodinámica.

La energía interna de un sistema Termodinámico no incluye la energía potencial gravitatoria (mgh), ni la energía cinética ($mv^2/2$). Por ejemplo, el estado Termodinámico de una viga de acero utilizada en construcción, permanece invariable al elevarla en el campo gravitatorio, es decir al exponerla a la gravedad de la tierra, o cuando se mueve a través del espacio. Así pues, la energía interna (U) difiere de la energía total.

Redundando, cualquier cambio de estado que se produzca en un sistema aislado, en el que no pueden pasar materia ni energía a través de sus fronteras, la variación de energía interna será cero

$$dU_{SIST} = 0$$

En contraposición, si el sistema admite transferencia de materia y energía con su entorno se tratará de un sistema abierto, que es el tipo de fenómenos que frecuentemente acontecen en la naturaleza y que interesan para el caso; pudiéndose representar la variación de la energía interna por el primer principio de la Termodinámica, así:

$$dU_{SIST} + dU_{ENT} = 0$$

consecuentemente : $dU_{\text{SIST}} = -dU_{\text{ENT}}$

El primer principio de la Termodinámica tiene una conexión directa con la actividad Económica, que como se sabe es uno de los pilares del Desarrollo Sostenible.

Como ya se enunció, genéricamente la energía se transforma o transfiere; por analogía, los procesos productivos no crean nada nuevo, lo que realmente hacen es transformar *materiales* y *energía* de un estado a otro. En otras palabras, se convierten *recursos naturales* en *productos* y *desperdicios*.

La finalidad de estos productos es la de ser *usados* y *consumidos*, los que después de algún tiempo, que es variable para cada producto, se reingresan al medio convertidos en *residuos*. Una parte de la energía que se utiliza para elaborar estos productos se transforma en calor residual, el cual carece de utilidad práctica.

En los procesos irreversibles que permanentemente se llevan a cabo en la naturaleza, hay energía que de forma continua se torna no utilizable para la producción de trabajo, a este fenómeno se le conoce como principio de la degradación de energía y proporciona una importante interpretación física del cambio Entrópico del universo. En virtud del primer principio ésta no es una energía perdida, únicamente ha ocurrido una transformación, aunque como ya se anotó no es de utilidad.

Por tanto, lo que ingresa en un sistema productivo tiene que salir, no desaparece ni siquiera parcialmente, sólo se transforma. Al conservarse la energía se demuestra que, en términos físicos o ambientales no es posible eludir el primer principio de la Termodinámica.

2. LA LEY DE LA ENTROPÍA

El primer principio no impone más restricciones que el de la conservación, no tiene implicaciones con el concepto de temperatura ni con la dirección de la transferencia espontánea de energía. Sin embargo, experimentalmente se sabe de restricciones a la transferencia energética, tales como las siguientes:

- El calor (Q) fluye espontáneamente desde los sistemas de mayor a los de menor temperatura (T), nunca a la inversa.
- Para realizar esa transferencia de calor, que no es otra cosa que un tipo de energía, se debe realizar trabajo (W).
- Si en un sistema real ocurre un cambio de estado, es decir un proceso termodinámico, el sistema y su entorno no pueden volver exactamente a sus estados iniciales. Todos los procesos que tienen lugar en la naturaleza son de ese tipo.
- La mayoría de los procesos que ocurren en el medio ambiente son de tipo unidireccional. Por ejemplo, un pedazo de papel arde espontáneamente si se le prende fuego, pero el proceso inverso de combustión para obtener de nuevo papel y oxígeno no es posible que acontezca.
- Cuando se produce un proceso Termodinámico, el universo cambia irreversiblemente, y constantemente se están produciendo; por eso se dice que las cosas nunca son exactamente hoy a como lo fueron ayer.

Así que un proceso termodinámico irreversible es el que, una vez ocurrido, es definitivamente imposible restablecerlo en todas sus partes a su estado inicial. Todos los demás procesos se dice que son reversibles, pero en términos prácticos son solo teoría o casos ideales. Nunca se ha encontrado en la naturaleza un cambio Termodinámico totalmente reversible.

Por tanto el primer principio de la Termodinámica se diferencia del segundo, en que éste trata de la dirección en que ocurren los procesos naturales. El acontecer implícito de este principio en el tiempo conduce a la caracterización de la Entropía:

$$dS \geq \delta Q/T$$

Donde a la función S se le llama *Entropía*, δQ representa la transferencia de calor y T la temperatura. El signo mayor que, se refiere a los procesos irreversibles y la igualdad a procesos reversibles.

La Entropía, al igual que la energía, es un concepto abstracto que se encuentra muy frecuentemente en todo lo que nos rodea, a menudo es un término difícil de comprender, pero es preciso tener claro que no es una “cosa”.

J. Willard Gibbs (GIBBS, 1961) la describió como una medida de “mezclabilidad” de un sistema. Es decir, cuanto más desordenado o al azar está un sistema, tanto mayor será su Entropía.

Pareciera que la naturaleza “prefiere” el desorden o caos (PRIGIÖGINE, 1997). Por similitud, la Entropía puede definirse como la medida del nivel de ese desorden en un sistema.

Para los fines de este trabajo interesa conocer la variación de la Entropía en los procesos irreversibles. Esa variación se puede estimar suponiendo dos estados de equilibrio, **a** y **b**, de un sistema dado.

Se establece primero que el sistema pasa del estado **a** al **b** mediante un proceso reversible, absorbiendo una cantidad de calor dQ_e y realizando un trabajo dW_e . El calor es positivo si lo absorbe el sistema y negativo cuando el sistema lo cede al exterior.

En tanto que el trabajo es positivo si lo efectúa el sistema, y negativo cuando desde el exterior se realiza un trabajo en el sistema.

Por el primer principio de la Termodinámica, la variación de energía interna (dU) del sistema, será la suma de la energía transferida en forma de calor y de trabajo:

$$dU = dQ_e - dW_e$$

El subíndice *e* indica que se trata de un proceso que está equilibrado en todo momento, es decir, que es un proceso reversible.

Ahora se supone que el sistema pasa del estado **a** al **b** por vía irreversible, recibiendo una cantidad de calor dQ y efectuando un trabajo dW ; la suma de estos conceptos es idéntica a la variación de energía interna (dU), ya que esta variable de estado es independiente de la vía que haya seguido la transformación del sistema. Por consiguiente:

$$dU = dQ - dW$$

El calor recibido por el sistema, según las dos ecuaciones anteriores, es:

$$dQ_e = dU + dW_e$$

$$dQ = dU + dW$$

Si el sistema lleva a cabo la transformación en forma cíclica, de tal forma que primero se desplaza de **b** hacia **a** por la vía irreversible y posteriormente recobra su estado inicial **a**, a través del camino reversible, se puede hacer la representación Matemática siguiente:

$$dQ - dQ_e = dW - dW_e$$

El resultado de esta diferencia será negativo porque de esta forma se está representando una transformación cerrada, en la que se pasa de un estado de equilibrio **b**, a otro **a** por la vía irreversible, absorbiendo un calor **Q** y efectuando un trabajo **W**. Posteriormente se regresa a la situación inicial por la vía reversible en la que el sistema desprende un calor **Q_e** y realiza un trabajo **W_e**.

Así que el resultado final significa que el sistema cede al entorno una cantidad de calor **Q - Q_e** ocasionado por un trabajo exterior **W - W_e**, lo cual es coherente con el segundo principio de la Termodinámica.

Recordando la caracterización de Entropía $dS \geq \delta Q/T$, y considerando que la diferencia de calores y trabajos es negativa, se obtiene que en una transformación adiabática (sin intercambio de materia y calor) irreversible, la Entropía crece:

$$dS > 0$$

Esta simple ecuación representa el crecimiento de la Entropía de un sistema adiabático aislado en transformaciones irreversibles, para los procesos que no están en equilibrio.

Se considera tan importante esta expresión que, exagerando, se ha llegado a decir que todo ciudadano culto debería conocer esta ley del crecimiento de la Entropía, equiparando su ignorancia a la de otro ciudadano que desconociese la obra dramática de William Shakespeare (PEREZ, 1988).

El principio de la Termodinámica permite comprender que la Entropía de cualquier sistema con barreras, no puede nunca disminuir espontáneamente, lo que establece una diametral diferencia con un sistema abierto, que sí permite el intercambio de materia y de energía con su entorno, cual es el caso de los seres vivos.

Se insiste que, en la naturaleza, todos los procesos reales son en mayor o menor medida irreversibles, por lo que ocurre un aumento de la Entropía total. La Entropía no se conserva (excepto en los casos hipotéticos de los procesos reversibles), ni tampoco disminuye espontáneamente, pero sí aumenta constantemente sobre todo si no se intentan acciones para controlarla.

Como hecho explicativo de esta afirmación puede comentarse que las cosas que se abandonan tienden por sí mismas a un estado de desorden (Entropía), sometidas a ciertas restricciones tales como energía y volumen constantes; así, la materia viva se descompone una vez muerta, las casas solas se estropean o caen.

La existencia de vida en la tierra parecería contradecir la segunda ley de la Termodinámica, pues se construye a sí misma espontáneamente hacia un estado más ordenado (disminuye la Entropía), pero debe considerarse que los seres vivos se forman a expensas de sus entornos. La vida sobre la tierra es posible gracias a la existencia del sol, que es la fuente fundamental de energía (radiación solar y eólica), así como también lo es la propia tierra con la Gravedad y el calor de la corteza (Geotermia), que intervienen constantemente para disminuir la Entropía de los sistemas.

3. ENTROPÍA Y VIDA

Los seres vivos pertenecen a una categoría de sistemas que están lejos del equilibrio, no son lineales y se orientan a regímenes dinámicos que son radicalmente diferentes de los sistemas estacionarios o en equilibrio. Este tipo de sistemas aumentan su nivel de complejidad y organización y adquieren más energía por sí mismos (JOU, 1989).

Los científicos contemporáneos saben que este tipo de sistemas evolucionados no pueden nunca ser aislados y que la segunda ley no describe completamente lo que sucede en ellos, o más precisamente qué pasa entre ellos y su entorno. Al estar permanente y necesariamente abiertos, el cambio de Entropía en ellos no está determinado únicamente por procesos internos irreversibles, sino que una vez utilizada una cierta cantidad de energía que es incapaz de realizar trabajo adicional, pueden "importar" energía de otros sistemas abiertos que están en su entorno o medio ambiente, y lo hacen transportando energía libre (Entropía negativa) a través de sus límites o fronteras.

Cuando se nivelan la energía del sistema y la energía transportada desde el medio ambiente, el sistema entra en un estado de equilibrio. Pero como en un medio dinámico el equilibrio raramente perdura, en la realidad los sistemas como máximo son metaestables (estacionarios), o sea, tienden a fluctuar alrededor del estado de equilibrio.

Este cambio de Entropía en los sistemas puede dividirse en dos partes: el intercambio de Entropía entre el sistema y el exterior y la producida en el interior del propio sistema.

La segunda ley de la Termodinámica exige que exceptuando si se trata de

un estado de equilibrio, la suma de estas dos partes debe ser positiva. La primera parte será lo suficientemente positiva que aún cuando la segunda fuera negativa, la suma de ambas seguiría siendo positiva. Por consiguiente, aunque se trata de sistemas que están lejos del equilibrio, pueden tener una disminución de su propia Entropía.

Existe una ecuación ideada por Ilya Prigogine (PRIGIOGINE, 1997) que representa el cambio de Entropía descrito:

$$DS = d_iS + d_eS$$

Donde, DS representa el cambio total de Entropía en el sistema, d_iS el cambio de Entropía producido por el proceso irreversible y d_eS es la Entropía transportada a través del límite del sistema.

Como ya se comentó, en un sistema abierto d_eS puede nivelar la Entropía producida en el sistema, incluso puede superarla o ser mayor; debido a esta cuantía, d_iS no necesita ser positivo, puede ser cero o negativo. El sistema abierto puede fluctuar en el equilibrio ($DS=0$), crecer ($DS>0$) y ser complejo ($DS<0$).

La diferencia entre un sistema abierto estacionario, como el descrito y un sistema en equilibrio, es que para que aquel se mantenga vigente debe recibir energía constantemente.

Los sistemas estacionarios al propender al equilibrio producen Entropía en forma minimizada, acercándose de esa manera a estados estables de equilibrio dinámico, que caracterizan a la Termodinámica clásica.

Aquí se adopta la conceptualización de los sistemas abiertos que no están en equilibrio, como modelo para los sistemas sociobiológicos y económicos que

son componentes del principio Sostenible, bajo el criterio de que la Sostenibilidad tiene mucho que ver con la lucha contra la Entropía, pues basta señalar que un símbolo de la Entropía es la pila de basura en que terminan los materiales que se utilizan para producir bienes y servicios, después de haber estado almacenados ordenadamente en sus depósitos de origen.

La segunda ley establece que si no hay fuentes externas de energía, la Entropía se incrementará constantemente, en términos del universo como un todo. Para el caso de la tierra, la energía que hace posible los procesos que en ella ocurren, es suministrada por el sol, lo que a escala humana es una fuente energética inagotable que alimenta constantemente a la biosfera permitiéndole revertir el flujo de Entropía. Un ejemplo de ello es el dióxido de carbono que se expulsa a la atmósfera, el cual es reutilizado por los vegetales en el proceso de fotosíntesis, convirtiéndose así la alta Entropía en baja Entropía.

Toda la vida depende del sol para su supervivencia, ya sea directamente como el caso de los vegetales o indirectamente cual es el caso de los animales que se alimentan de plantas y de otros animales. Todo ser vivo sobrevive extrayendo continuamente Entropía de su entorno, mientras viva nunca cesará de absorber orden del medio ambiente (RIFKIN, 1990), en este proceso también disipa energía a medida que ésta fluye por su organismo, y al menos parte de ella queda no disponible para su uso futuro; así pues, los seres vivos mantienen su propio orden a expensas de crear un desorden mayor en el medio que los rodea.

Desde el punto de vista de la evolución de la vida, la maximización del flujo energético que llevan a cabo los organismos es una respuesta común en las fases iniciales del desarrollo de un sistema ecológico, cuando hay suficiente energía disponible. Sin embargo, a medida que diversas especies empiezan a ocupar un hábitat determinado, tienen que adaptarse a la capacidad de sustento que les ofrece el medio ambiente y lo hacen utilizando más eficazmente la materia disponible, es decir disminuyendo paulatinamente el flujo de energía. La

fase inicial del flujo se denomina *fase de colonización* y la parte posterior de mínimo flujo se conoce como *fase culminante*.

Es perceptible que la especie humana aun no ha superado la fase de colonización, pues sobre todo los habitantes de los países industrializados continúan incrementando el flujo de energía a través de organismos físicos y sociales, por tanto la crisis que hoy tiene planteada la humanidad es una crisis de transición hacia la fase culminante.

Si se aceptan, respetan y aplican los principios de Sostenibilidad, las próximas generaciones se instalarán en la fase culminante y podrán ordenar sus actividades de tal manera que los flujos de energía a través de los procesos humanos y sociales sean minimizados. Si no se hace así, lo más probable es que como dice Rifkin "Sufrirán la misma suerte que otras especies... La epopeya de la vida está plagada de especies extintas, y no le resultaría muy difícil añadir al menos un hombre más a la ya larga lista".

En definitiva, debe reconocerse que la ley de la Entropía es la base de la vida y la evolución, para estar en condiciones de efectuar la transición desde la fase actual de colonización a la fase culminante de la existencia.

4. ENTROPÍA Y MEDIO AMBIENTE

La tierra está circundada por una faja de aproximadamente 50 Km de espesor, que es precisamente la biosfera. Este espacio donde se desarrolla toda la vida conocida, es un sistema materialmente cerrado y carente de crecimiento más allá de sus límites actuales

Las funciones principales de tan importante componente de nuestro planeta son: proporcionar recursos materiales, asimilar residuos y facilitar

servicios medioambientales, tales como soporte para la vida (diversidad genética, estabilización de los ecosistemas, regulación del clima) y atractivos del medio (espacios para la recreación, paisajes, vida silvestre) (JACOBS, 1996). La tabla IV.1 muestra con mayor amplitud las funciones referidas.

La Economía es un subsistema de la biosfera y depende de ésta para su mantenimiento y crecimiento, y para la producción de energía-materia de

Tabla IV. 1. Funciones de la biosfera (o medio ambiente natural)

Fuente : Adaptado de (JANSSON, 1994).

Funciones de regulación:

- Protección contra influencias cósmicas peligrosas.
- Regulación del balance energético local y global.
- Regulación de la composición química de la atmósfera y de los océanos.
- Regulación del clima local y global.
- Regulación de corrientes y prevención de inundaciones.
- Captación de agua y recarga de mantos freáticos.
- Prevención de la erosión del suelo.
- Formación de la capa nutritiva del suelo y de la fertilidad.
- Producción de biomasa.
- Almacenamiento y reciclaje de materia orgánica.
- Almacenamiento y reciclaje de nutrientes.
- Almacenamiento y depuración de desechos humanos.
- Regulación de mecanismos biológicos.
- Mantenimiento de migración de seres vivos.
- Mantenimiento de la diversidad biológica y genética.

Funciones de carga:

Proveer espacio y ubicación de substratos para:

- Habitabilidad humana y asentamientos poblacionales.
- Cultivos (agricultura, acuicultura, ganadería).
- Conversión de energía.
- Recreación y turismo.
- Protección a la naturaleza.

Funciones de producción:

- Oxígeno.

- Agua.
- Alimentos.
- Recursos genéticos.
- Recursos medicinales.
- Materiales vírgenes para vestido y enseres domésticos.
- Materiales de construcción y para usos industriales.
- Bioquímicos.
- Energía y combustibles.
- Abono y fertilizantes.

Funciones de información:

- Estética.
- Espiritual y religiosa.
- Histórica.

baja Entropía, así como para la capacidad asimiladora de los desperdicios. Esto implica que más allá de cierto punto, el crecimiento de la Economía sólo puede realizarse incrementando el desorden (Entropía) de la biosfera. Cuando las actividades Económicas sobrepasan la producción de la naturaleza, se manifiesta mediante el agotamiento del capital natural, contaminación del aire-agua-suelo, calentamiento global, etc.

La transformación de los recursos naturales que nos ofrece la naturaleza tienen un comportamiento dictado por la Entropía. Es evidente que entre más recursos materiales se usan, mayor cantidad de residuos tienen que ser asimilados.

Por consiguiente, la Entropía es una forma de definir recursos materiales y residuos, donde los recursos tienen baja Entropía y los residuos o desperdicios tienen alta Entropía. En el medio ambiente ocurren constantemente acciones mediante las cuales los materiales de baja Entropía se convierten en materiales de alta Entropía, proporcionando servicios de utilidad a lo largo de ese proceso de conversión.

Como se anotó anteriormente, se utiliza la energía del sol para revertir el fenómeno Entrópico y convertir los residuos de nuevo en recursos. Por lo tanto,

recursos y *residuos* son los mismos tipos y cantidades de materiales diferenciándose solo en el valor de Entropía. Este fenómeno cíclico es posible gracias a la actividad que desempeñan los servicios de soporte para la vida en el medio ambiente (tabla IV.1), al convertir constantemente la alta Entropía en baja Entropía.

Esto conduce a pensar que reciclando más rápido y eficientemente los desperdicios podría abatirse la disminución de recursos, pero el daño que se hace a los servicios de soporte para la vida (que va en dirección opuesta a la Sostenibilidad), disminuye la capacidad del medio ambiente para asimilar la creciente cantidad de desperdicios, acumulándose como contaminación. Mediante procesos “artificiales” se podría reciclar una mayor cantidad de esos desperdicios, aplicando energía adicional para cumplir con la segunda ley de la Termodinámica, sin embargo resultaría contraproducente pues si esa energía proviene de combustibles fósiles, los desperdicios de éstos contribuirían a incrementar la contaminación, principalmente en forma de dióxido de carbono.

Teóricamente podría reconvertirse este dióxido de carbono en carbón sólido, pero sería a costa de utilizar más energía que la que se obtendría del carbón, por lo que no hay forma de escapar a la segunda ley de la Termodinámica, dado que la Entropía establece límites de efectividad a todas las actividades de reciclaje.

El reciclaje demanda menos energía que la obtención de materiales vírgenes, pero hay que sumarle la energía para coleccionar, transportar y acondicionar los residuos antes de procesarlos; de lo que se infiere que la energía requerida será mayor en la medida que los residuos estén más dispersos y sea más difícil su tratamiento, lo que conduce a afirmar que reciclar es más costoso al aumentar el volumen a procesar. Al incrementar aún más dicho volumen, en algún punto cesa el ahorro de energía, volviéndose no atractivo reciclar grandes volúmenes de desechos.

La enseñanza que esto aporta es que evitar la generación de residuos es preferible a reciclarlos. Por lo que Termodinámicamente y para efectos Sostenibles, racionalizar la demanda de materiales debería tener prioridad con relación al aumento de la capacidad de asimilación de residuos. También fabricar bienes más duraderos es más Sostenible que hacerlos reciclables.

A manera de conclusión de este apartado, en referencia a la energía, la tierra se seguirá comportando como un sistema abierto mientras siga brillando el sol, y según los científicos lo seguirá haciendo durante los siguientes 4000 millones de años (DALY, 1997a), por lo que la regulación Entrópica que requieren efectuar los sistemas vivos está asegurada prácticamente sin límite de tiempo.

Derivado de este razonamiento, la energía solar será también la solución al agotamiento paulatino de la energía convencional (principalmente fósil), que todavía existe confinada en las entrañas de la tierra.

Por otra parte, independientemente de lo que haga la presente generación no puede consumir la radiación solar de las generaciones futuras, debido a que ésta es un flujo del cual no se puede utilizar la más mínima parte a destiempo. Esto permitirá a las generaciones venideras tener asegurada una cuota inalienable de energía solar, lo que además de otros beneficios, les asegurará disponer de algunas cantidades de recursos renovables. Es pues, fácil percatarse de la característica fundamental de la energía solar.

En cuanto a los materiales que aún permanecen almacenados en la tierra, no existe una compensación similar a la de la energía solar, puesto que la materia en la tierra es un acervo fijo y no un flujo constante, además están sujetos a la irrevocabilidad Entrópica.

En efecto, el aumento permanente de Entropía en los materiales no

renovables, es decir su utilización y dispersión, indica que es un hecho que su escasez y ulterior agotamiento acontecerá en algún tiempo ubicado en la escala de vida humana. No puede haber, por tanto, un uso Sostenible de los recursos no renovables, pero eso no significa que este tipo de recursos deberían permanecer intactos en sus fuentes originales, porque no tendría ninguna utilidad guardarlos indefinidamente, pero sí puede intentarse el acercarse lo más posible a su uso Sostenible. En cuanto a los recursos renovables, sería deseable que las tasas de recolección o consumo fueran como máximo iguales a las tasas de regeneración (producción Sostenible).

A largo plazo primordialmente en los materiales es donde debe haber un racionamiento social, si se acepta el desafío del Desarrollo Sostenible. En esta propuesta, a la Ingeniería le compete una especial responsabilidad canalizable a través de los estudios, proyectos y construcciones que se requieren para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

5. PRODUCCIÓN Y CONSUMO SOSTENIBLES

Retomando el tema de materia y energía y los efectos Entrópicos sobre los recursos naturales, se advierte que la mayor causa del continuo deterioro del medio ambiente global son los insostenibles patrones de producción y consumo de bienes y servicios que privan en la actualidad.

Particularmente la voracidad de las sociedades industrializadas por consumir materiales vírgenes y sintéticos tales como madera, minerales, plástico, vidrio y hormigón, incrementa constantemente el agotamiento de las fuentes y ecosistemas produciendo enormes cantidades de desperdicios y contaminación. Los habitantes de los países industrializados representan solo el 20% de la

población del planeta y consumen el 86% de la producción mundial del aluminio, 81% del papel, 80% del hierro y acero y 76% de la madera (ROODMAN, 1995).

La utilización de tecnologías inapropiadas e irrespetuosas con el medio ambiente y la tendencia del crecimiento de la población del mundo, [que ha registrado un aumento explosivo, de 2 500 millones de habitantes en 1950 a 5 700 millones en 1995, previéndose 9 400 millones para el año 2050 (UNDP, 1998)], han propiciado un incremento en la acumulación de contaminantes y residuos, uso insostenible de recursos naturales así como derroche de energía. Para propender al Desarrollo Sostenible es primordial la reorientación de los procesos productivos y de consumo hacia nuevos patrones, con la finalidad de aliviar la presión hacia el medio ambiente y encaminarse a una producción industrial más eficiente; eso implicará el desarrollo y uso de nuevas políticas e instrumentos de gestión, tanto en el sector gubernamental como en el industrial; asimismo se requerirán tecnologías más eficientes en el uso de energía, menos productoras de residuos y más eficientes en el uso de materias primas (CESD, 1998). Lo anterior supone la necesidad de *producir y consumir Sosteniblemente*.

Particularizando en la *producción Sostenible*, ésta se concibe como una forma responsable de producir desde las perspectivas económica, ambiental y social. Económicamente responsable, se entiende que lo sea tanto para el productor (por ejemplo que sea rentable), como para los involucrados en el proceso productivo (podría pensarse en salarios adecuados). De este modo también puede hablarse de un tipo de producción en menor cuantía, pero con mejor calidad y durabilidad, propiciando más bajos impactos ambientales y sociales. En síntesis, la propuesta se centra en la manufactura de menos bienes y productos desechables, y de buena calidad, los cuales se utilizarán más tiempo y ocasionarán menos desechos.

Un asunto fundamentalmente importante, aparejado al tipo de producción imperante, se refiere al empleo. El argumento al respecto es el siguiente: si en la

búsqueda de mayor productividad y menores costes las empresas continúan usando cada vez menos mano de obra y más capital, sin que el uso del medio ambiente les represente ningún coste, y sin que la energía que usan tenga un relativo alto precio, (por no tener que efectuar ningún pago por el agotamiento de los recursos naturales no renovables de donde se extrae, y por no representar para ellas ningún coste la contaminación que produce), entonces no se requerirá más mano de obra, ni habrá impedimentos para seguir dañando el medio ambiente con los procesos productivos que utilizan tecnología contaminante.

Cuando se habla de producción se piensa en la creación de algo nuevo, lo que representa un cambio en el estado de las cosas; esa conversión, así como cualquier creación que ocurra en el entorno, tiene asociada la destrucción según la ley de la Entropía. Actualmente se considera a la acción de producir como inevitablemente destructiva, por tanto solo se justifica cuando el valor de los bienes y servicios producidos tengan mayor significación que el valor de lo que fue destruido. Esto puede ser asociado con el concepto de justificación del producto (WELFORD, 1998), lo que implica que las empresas manufactureras deberían consultar con las personas involucradas en todo el proceso de producción, lo cual conduciría al doble análisis del ciclo de vida de los materiales que utilizan como insumos y de la cadena de abastecimiento de esos insumos.

Por su parte el *consumo Sostenible* requiere que tanto a nivel individual como de las empresas productoras, se asuma una responsabilidad compartida desde el punto de vista ético. La población, especialmente la de los países industrializados, tiene que reconocer que más consumo no significa más felicidad y que mayores niveles de consumo en los países del norte contribuye necesariamente a agudizar el estado de pobreza de los países del sur, por el efecto de la tendencia a la globalización. Las empresas tienen un importante papel que desempeñar a través de la concientización, pues quizá más que cualquier tipo de instituciones o agrupaciones del mundo tienen una comunicación directa con millones de consumidores; por tanto, vinculando

mercado con educación y campañas, sería posible influenciar a la población respecto al consumo Sostenible, en una forma más directa que cualquier propósito de otro tipo de agentes educativos.

En relación a la producción y consumos Sostenibles, el Ministerio del Medio Ambiente de Noruega (MINISTRY, 1994) asume que las empresas manufactureras necesitan incrementar sus esfuerzos con acciones como las siguientes:

- Establecer criterios ambientales y objetivos de abastecimiento y compras.
- Tomar medidas para orientarse hacia la eco-eficiencia en el consumo de energía y recursos naturales.
- Repensar sus productos para adoptar procesos de innovación, y desarrollar programas que incluyan factores de consumo Sostenible.
- Proveer bienes y servicios con una declaración de producto que contenga información sobre parámetros ambientales, por ejemplo durabilidad, reparabilidad, uso de energía y agua y contenidos tóxicos.
- Extender la responsabilidad del productor a través del ciclo de vida del producto y ofrecer facilidad para el re-uso o reciclaje.
- Prever y reducir el consumo de energía, de materiales y la producción de residuos en la etapa de diseño.
- Promover el consumo Sostenible a través de la información del producto.
- Integrar los costes ambientales del proceso productivo en el precio de los productos, incluyendo los costes de responsabilidad ambiental.

Por su parte el "Center of Excellence for Sustainable Development" (CESD, 1998), sugiere que el uso eficiente de los materiales requiere las siguientes

medidas:

- Diseñar todos los bienes y servicios para que requieran mucho menos materiales vírgenes.
- Crear políticas que promuevan y apoyen la conservación, el recobro y la eficiencia del uso de materiales.
- Desarrollar estrategias para eficientizar el uso de los materiales y prevenir los desechos en los hogares, empresas e instituciones.
- Recobrar la mayor cantidad de materiales del flujo de residuos.
- Fomentar una economía fuerte para materiales secundarios (Recobro).

Para ayudar a estos propósitos el CESD recomienda la simple regla de Reducir, Re-usar y Reciclar. El uso eficiente de los materiales y la prevención de los residuos requiere una aproximación cíclica, en lugar de una linealidad que es lo que ocurre en la actualidad con el procedimiento de "extraer, usar y tirar".

Reducir, es el primero y más importante paso en el uso eficiente de los materiales y por consiguiente de la prevención de residuos, el cual puede incluir las acciones que se enlistan:

- Reducir el uso de materiales no reciclables.
- Reemplazar materiales y productos desechables por re-usables.
- Reducir empaques o embalajes.
- Reducir la cantidad de almacenes de residuos.
- Establecer límites de producción de basura, con incentivos para los generadores que reduzcan dichos límites.
- Incrementar la eficiencia del uso de papel, cartón, vidrio, metal, plástico y otros materiales.

El *re-uso* no requiere de tiempo adicional ni energía para su utilización.

Reciclar significa el reemplazo de materiales vírgenes por materiales que aún tienen utilidad, con el consiguiente ahorro de recursos naturales y de una parte de la energía, lo que también significa beneficios económicos.

Evidentemente, como se comentó antes, la transición a la producción y consumo Sostenibles requiere necesariamente un mejor nivel de conciencia y de ética, tanto de la población como de las empresas manufactureras, además de los agentes intermediarios entre productores y consumidores.

CAPÍTULO V

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE APOYO PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

- 1. Evaluación de Impacto Ambiental**
- 2. Indicadores de Sostenibilidad**
- 3. Análisis del Ciclo de Vida**
- 4. Normas ISO 14 000**
- 5. El proceso de toma de decisiones y las
Decisiones Multicriterio**
- 6. Ciclo de vida económica de los materiales**

Introducción. En la actualidad, organizaciones de todo tipo están incrementando sus esfuerzos para tratar de demostrar que funcionan con respeto al medio ambiente, mediante el control de los impactos que pueden propiciar sus actividades, productos o servicios. Esto ocurre mientras el rigor de las leyes ambientales se incrementa y se desarrollan nuevas políticas económicas y medidas para fomentar la protección al entorno. Es en esta coyuntura donde ha surgido el afán de adecuar y crear herramientas de análisis necesarias para apoyar las labores tanto públicas como privadas, de preservación del ambiente en primera instancia, y más recientemente se están extendiendo al propósito de hacer operativo el concepto de Sostenibilidad.

Existen varios métodos creados en disciplinas específicas que evolucionaron en su propio campo y hoy se usan también en la gestión ambiental, otros que se han desarrollado específicamente para resolver problemas del medio ambiente, y otros más que aún están en desarrollo, tienen la clara finalidad de utilizarse para resolver problemas con el enfoque Sostenible. Esta multiplicidad propicia que unos y otros se traslapen e interrelacionen metodológicamente, en la información que utilizan, e incluso en los objetivos que persiguen.

Como hecho explicativo de esa vinculación se pueden citar la caracterización del análisis de ciclo de vida de los materiales para construcción para obtener categorías de impacto, lo que posteriormente permite la identificación de indicadores de Sostenibilidad o ambientales. También se puede citar el balance del rendimiento económico-ambiental de las construcciones que propone el método BEES, el cual incorpora el análisis del ciclo de vida, las normas ISO 14 000 y el análisis de decisiones multicriterio. Estas y otras interrelaciones podrán advertirse a lo largo de este capítulo.

1. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La herramienta metodológica más tradicional para la gestión de temas ambientales es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). La realización de este tipo de análisis es ya parte integral de los estudios de preinversión y de la realización de proyectos de cierta envergadura. En efecto, cada vez en más países es una obligación legal preparar Evaluación o Estudios de Impacto Ambiental, para los proyectos de construcción que pueden alterar significativamente el entorno de su ubicación.

Los estudios de Impacto Ambiental son una buena metodología para prever y considerar las alteraciones positivas y negativas que propiciarán las obras nuevas, así como las instalaciones, actividades y programas a realizar como complemento de esas obras de Ingeniería. El espíritu inicial de este tipo de estudios pretende establecer un equilibrio entre el desarrollo de las actividades humanas y el medio ambiente, sin que esto signifique una posición obstruccionista al desarrollo sino un instrumento que impida sobre-explotaciones del medio natural y un freno al desarrollo inconsciente de proyectos de inversión.

Se dice que existe un Impacto Ambiental, cuando una actividad propicia una alteración favorable o desfavorable (positiva o negativa) en el medio ambiente.

El impacto de un proyecto se entiende como la diferencia entre el medio ambiente futuro, que evolucionaría naturalmente sin la obstrucción de una actividad humana, y el medio ambiente futuro que se modificará por la realización de un proyecto, acción o disposición administrativa con implicaciones medioambientales (actuación). Estas dos diferentes posibilidades, es decir, el Impacto Ambiental o su ausencia, así como la variación de un impacto en función del tiempo, se pueden visualizar claramente en la figura V.1.

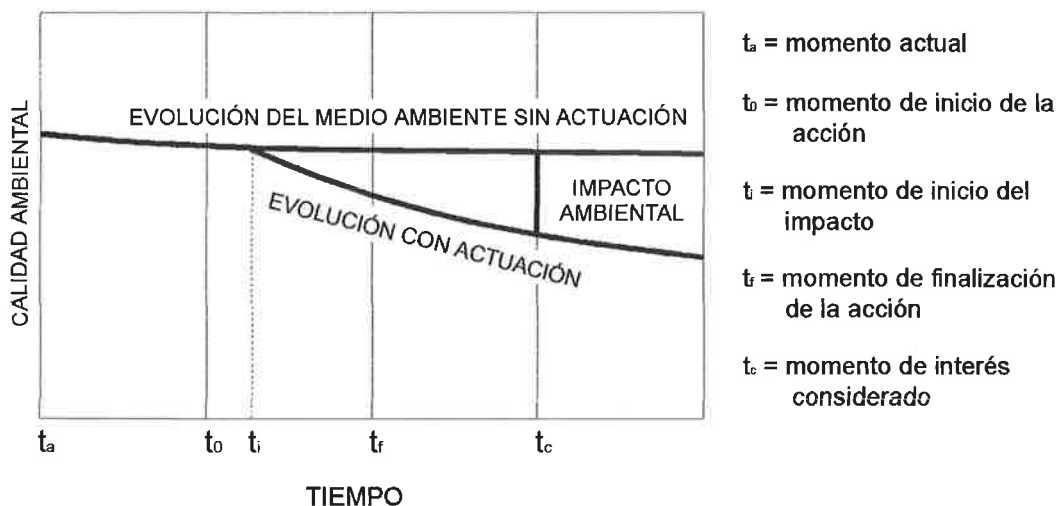


Figura V.1. Impacto Ambiental propiciado por una actuación

(proyecto, acción o disposición administrativa).

Fuente : (CONESA, 1997).

Los Impactos Ambientales no siempre significan inconvenientes, pues al existir impactos negativos y positivos, éstos últimos implican aspectos convenientes para el entorno y para la población; más explícitamente:

Impacto Ambiental *positivo*, es la acción en el medio ambiente que proporciona beneficios para la población en general, y es admitido como tal por la comunidad técnica y científica.

El Impacto Ambiental *negativo* representa pérdidas de valor natural, estético, productividad ecológica, o perjuicios derivados de la contaminación, erosión, azolvamiento y demás riesgos ambientales.

Pero además, la tipología de los impactos sobre el medio presenta una amplia clasificación según la variación de intensidad, extensión, persistencia, periodicidad y otras características que los tipifican como impactos: bajos, altos, parciales, puntuales, críticos, temporales, reversibles, continuos, severos, etc.

En términos generales la Evaluación de Impacto Ambiental es un instrumento necesario para paliar los efectos forzados por situaciones caracterizadas por:

- Desincronización entre el incremento demográfico y la disponibilidad de servicios básicos que demanda.
- Requerimiento creciente de espacios e infraestructura como consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.
- Degradación progresiva del medio natural con incidencia especial

en:

- Contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, edafológicos y paisajísticos.
- Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas.
- Perturbaciones atribuibles a los desechos de origen urbano e industrial.
- Deterioro y mala gestión del patrimonio histórico-cultural.

Actualmente al acometer un proyecto debe ser ineludible la realización de estudios de Impacto Ambiental, entre otras razones porque:

- Detiene el proceso degenerativo.
- Evitan graves problemas ecológicos.
- Ayudan a mejorar el entorno y la calidad de vida.
- Potencian la perfección del proyecto.
- Defienden y justifican una solución acertada.
- Canalizan la participación ciudadana.
- Generan mayor conciencia social sobre la Ecología.

- Generalmente así lo exigen las normas vigentes.

En función del tipo de proyecto podrían añadirse varias más, pero la conclusión es clara en cuanto a que este tipo de estudios son necesarios, y los responsables de los proyectos lo son también para que se cumplan las disposiciones y normas medioambientales.

La Evaluación de Impacto Ambiental es un procedimiento analítico y administrativo, cuyo objetivo es identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto o actividad en ocasión de implementarse.

La EIA debe ser entendida como un instrumento útil en el proceso de toma de decisiones, pero no un medio de decisión en sí mismo. La autoridad medioambiental puede aceptar, modificar o rechazar esta evaluación.

La figura V.2 exhibe la interrelación de los factores medioambientales, sociales y económicos que incluye una EIA. En la parte inferior del diagrama se ha ubicado la Declaración o Informe del Impacto Ambiental, que no es parte propiamente del proceso de Evaluación del Impacto que debe hacer el promotor del proyecto, sino la etapa en que la autoridad ambiental se pronuncia sobre la conveniencia, o no, de llevar a cabo la actividad propuesta.

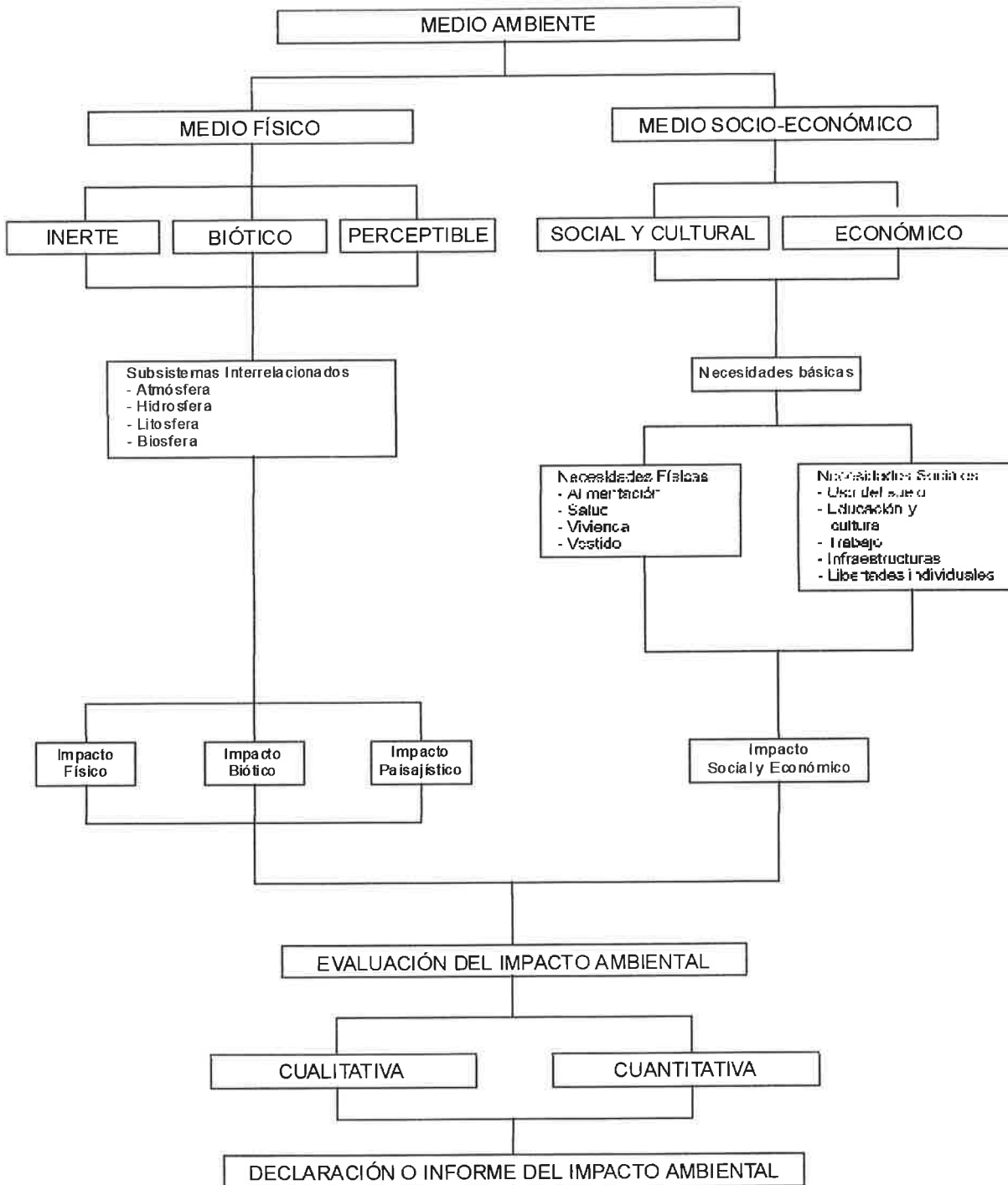


Figura V.2. Interrelación de factores ambientales, sociales y económicos en la Evaluación del Impacto Ambiental.

Fuente : Adaptada de (CONESA, 1997).

Particularizando en el tema de la tesis, una forma gráfica de explicar la incidencia de los Impactos Ambientales negativos propiciados por las actividades

que lleva a cabo el Sector de la Construcción, podría ser la que se expone en la figura V.3.

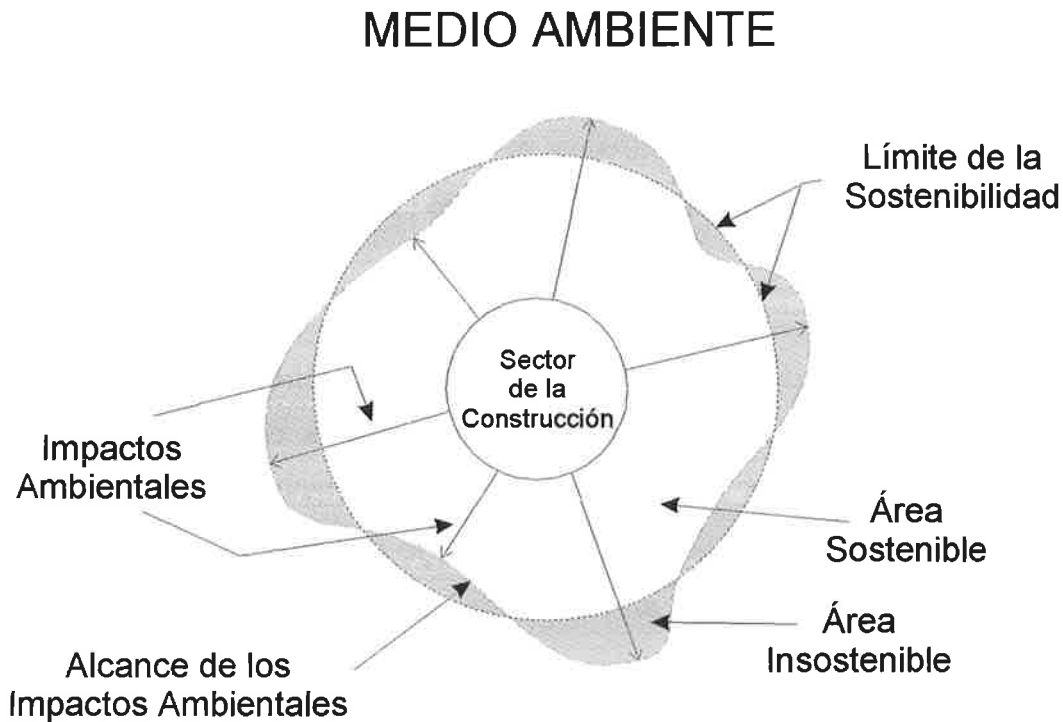


Figura V.3. Los Impactos Ambientales del Sector de la Construcción y la Sostenibilidad

En la figura de referencia cada componente del ambiente tiene un límite máximo de flujo o reserva de recursos, más allá del cual la capacidad de la biosfera empieza a decaer. Si los procesos y materiales que componen la actividad constructiva sobrepasan los límites normativos o los indicadores establecidos, entonces no se está transitando el camino de la Sostenibilidad.

El círculo inscrito en el centro de la figura referida, representa las actividades y materiales que conforman el Sector de la Construcción.

Sumadas las restricciones que rebasan, o no, los límites Sostenibles, se constituye una frontera ambiental que es el área de influencia o alcance de los Impactos Ambientales.

La línea punteada indica la delimitación de la influencia que tienen las normas establecidas por la autoridad ambiental y/o los indicadores ambientales o de Sostenibilidad, dicha línea es precisamente el límite de la Sostenibilidad. Otra línea llena marca las repercusiones que han alcanzado los impactos negativos de la construcción.

El límite de Sostenibilidad establece un área que si es rebasada del centro hacia la periferia, como de hecho ocurre en algunas partes del dibujo (área oscura), y por supuesto que en la práctica es frecuente, entonces la capacidad ambiental empieza a decaer tornándose insostenible, lo cual acontece según la ubicación del impacto, que puede ser en los suelos, aguas, vida marina, calidad del aire ...

Ese límite Sostenible coincide con la llamada capacidad de carga, que es el impacto máximo, que puede soportar un ecosistema.

En contraposición, las actividades Sostenibles, son aquellas que se desarrollan dentro del área delimitada por la línea limitrofe de Sostenibilidad, es decir, dentro de las posibilidades que tiene la biosfera para aceptar impactos negativos sin comprometer los intereses de las futuras generaciones.

En la realidad, muchos Impactos Ambientales son tan intensos que sobrepasan frecuentemente la frontera de la Sostenibilidad. Las políticas ambientales tienden a ubicarlos en el interior de la zona Sostenible o, en algunos casos, se pretende al menos disminuirlos.

Para establecer políticas con objetivos Sostenibles se requiere acordar criterios de cambios admisibles en el entorno. La percepción y control de los límites de esos cambios se llevan a cabo a través de las mediciones, que

proporcionan información sobre el deterioro ambiental ocasionado por los impactos negativos.

Dicho de otra forma, los cambios de beneficios que proporciona la biosfera a través de los servicios medioambientales, se valoran mediante la aplicación de indicadores, como por ejemplo los índices de contaminación, la medición de asimilación de residuos, valoración de la intensidad de la radiación ultravioleta, etc.. Las variaciones observadas indican la capacidad o incapacidad de la biosfera para sostener la integridad ecológica, y por consiguiente otro tipo de conceptos que proporcionan satisfactores a la población. A continuación se aborda el tema de esos indicadores de Sostenibilidad.

2. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Genéricamente los indicadores son parámetros o valores que proporcionan información acerca de fenómenos. El objetivo de los Indicadores de Sostenibilidad debe ser, proporcionar información sobre el estado de la relación entre la sociedad y el mejoramiento o empeoramiento de la calidad del entorno, asimismo deben señalar si esa sociedad está en el rumbo Sostenible. En otras palabras, deben reflejar los cambios temporales en las condiciones biofísicas del medio ambiente, si esos cambios afectan a la salud humana y al bienestar social y, de ser así, como lo hacen y que respuesta hay con relación a tales transformaciones, por ejemplo mediante cambios en la tecnología, en las instituciones y en el comportamiento humano.

Los Indicadores de Sostenibilidad son considerados una herramienta metodológica nueva, que puede ayudar a la gestión de la Sostenibilidad a través de la formulación de políticas, el proceso de toma de decisiones y la información objetiva al público interesado en el tema. Es decir, se espera que proporcionen valoraciones cuantitativas y cualitativas que ayuden a los individuos, instituciones, comunidades y sociedad en conjunto a que hagan selecciones para su futuro, en base a información objetiva que permita reducir la dependencia de la simple intuición. El procedimiento de desarrollo de indicadores y su utilización incluye manejo de información registrada, lluvia de ideas de los participantes en la formulación, objetivos de los grupos organizados, opiniones de expertos, valoraciones cuantitativas y cualitativas e incluso encuestas (BELL, 1999).

En el establecimiento de un sistema de indicadores es importante definir los objetivos socio-políticos, con el propósito de precisar el contenido de cada uno de los elementos que lo integran. Por ejemplo, en relación a la Construcción Sostenible podrían citarse como objetivos el asegurar la integridad de los biosistemas donde se ubicarán las obras, preservar la salud humana y el bienestar, y hacer un uso Sostenible de los recursos naturales que se utilizarán como insumos; cada una de estas vertientes se desagregarían en componentes de interés que representen indicadores valorables en el transcurso del tiempo.

Este tipo de índices se pueden organizar en diferentes formas, según sea su utilización: por temas, sectores, escala espacial (global, regional, local), medios ambientales (aire, agua, suelo, recursos bióticos), etc., siendo el propósito general la selección de indicadores lo más cercanamente posible a los efectos finales. De esta forma se establecen diferentes tipos de indicadores, la calidad de unos y otros dependerá de la *información* en la que se basen.

Las decisiones sobre que medir, como medir, donde tendrán lugar las mediciones y como describir los resultados tienen componentes subjetivas, y aun más subjetiva es la selección que se hace sobre la información a incluir en el desarrollo de indicadores. Es la información, pues, piedra angular en la cual se basan las decisiones y la medida del progreso de la Sostenibilidad.

Al respecto, la Agenda 21 reconoce la dificultad para captar información relevante y accesible (particularmente en los países en vías de desarrollo), sobre la cual sustentar las decisiones y valorar el progreso; es decir, existen limitaciones de insumos informativos para la elaboración de Indicadores de Sostenibilidad. En el capítulo 40 se dice que todos somos usuarios y proveedores de material informativo, identificándolo como datos, información, experiencia y conocimientos; se hace un llamado a los países, organizaciones internacionales y no gubernamentales para desarrollar y usar indicadores en la identificación de la realidad Sostenible y para la toma de decisiones al respecto. Esta recomendación se basa en que los indicadores que se habían estado utilizando, como el Producto Nacional Bruto (PNB) o las mediciones de las corrientes puntuales de contaminación y de recursos, no podrían proporcionar indicaciones de Sostenibilidad.

No existe un procedimiento formal y uniforme para la elaboración de indicadores, cada país u organización ha seguido criterios en función de sus propias particularidades y necesidades, pero a menudo acatando las propuestas metodológicas de las agencias internacionales de desarrollo, que se pueden sintetizar en la forma siguiente:

- Definir objetivos y metas.
- Estructurar el sistema y seleccionar temas.
- Investigación y desarrollo.
- Propuesta de indicadores.
- Revisión pública (en ocasiones).
- Revisión final y ajustes.

El modelo clásico y que más ampliamente se ha adoptado en muchos países es el propuesto por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), denominado indicadores de presión-estado-respuesta; donde las actividades humanas **presionan** sobre el medio ambiente (contaminación, uso de recursos), modificando el **estado** de ese ambiente (biodiversidad, integridad ecológica), lo cual tiene una **respuesta** social mediante políticas y acciones que tratan de modular dicha presión. El esquema de la figura V.4 muestra dicho modelo de causalidad-efecto.

Es importante señalar que los indicadores no tienen las respuestas en sí mismos, solo plantean valoración de los conceptos que se pretende conocer, y para que tenga sentido su aplicación es fundamental la participación de la comunidad, a objeto de que ayude a traducir los datos en información accesible al público en general, sobre el que se trata de incidir.

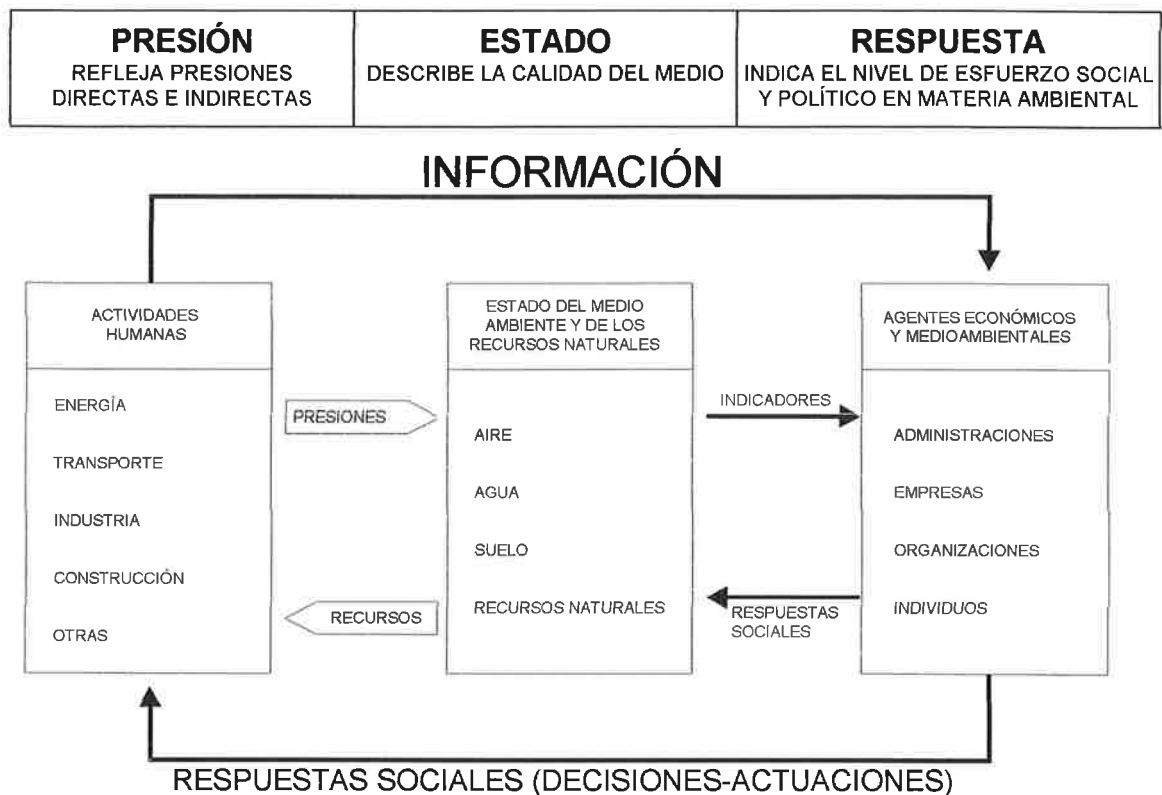


Figura V.4. Modelo presión-estado-respuesta para indicadores.

Fuente : adaptada de (OECD, 1993).

Algunas recomendaciones de las características y criterios para la selección de indicadores son las siguientes (MINISTERIO, 1996; WORLD BANK, 1997):

- *Representatividad*, la información debe representar la condición del todo.
- *Objetividad*, independientemente del criterio del recolector de datos.
- *Fiabilidad*, los datos deben ser confiables y de buena calidad.
- *Comprensibles*, los indicadores deben ser claros y comprensibles para no especialistas.
- *Predictivos*, capaz de prever futuras tendencias, sobre todo de tipo negativas.

- *Comparables*, que permita comparaciones interterritoriales, de escala comunal a regional y nacional.
- *Limitados*, es decir que no sean demasiados aún cuando haya información disponible para un gran número.
- *Accesibles*, disponibilidad de datos e información a quién lo requiera, fundamentalmente a la ciudadanía involucrada.

Existen varias iniciativas para la creación de Indicadores de Sostenibilidad (CITY, 1998; OECD, 1993; SUSTAINABLE SEATTLE, 1998; UN, 1996 y 1998), las cuales tienen cobertura global o local. Al tiempo de escribir este trabajo, la propuesta más actual, detallada y relativamente sencilla de aplicar era la propuesta de la Comisión para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (UN, 1998), que conjuntamente con más de treinta agencias de la propia ONU, bancos y organizaciones internacionales, han propuesto 134 Indicadores Sostenibles en aspectos sociales, económicos, ambientales (Agua, suelo, atmósfera, residuos y recursos naturales) e institucionales, los que se recomienda poner a prueba en los diferentes países del mundo para evaluarlos a través de una retroalimentación, lo que permitirá tenerlos adecuados y disponibles para su utilización definitiva en los procesos de toma de decisiones nacionales, a partir del año 2000.

Este tipo de indicadores a nivel global generalmente se usan para hacer análisis de juicio sectorial, regional o de un concepto con cobertura nacional. Los indicadores de Construcción Sostenible deben ser necesariamente paralelos a los indicadores a escala nacional y regional que tratan de medir la tendencia de la sociedad hacia, o en contra, de los principios de la Sostenibilidad; pero particularmente deben considerar vínculos del Sector de la Construcción con la comunidad, al abordar las actividades específicas de planificación, diseño, construcción, operación, re-uso de materiales, disposición final de residuos.

La cuantificación de cantidades y tipos de tierra, agua, materiales, uso de energía y tóxicos que se utilizan en el Sector de la Construcción, proporcionan el marco de trabajo para el desarrollo de indicadores de Construcción Sostenible.

Los indicadores son una herramienta metodológica de la Sostenibilidad, que debe ubicarse en un contexto dinámico, ya que pueden cambiar con el tiempo al variar el estado del conocimiento, así como la percepción y respuesta de los problemas ambientales, económicos y sociales.

3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) supone que todas las etapas de la "vida" de los materiales propician Impactos Ambientales; de lo que se deriva cada vez más ampliamente, que para conciliar los intereses de producción y del medio ambiente deben reorientarse los procesos del flujo de materiales y energía. Es precisamente en esta tesitura donde se ubica la utilidad del ACV. esta herramienta de análisis surgió de los estudios realizados en la búsqueda de una mayor eficiencia energética, a raíz de las crisis petroleras más recientes.

Actualmente este instrumento analítico tiene aplicación en la reducción del uso de materias primas, ahorro de energía y minimización de residuos y contaminación. Incluso su utilidad se prolonga más allá de la protección ambiental y de la conservación de los recursos naturales, utilizándose también para reducir costes, mejorar la imagen de mercado y abatir conflictos y riesgos de algunos productos (FULLANA, 1997).

Se define al Análisis del Ciclo de Vida como el procedimiento objetivo mediante el cual se evalúan las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando el uso de materiales y energía y los vertidos al entorno, para determinar los Impactos Ambientales que causan el uso de esos recursos y vertidos, y para identificar y evaluar las posibilidades de disminuir dichos impactos.

Este tipo de estudios incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad desde la extracción y procesamiento de las materias primas, pasando por el transporte de productos, distribución, uso, mantenimiento, reutilización y reciclado, y finalmente la disposición de los residuos (SETAC, 1993). A este proceso en ocasiones se le denomina análisis de la cuna a la tumba ("cradle to grave"), significando que las etapas de la vida de los materiales que generan impactos ambientales deben ser estudiados desde la obtención de las materias vírgenes, hasta su desecho por haber sido inutilizados por la Entropía; aunque

por razones prácticas, muchos de los flujos que se estudian se cortan antes de completar todo este recorrido.

El ACV aborda los impactos ambientales del sistema que se estudia en las áreas de salud ecológica, salud humana y agotamiento de los recursos naturales, pero no considera aspectos económicos ni efectos sociales. Adicionalmente, tal como ocurre con otros modelos científicos, es una simplificación del sistema físico y no puede proporcionar una absoluta y completa representación de todas las interacciones ambientales.

Los principales objetivos del ACV son:

- Proporcionar una representación de las interrelaciones de una actividad con el medio ambiente, tan completa como sea posible.
- Contribuir al entendimiento de la interdependencia de las actividades humanas y su entorno.
- Adoptar información de los agentes que toman las decisiones políticas o técnicas.
- Adicionalmente ayudan a identificar oportunidades para mejorar el medio ambiente, y su información facilita el diálogo constructivo entre los diferentes sectores de la sociedad involucrados en la calidad ambiental.

No existe una metodología única para todos los aspectos que componen un ACV, debido a que esta técnica aún continúa en desarrollo. El análisis de la importancia relativa de los impactos ambientales involucra inevitablemente valores de juicio que por su naturaleza no pueden expresarse en reglas o criterios aceptables universalmente. Sin embargo se trabaja en la elaboración de normas internacionales que ayuden a homogeneizar conceptos y procedimientos (ISO 14 000, 1998).

Las faces del Análisis del Ciclo de Vida más conocidas y utilizadas son las que se resumen en la figura V.5.



Figura V.5. Fases del análisis del Ciclo de Vida.

Fuente : adaptada de (SETAC, 1993; FULLANA, 1997).

La etapa inicial es la *definición de objetivos y el alcance del estudio*, en función de la cual se organiza la totalidad del análisis, incluye el propósito del estudio, como se utilizará la información que se obtenga y los límites que se propongan. En resumen se debe establecer:

- El sistema que se estudiará.
- La forma como se asignarán las cargas ambientales.
- Tipo de impactos y metodología de evaluación.
- Datos a requerir.
- Hipótesis de trabajo.
- Limitaciones del estudio.

A continuación debe hacerse un inventario del ciclo de vida, denominado *análisis de inventario*, que consiste fundamentalmente en el balance de la materia y energía del sistema. Es un proceso iterativo que se inicia con la elaboración de un diagrama de flujo, establecimiento de la calidad de los datos y su recolección, definición de los límites del sistema y revisión de los objetivos. En esta etapa

también se calculan las entradas (de materias primas y de fuentes de energía) y salidas del sistema (emisiones al aire, agua y suelo).

El diagrama de flujo se divide en sub-sistemas y éstos en procesos unitarios, que es el grado máximo de detalle con que se presentan los datos.

La *evaluación de impacto* del ciclo de vida tiene como finalidad la interpretación del inventario, representado en una matriz de doble entrada conteniendo centenares de datos relacionados con las cargas ambientales de todas las etapas del proceso, que se van convirtiendo en una lista de pocos datos interpretados según su capacidad de afectar el medio ambiente.

A este tipo de impactos se les denomina *potenciales*, por no estar ubicados en un lugar concreto y por tratarse de emisiones generadas en distintos tiempos; como hecho explicativo puede citarse un edificio que tiene hierro Sueco, cobre Chileno, madera Escandinava y plásticos fabricados con petróleo Arabe, refinado con tierras raras de Estados Unidos y cloro extraído con mercurio Español, es decir que los diferentes subsistemas se han llevado a cabo en tiempos y lugares diferentes.

Según los efectos ambientales esperados, los tipos de impacto se clasifican en los de entrada al sistema (recursos bióticos y abióticos, suelo), de salida (efecto invernadero, adelgazamiento de la capa de ozono, acidificación, eutroficación) y pro memoria (flujos económicos: energía, materiales, residuos sólidos).

Estos impactos se caracterizan con la finalidad de obtener indicadores ambientales, según ciertos factores de caracterización y las cantidades de contaminantes emitidas de cada tipo. La valoración de estos impactos puede ser cualitativa o cuantitativa, y variar de una región geopolítica a otra dependiendo de la importancia que se le otorgue a las categorías globales, regionales o locales de impacto.

En relación a la última fase del ACV, aún no se conocen metodologías formales para la valoración de las *mejoras* obtenidas por el uso de esta herramienta, empero sí se han hecho valoraciones de los beneficios en los sistemas en los que se ha aplicado, las cuales se refieren a la identificación y análisis de opciones para tomar en cuenta el medio ambiente, cuando se efectúan procesos y se obtienen productos (FULLANA, 1997; LIPPIATT, 1998).

En cuanto a la aplicación práctica de los ACV se puede citar su utilidad en la formulación de políticas ambientales a largo plazo, en aspectos como la utilización de materiales, conservación de recursos naturales y la reducción de riesgo ambiental asociado a procesos y productos.

En el Sector de la Construcción los requerimientos de grandes cantidades de recursos materiales y energéticos, necesariamente producen importantes cantidades de residuos que representan un gran problema a resolver. Una característica favorable a la aplicación del ACV en este Sector, es que en los proyectos de Ingeniería Civil es práctica común cuantificar los materiales de construcción a requerir, así como la energía y el transporte.

La herramienta de trabajo en cuestión se utiliza cada vez con mayor frecuencia en la evaluación ambiental de edificios, en infraestructura física, en demoliciones y en elementos constructivos en general. La Organización Internacional para la Estandarización considera que el ACV es un método recomendable para utilizarse en los procesos de planificación y toma de decisiones en los sistemas de gestión ambiental, que complementa lo establecido en las Normas ISO 14 000 para gestión ambiental, (las cuales se exponen en el siguiente apartado), e incluye en esta serie las Normas ISO 14 040/43 relativas al ciclo de vida.

Además de numerosos ejemplos de aplicación del ACV en el Sector de la Construcción, se dispone de una base de datos internacional con resultados de Análisis del Ciclo de Vida ambiental efectuado a más de 250 procesos y a más de 100 materiales de construcción, organizados en una docena de grupos, tales

como ferrometales, vidrio, plásticos, pinturas, diferentes tipos de hormigón, etc.
(IVAM, 1998).

4. NORMAS ISO 14 000

En la cumbre de Río de Janeiro, la Organización Internacional para la Estandarización se comprometió a desarrollar una serie de normas para los temas de gestión ambiental y la prevención de la contaminación, por lo que inicialmente se creó la Norma ISO 14 001, concebida para contribuir a alcanzar el Desarrollo Sostenible (ISO, 1998).

Actualmente es toda una familia de normas internacionales que continúa desarrollándose con el propósito de que empresas, dependencias y agencias internacionales normativicen voluntariamente sus procesos y productos en un marco de gestión medioambiental, para lo cual comparte principios en los que se sustenta la serie ISO 9000 para gestión de calidad.

Particularmente ninguna de las normas en cuestión se denomina ISO 14 000, sino que se trata de un título que encabeza la familia de normas, que se relacionan en la tabla V.1.

Se puede considerar que un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es el que incluye la estructura organizativa, planificación de actividades, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, revisar y mantener al día la política medioambiental.

Las normas centrales de un SGA son la ISO 14 001 y la ISO 14 014. Esta última es la guía que permite comprender el significado del sistema.

NORMA(S)	TÍTULO
ISO 14 001	Especificación de sistemas de gestión ambiental.
ISO 14 004	Sistemas de gestión medioambiental (guía general de los principios, sistemas y técnicas de apoyo).
ISO 14 010 a la ISO 14 015	Auditorías medioambientales y actividades relacionadas.
ISO 14 020 a la ISO 14 024	Calificación medioambiental.
ISO 14 031 a la ISO 14 032	Evaluación del comportamiento del medio ambiente.
ISO 14 040 a la ISO 14 043	Evaluación del ciclo de vida.
ISO 14 050	Términos y definiciones.
ISO 14 064	Guía para las especificaciones de productos.
ISO/TC59/SC14	Planificación de la vida de servicio de las construcciones.

Tabla V.1. Serie de Normas ISO 14 000.

La ISO 14001 permite desarrollar un SGA bien estructurado y documentado, lo que es de suma importancia para las grandes y medianas empresas, puesto que en el futuro inmediato es posible que tengan que cumplir con este tipo de requisitos por razones de competitividad, en vista de que el tipo de exigencias medioambientales y de mercado están creciendo día a día.

Una característica atractiva de la ISO 14 001 es que cada país, organización o empresa puede adoptar la norma en función de sus necesidades y limitaciones económicas. Otra ventaja es que la certificación de la norma se hace posible tanto para las grandes como para las medianas organizaciones, por ejemplo el Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Canadá, México y Estados Unidos (NAFTA, por sus siglas en Inglés), ha considerado la adopción de dicha norma a efecto de prevenir el desarrollo artificial de barreras comerciales,

derivadas de los requerimientos ambientales específicos de algún determinado país en particular.

La Norma que nos ocupa se utiliza cuando se requiere el registro o la demostración de un SGA, pues contiene los requisitos necesarios para estas acciones. Esta Norma comparte una característica importante con su homóloga la ISO 9 001, y que por sí mismas no indican que una empresa o dependencia respete el medio ambiente, o aumenten automáticamente la calidad de los productos.

La ISO 14 001 solo establece el potencial para el establecimiento de un buen sistema, pudiéndose usar en ocasión de:

- La creación de un sistema de gestión ambiental,
- Auditorias a dicho sistema,
- Búsqueda de la certificación ante una organización externa,
- Reconocimiento del SGA por la contraparte o el cliente,
- Declaración del SGA al público en general.

El propósito de las normas internacionales referidas es solo proveer instrumentos efectivos para la gestión ambiental, y por tanto surge la pertinencia de aclarar que no tienen propósitos de, por ejemplo, crear obligaciones legales, barreras comerciales, o situaciones similares, a las organizaciones a las que están dirigidas.

En virtud de que las Normas ISO están destinadas a un uso general, la Organización Internacional de Normas ha dispuesto que el Subcomité 14, dependiente del Comité Técnico 59, elabore una norma específica para el Sector de la Construcción por lo que se ha creado la norma ISO/TC 59/SC 14, denominada *planificación de la vida útil de las construcciones*, la cual contiene directrices para la Construcción Sostenible en el marco de los principios de la familia de Normas ISO 14 000, e incluso de la ISO 9 000.

Esta norma enmarcada en la Construcción Sostenible ha sido planeada para apoyar a proyectistas, propietarios, compradores potenciales, inversores, constructores y educadores. Incluye los principios genéricos que pueden ser aplicables para estudiar la vida esperada de una obra a ser construida en un ambiente cualquiera, y también es aplicable para estimar la vida útil restante de las construcciones existentes. La norma está compuesta por:

- Principios generales, para evaluar si la vida útil esperada será al menos tan larga como la vida de diseño.
- Métodos para determinar la vida esperada.
- Información del aseguramiento de la calidad, mantenimiento y funcionamiento para el caso de auditorías.
- Formatos para la información a utilizar y para los informes a realizar.

Aún cuando se ha destinado esa norma de la serie ISO a la construcción, ésta es incipiente y hay información fragmentada en otras normas de la misma familia que sería aplicable al caso del Sector de la Construcción, por lo que persiste la necesidad de mayor investigación y desarrollo de cara a dotar al mencionado Sector de una norma más acabada y exclusiva, en el marco de la misma ISO/TC 59/SC 14.

5. EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES Y LAS DECISIONES MULTICRITERIO

En un proceso de toma de decisiones se distinguen, en general, las siguientes etapas sucesivas:

- a) Planteamiento del problema.
- b) Objetivos a alcanzar.
- c) Alternativas para alcanzar los objetivos.
- d) Evaluación de las alternativas y sus consecuencias.
- e) Selección de la mejor alternativa.
- f) Previsión de las consecuencias de la decisión.

Los dos primeros pasos son básicos y condicionan el desarrollo de los que les siguen, lo que propicia que sean establecidos por los responsables de la toma de decisiones. Según las prioridades establecidas los objetivos podrán ser imprescindibles, necesarios y recomendables.

Para evaluar las diferentes alternativas que implican los incisos **c** y **d**, se requieren conocimientos en las disciplinas económica, ambiental y social, entre otras. Esta necesidad de información heterogénea justifica la presencia de personas adicionales a quienes toman las decisiones.

Las etapas **e** y **f** se realizan una vez obtenida la información de las distintas alternativas. Las decisiones se realizan más precisamente en la etapa **e**, y cuando esto ocurre no significa que se ha arribado a la solución perfecta, ya que todas las alternativas tendrán inconvenientes que deben identificarse y asumirse.

Los modelos para procesar información que conducen a la toma de decisiones en determinado contexto, se agrupan típicamente en dos categorías: determinísticos y estocásticos.

Los primeros describen los fenómenos asumiendo que no están influidos aleatoriamente. En tanto que los estocásticos introducen la aleatoriedad como un hecho que incide de modo relevante en el resultado.

Estos últimos modelos tienen uno o varios ejes de evaluación denominados *atributos*, los cuales se convierten en *criterios* si se les añade un mínimo de información relacionada a las preferencias del decisor. Los criterios se califican como cuantitativos (m^3/seg , decibeles, partes por millón) y cualitativos (calidad, bajo, negativo); en tanto que la cantidad de ellos en un proceso determina si se trata de modelos unicriterio o multicriterio.

Las Decisiones Multicriterio se pueden subdividir en decisiones multiobjetivo (tienen una infinidad de puntos o un número finito pero imposible de enumerar).

Esta última rama es la más antigua y utilizada por razones prácticas y realistas, por lo que su aplicación resulta atractiva y conveniente en la Construcción Sostenible.

La Decisión Multicriterio (DMC) es una metodología relativamente reciente, su desarrollo forma parte de la teoría de la decisión y del análisis de sistemas, se utiliza para la solución de problemas de optimización de varios objetivos simultáneos y posiblemente en conflicto (BARBA-ROMERO, 1997).

Por la propia identidad de los problemas de gestión del tema de la Sostenibilidad, existen intereses en conflicto que pueden variar de intensidad dependiendo de cada caso. La tendencia a maximizar el aprovechamiento de los procesos económicos genera tensiones entre criterios de conservación ambiental, distribución de beneficios sociales y minimización de los impactos

negativos. La DMC es una técnica un tanto sofisticada, a través de la cual se puede establecer la clasificación de todas las alternativas identificadas en el proceso de la Construcción Sostenible, adoptando la que ofrezca más ventajas según los criterios Sostenibles. Puede tratarse de un grupo de indicadores de Sostenibilidad, de la selección de una tecnología respetuosa con el medio ambiente, de la gestión apropiada de los recursos naturales de una región, etc.

Además de la evaluación de criterios (disposición y procesamiento de datos) que debe hacer el decisor, o un(os) analista(s) que trabaja(n) bajo sus órdenes, hay otra parte esencial que debe resolver para obtener la alternativa o alternativas más conveniente(s), que es la asignación de los pesos o ponderación de los criterios. Se trata de una fase crucial por su importancia clave en los resultados finales y para la representación de las preferencias del decisor.

Para el establecimiento de pesos existen numerosos métodos de asignación directa (cuando el decisor otorga los valores), y de asignación indirecta (construidos a partir de información parciales obtenidas del decisor). A este último tipo corresponden, por ejemplo, el conocido método AHP ("Analytic Hierarchy Process") (SAATY, 1996), el de la Entropía, el de comparación de alternativas, entre muchos otros, algunos incluso de tipo confidencial. La mayoría se soporta, para su desarrollo aplicativo, en programas informáticos comerciales.

Con la información de cada uno de los atributos considerados y para cada alternativa del conjunto de elección, el decisor y el analista están en posibilidades de otorgar valores numéricos o simbólicos, para efectuar el proceso de análisis decisonal.

Estos datos se disponen en una matriz de decisión $[a_{ij}]$, como la ejemplificada en la figura V.6.

ALTERNATIVAS	ATRIBUTOS O CRITERIOS					
	c1	c2	...	cj	...	cn
A1	a11	a12	...	a1j	...	a1n
A2	a21	a22	...	a2j	...	a2n
.
.
Ai	ai1	ai2	...	aij	...	ain
.
.
Am	am1	am2	...	amj	...	amn

Figura V.6. Matriz de decisión tipo.

En esta matriz cada fila representa las cualidades de la alternativa *i* con respecto a los *n* atributos considerados, cada columna *j* expresa las evaluaciones hechas por el decisor, de todas las alternativas con respecto al atributo *j*.

Debido a que en los proyectos generalmente se involucran varios criterios de decisión, los modelos establecen una gerarquización de este conjunto de criterios entre los que se configura la denominada función objetivo, los criterios restantes representan las restricciones de la programación. Con este precedente puede formularse la DMC mediante las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned} & \text{Max } F(x) \\ & x \in X \end{aligned}$$

Donde :

$x=[x_1, \dots, x_n]$, es el vector de las *n* variables de decisión.

$F(x)=[f_1(x_1), \dots, f_p(x)]$, es el vector *p* funciones objetivo; generalmente todas estas funciones son a maximizar.

Pero el desarrollo de la matriz de decisión se hace aplicando estas expresiones matemáticas para obtener representaciones numéricas, para cuyo procedimiento se cuenta con la facilidad de los paquetes informáticos antes referidos. De la información disponible al redactar el presente trabajo, destacaba un par de programas disponibles en el mercado, aunque como es bien sabido el campo de la Informática es muy dinámico y productivo, por lo que es de esperar nuevos soportes informáticos para hacer decisiones multicriterio discretas.

Estos paquetes para el desarrollo fundamentalmente de la ponderación o peso de los procesos de DMC son el "**Decisión Pad**" y el "**Expert Choice**". El primero es más sencillo y útil para diferentes problemas, admite hasta 250 criterios y más de 250 alternativas, asimismo pueden participar hasta 60 decisores cada uno con su propia matriz de decisión del problema. Los pesos de los criterios se pueden establecer por varios procedimientos (ordenación simple, asignación directa de valores) y de varias maneras operativas (numérica, verbal, gráfica).

El Expert Choice tiene tras de sí, todo el desarrollo del método Analytic Hierarchy Process (**AHP**), cuyo autor también lo es de este programa (SAATY, 1996); es una de las herramientas de la teoría de decisión más usadas. Hay dos características a destacar del método:

- El problema se estructura como un árbol jerárquico. Del nodo inicial derivan los criterios, en el nivel final se ubican las alternativas.
- La información del decisor se extrae mediante comparaciones binarias, ya sea entre los criterios o entre las alternativas; estas comparaciones se hacen en una escala del 1 al 9 ó como igual, ligera o notable.

A partir de aquí, se calculan variaciones lineales para cada alternativa mediante ponderación lineal, lo que permite seleccionar la alternativa que obtenga mayor ponderación.

Finalmente se comenta que las DMC aceptan de forma natural la multiplicidad de criterios que plantea cualquier elección real, lo cual representa estas ventajas:

- No se hace necesario utilizar la rígida representación monetaria, tal como ocurre con el tradicional análisis de coste-beneficio.
- Al contrario, la DMC se constituye en un marco de análisis del conflicto entre los criterios ofreciendo múltiples posibilidades de compromiso.
- Para el caso de la Sostenibilidad, el método ofrece un adecuado terreno de discusión permitiendo que ésta se traslape desde las simples alternativas hasta los criterios, lo que torna las discusiones más reflexivas.
- En el caso de un solo decisor, le aportan ideas para precisar los criterios, y le ofrecen diferentes perspectivas y resultados de análisis.

6. CICLO DE VIDA ECONÓMICA DE LOS MATERIALES

La medición del rendimiento de los materiales de construcción es relativamente más sencilla que la evaluación de su desempeño ambiental, pues se dispone de metodologías e información económica fácilmente accesibles.

El método de Coste del Ciclo de Vida (CCV) evalúa productos para la construcción desde el punto de vista económico, a través de un período de tiempo común para grupos de materiales. Pueden ser comparados varios materiales de construcción alternativos para un determinado requerimiento, u obras de construcción existentes, sobre la base de la inversión inicial (menos valor de rescate), reposición, operación, mantenimiento, reparación, confinamiento.

Es esencial utilizar el mismo período de estudio para todas las alternativas a ser comparadas, aún cuando se tengan diferentes vidas útiles. Los períodos de estudio apropiados varían de acuerdo a las perspectivas de cada usuario; por ejemplo, un propietario de una casa habitación seleccionaría el tiempo que espera vivir en la casa, en tanto que un ocupante a largo plazo de un edificio para oficinas probablemente adoptará un período en función de la vida útil del edificio.

Es importante distinguir las diferencias entre los ciclos de vida del método de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), utilizado para evaluar el desempeño ambiental, y el método de coste del ciclo de vida, que valora el rendimiento económico. El ACV involucra un concepto de ciclo de vida ambiental, por su parte en el CCV se habla del ciclo de vida de una construcción o de un producto utilizado en ésta. Se trata, pues, de dos conceptos diferentes.

El ciclo de vida ambiental de un material de construcción comienza con la extracción de las materias primas o vírgenes y termina con el reciclado o vertido. El ciclo de vida económico de los materiales de la construcción de una obra, comienza con la instalación y termina junto con el período asignado en el estudio

de coste del ciclo de vida, el cual es determinado en parte por la utilidad de la vida del material y en parte por el horizonte de la expectativa del inversor.

El método CCV contabiliza el valor del dinero en el tiempo, usando una tasa de descuento para convertir todos los costes futuros a valor presente equivalente.

Mediante la figura V.7 se explica la forma como el desempeño ambiental y económico pueden ser balanceados. Suponiendo que un Ingeniero de construcción tiene que seleccionar un material de entre varias alternativas, cada uno de esos materiales está representado por un punto que se equilibra ambiental y económicamente.

Lo primero que seguramente haría el proyectista sería desechar las alternativas "D" y "E", porque son superadas por al menos otra alternativa, es decir que se desempeñan peor que la alternativa "B" con respecto al ambiente y a la economía. De las alternativas restantes, la "A" tiene el mayor coste pero ofrece el mejor desempeño ambiental, la "C" es la más económica pero tiene el peor funcionamiento ambiental.

La alternativa "B" mejora el desempeño ambiental en relación a "C", a expensas de un pequeño incremento en el coste.

El proyectista puede hacer una decisión argumentada, por lo que seleccionará el material de entre las alternativas "A", "B" o "C", el que mejor refleje la importancia relativa que le otorgue al medio ambiente con respecto al rendimiento económico.

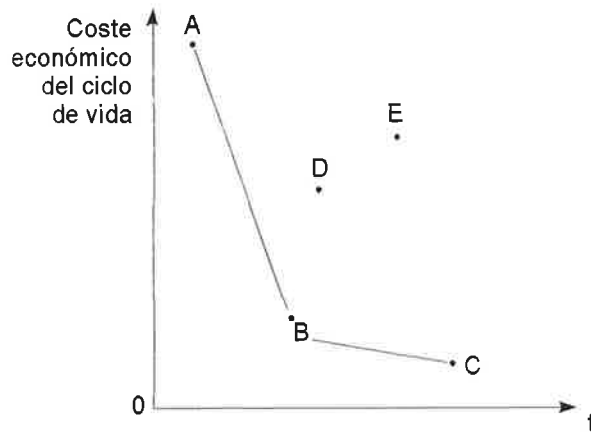


Figura V.7. Equilibrio ambiental y económico de un grupo de materiales de construcción.

Es decir que una actitud Sostenible tendrá que conjuntar, al menos, intereses, voluntad y criterio...

Ante una opinión pública con tendencia a estar más concientizada, los fabricantes de materiales de construcción y los proyectistas o diseñadores de obras que deciden cuales materiales usar, requieren desarrollar y seleccionar productos con un atractivo balance entre el desempeño ambiental y el rendimiento económico.

Para instrumentar la metodología de este balance necesario, el "National Institute of Standards and Technology" (NIST) de Estados Unidos, ha desarrollado un soporte informático ("software") y una base de datos denominada "Building for Environmental and Economic Sustainability" (BEES), que se aviene a diferentes niveles de experiencia de los usuarios y les permite conservar la capacidad de seleccionar la(s) alternativa(s) que mejor refleje(n) sus puntos de vista (LIPPIATT, 1998). Este soporte representa una técnica racional y sistemática para balancear el funcionamiento ambiental y económico de productos para la construcción.

BEES evalúa el funcionamiento ambiental de materiales de construcción, utilizando la aproximación al análisis del ciclo de vida especificado en las versiones más recientes de las Normas ISO 14 000, concretamente la 14 040; dicha aproximación se basa en la asunción de que todas las etapas de la vida de

un producto generan impactos ambientales que deben ser analizados, para proceder a su control o eliminación.

En tanto, el rendimiento económico de los materiales es valorado utilizando el método de Coste del Ciclo de Vida de la "American Society for Testing and Materials" (ASTM). Asimismo, los funcionamientos ambiental y económico son combinados mediante el análisis de Decisión Multiatributo (o Multicriterio), que ha adecuado la ASTM.

Así pues, BEES es una herramienta de análisis ecléctica que incluye una mezcla de Ciencias Ambientales (ACV), sistema de toma de decisiones (AHP), Economía (CCV) e Informática (paquetes comerciales), la cual ha sido diseñada para ser práctica, flexible y transparente (LIPPIATT, 1998). Está siendo ampliada y refinada, y se pondrá a disponibilidad en Internet.

En los proyectos con enfoque Sostenible se pueden habilitar, adicionalmente, varios procedimientos y técnicas auxiliares, verbigracia: sistemas informativos geográficos, ecodiseño, auditorías ambientales, buenas prácticas, tecnologías limpias, etc., empero los de posible uso frecuente son los ya descritos, de los cuales se hace una breve síntesis contrastante en la tabla V.2.

Tabla V.2. Síntesis contrastante de procedimientos y técnicas de apoyo a la Construcción Sostenible.

PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS	OBJETIVO	FORTALEZAS Y/O VENTAJAS	DEBILIDADES Y/O DESVENTAJAS	COMENTARIOS ADICIONALES
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	Analiza a priori los impactos ambientales de proyectos o inversiones	Toma en cuenta más de una alternativa de proyecto.	Involucra subjetividades de quien los concibe o elabora.	Es fundamental que la EIA se realice en la etapa de anteproyecto.
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	Proporcionan valoraciones cuantitativas y cualitativas para estimar si se está, o no, en camino a la Sostenibilidad.	Permite reducir la dependencia de la simple intuición para conocer el estado de mejoramiento o empeoramiento de la calidad ambiental y social.	Existe un sesgo debido a las subjetividades de quien los concibe o elabora.	No proporcionan respuestas por sí mismos, solo valoran conceptos que se requiere conocer.
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	Relaciona los efectos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida de los materiales.	Incluye el ciclo de vida completo de los productos o procesos.	Carece de detalles espacial y temporal. No considera aspectos sociales y económicos.	Se traslapa con varias técnicas: EIA, Normas ISO, indicadores de Sostenibilidad, ciclo de vida Económica.
NORMAS ISO 14000	Regulan la gestión ambiental, la prevención de la contaminación y contribuyen a la búsqueda de la Sostenibilidad.	Los países, organizaciones, y empresas pueden adoptar las normas en función de sus necesidades y limitaciones.	La adopción de las normas no es indicativo de que se respetará el medio ambiente, ni que aumentarán automáticamente la calidad de los productos.	Hasta ahora son de adopción voluntaria.
DECISIONES MULTICRITERIO	Trata problemas de optimización de varios objetivos simultáneos (Económicos, ambientales).	Existen soportes informáticos Comerciales para resolver con rigor científico las ponderaciones de las diferentes alternativas.	El decisor sesga el resultado Final con la inclusión de sus Preferencias.	En ocasiones también se les Denomina decisiones Multiatributo.
CICLO DE VIDA ECONÓMICA DE LOS MATERIALES	Valora el rendimiento Económico de los materiales para construcción, desde la instalación hasta un tiempo prefijado.	Se evalúan simultáneamente grupos de productos para construcción.	Si no se extreman cuidados, Se pueden confundir los conceptos coste del ciclo de Vida y análisis del ciclo de Vida.	Es una técnica muy reciente la que todavía le Falta mucho desarrollo.

TERCERA PARTE

LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

CAPÍTULO VI

PREMISAS FUNDAMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

- 1. Los impactos ambientales de los edificios como justificación de la Construcción Sostenible**
- 2. Conceptos y criterios básicos**
- 3. Los principios de Sostenibilidad y su aplicación a las actividades de construcción**

1. LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS EDIFICIOS COMO JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

En este apartado se exponen a manera de justificación de la Construcción Sostenible, los daños que propicia la construcción, el funcionamiento y la demolición de los edificios de hoy; partiendo de que esta clase de construcción integral es el prototipo productor de impactos ambientales que inciden en los graves problemas globales existentes.

A manera de diagnóstico del problema. En la actualidad los edificios son un medio extraordinario de confort y de servicios para la población urbana; empero, no muchas personas incluidas las que militan en grupos ecologistas, parecen haber reparado en los importantes impactos ambientales directos e indirectos que propician, los que sumados en algunos lugares superan a los problemas ambientales producidos por los automóviles y las fábricas.

La tabla VI.1 relaciona algunos de los impactos ambientales negativos más importantes que ocasionan la construcción y el funcionamiento de los edificios. También contiene algunas cifras que pueden ayudar a visualizar los daños que causan esos portentos de la civilización actual : la construcción y operación de edificios acaparan más del 40% de la energía, 40% del flujo de materiales, 25% de la producción de madera y el 16% del consumo de agua dulce (ROODMAN, 1995).

El dióxido de carbono se ha incrementado 27% en los últimos 100 años. La quema de combustibles fósiles para producir energía destinada a los edificios es responsable de la cuarta parte de ese gas, que provoca aumento de temperaturas y cambios atmosféricos que amenazan con elevar el nivel de los mares, con consecuencias catastróficas para las zonas costeras del planeta.

**Tabla VI.1. Algunos problemas ambientales que propician
la construcción y el funcionamiento de los edificios.**

Fuente : adaptada de (RODDMAN, 1995)

ACTIVIDAD GENERADORA DEL PROBLEMA	PARTICIPACIÓN DE LOS EDIFICIOS EN EL PROBLEMA	IMPACTOS AMBIENTALES
Extracción de minerales vírgenes.	El sector de la construcción utiliza el 40% de la arena, grava y piedra. Proporciones similares de otros materiales, como el acero.	Contaminación del aire y agua. Vertidos tóxicos de minas y escorias. Destrucción del paisaje.
Procesamiento de madera.	25% utilizada en la construcción.	Deforestación, inundaciones, pérdidas de biodiversidad, obstrucción por sedimentos.
Utilización de energéticos.	40% del consumo total de energía.	Contaminación atmosférica, lluvia ácida, residuos nucleares, gases de invernadero, construcción de embalses y sus consecuencias negativas.
Consumo de agua.	16% del agua extraída.	Contaminación de agua, salinización de tierras, competencia con la agricultura y los ecosistemas.
Producción de residuos.	En los países industrializados, la generación de residuos por la construcción es similar, o mayor, a la de residuos sólidos municipales.	Problemas en los vertederos: capacidad desbordada, lixiviados de metales pesados, contaminación de aguas y atmósfera.
Generación de aire interior (insalubre).	Aire de escasa calidad en el 30% de los edificios nuevos y renovados.	Mayor incidencia de enfermedades y malestares, baja productividad de los ocupantes de los edificios.

El diseño actual de los edificios no permite el uso eficiente de agua y energía, y con frecuencia se deterioran rápidamente desperdiciando recursos naturales, dinero y mano de obra. Si no se cambia la forma habitual de construir viviendas y edificios para oficinas con toda seguridad se agravarán los grandes problemas medioambientales (ROODMAN, 1995). Los países industrializados

necesitan asegurarse de que al construir nuevos edificios y al renovar los viejos, evitarán caer en los errores del pasado que han originado el estado actual señalado. Por su parte, los países en vías de desarrollo deben evitar copiar los procedimientos de construcción a los industrializados, y en lugar de ello deben emplear tecnologías en sintonía a sus recursos naturales y costumbres tradicionales, tal como lo establece el capítulo 7 de la Agenda 21.

La mayor parte de los usuarios de edificios no construyen sus propias instalaciones para trabajo o vivienda, sino que las adquieren en el mercado disponible. Casi toda la oferta es muy similar entre sí, por eso los compradores se centran, más que en las que serían sus particulares predilecciones constructivas, en lo que les parece más atractivo y fácil de sopesar, como lo son el precio, la ubicación, el tamaño, entre otras; pero no exigen aspectos tan importantes como instalaciones de alta eficiencia energética, calidad del ambiente interior y durabilidad de los elementos constructivos, permitiendo con esa actitud que sean los promotores y constructores quienes decidan sobre estas características de las edificaciones. Por esta razón las obras se realizan en función de la economía e intereses de los integrantes del Sector de la Construcción, omitiéndose considerar las graves consecuencias que el negocio ocasiona al medio ambiente y frecuentemente a los ocupantes.

De lo expuesto se deduce que los proyectistas, financieros, promotores y contratistas tienen un papel importante en la introducción de adecuaciones que modifiquen los procedimientos de construcción acostumbrados. La incertidumbre es si se decidirán a tomar medidas lo suficientemente rápido, para atemperar y disminuir los impactos que están generando directa e indirectamente en el entorno, o seguirán apostando a que solo con medidas coercitivas es posible tomar en cuenta el medio ambiente y la finitud de las fuentes de materiales.

Pero el desafío de cambio en los procedimientos de construcción no solo atañe a los directamente involucrados en la industria de la construcción, sino que otros agentes tales como dirigentes políticos, educadores y el público consumidor deben incluirse en las etapas de información y educación, con una voluntad de

cambio que propicie la orientación hacia la construcción más responsable socialmente.

Desglose de problemas ambientales relacionados con los edificios.

Durante la fase de construcción los edificios requieren anualmente, a nivel mundial, la transformación de 3000 millones de toneladas de materias primas. La mayoría de esos materiales son esencialmente tierra en diferentes presentaciones, pues se trata de ladrillos, tabiques, áridos para hormigón. La obtención de las materias primas significa una alta Entropización de los depósitos originales, debido a que se impactan fuertemente los sitios de ubicación de las fuentes de extracción y su periferia, lo que se traduce en deterioros en la vegetación, cuerpos de agua, tierras de cultivo, paisaje; véase tabla VI.1. Al propio tiempo semejante cantidad de materiales requiere un uso racional pues las fuentes son finitas, aun siendo abundantes en el caso de algunos materiales.

Los edificios modernos requieren materiales producidos mediante el uso intensivo de energía, implicando fuertes impactos al ambiente. La producción de acero, por ejemplo, ocasiona que en la extracción minera se sub-produzca ganga que contiene metales pesados que lixivian en depósitos y corrientes subterráneos de agua, si el procesamiento del metal se hace en hornos que están al aire libre, como de hecho ocurre en los países en vías de desarrollo, se producen emisiones de tóxicos y de metales pesados como el plomo.

Por su parte otros materiales, como los plásticos, producen contaminación en su elaboración que llevan aparejados los procesos de purificación de minerales de baja calidad o transformación química compleja. En este caso el impacto ocurre en forma de contaminación atmosférica y acuífera. A manera de hecho explicativo se destaca el caso del PVC (cloruro de polivinilo), sujeto a una gran controversia entre grupos ecologistas y fabricantes, el cual es aún muy utilizado en la construcción sobre todo en los países en vías de desarrollo. La fabricación de este plástico origina la formación y emisión de sustancias orgánicas cloradas tóxicas, generando dioxinas cancerígenas y metales pesados,

entre otras sustancias químicas contaminantes, además de que es difícil reciclarlo (GREENPEACE, 1997).

La madera continúa siendo el material imprescindible para construir casas en muchos países y como auxiliar en el proceso constructivo, consecuentemente esas necesidades acaparan más de la cuarta parte de la producción maderera del mundo.

Derivada de la gran demanda, la deforestación es mucho mayor que la capacidad natural de renovación, o sea que la tala supera ampliamente a los niveles Sostenibles que indican la inconveniencia de que las tasas de explotación rebasen las tasas de reposición natural. Debido a ese desfase, en el último siglo la cubierta forestal se ha reducido en una quinta parte y más de la mitad de lo que queda son bosques aislados y parcelas dedicadas al monocultivo, esta disminución de bosques ha supuesto la desaparición de incontables especies vegetales y animales.

La construcción de obras produce grandes cantidades de residuos sólidos, y una producción mayor ocurre al demoler las edificaciones que finalizan su vida útil. En Estados Unidos la construcción de una vivienda regular de 160 m² genera aproximadamente 7 toneladas de residuos sólidos. En la Comunidad Europea esta proporción se incrementa 50% (ROODMAN, 1995).

El consumo de energía, principalmente fósil, que supone la construcción de los edificios es una componente fundamental de los impactos ambientales, lo cual ocurre desde las canteras y minas de extracción de materias primas, pasando por las factorías de acero, vidrio, ladrillo y cemento, y el transporte hasta los sitios de construcción.

Una vez terminados los edificios, su funcionamiento es todavía más dañino que la construcción en cuanto a consumo energético, pues requieren un flujo permanente de energía producida tanto por combustibles fósiles como nucleares en muchos casos, o por grandes embalses que conllevan impactos ambientales y sociales de consecuencias devastadoras (SANTAMARTA, 1997). Sumando a

esos tipos de energía los combustibles que alimentan *in situ* a los edificios (petróleo y gas), éstos consumen más del 40% de la energía comercial del planeta.

Paralelamente al flujo energético, los edificios consumen otro flujo constante de agua que ocasiona problemas similares a aquel.

Al menos el 30% de los edificios nuevos y renovados presentan el llamado "síndrome del edificio enfermo", caracterizado por un ambiente interior insano que provoca malestar a sus ocupantes y posiblemente contribuye a padecimientos tan graves como el cáncer y trastornos inmunológicos.

En referencia al síndrome del edificio enfermo, más de la tercera parte de los edificios modernos presentan ambientes internos peligrosos para los ocupantes habituales, quienes permanecen entre 80 y 90% de su tiempo en espacios cerrados, contaminados en menor o mayor grado (en ocasiones con concentraciones de contaminantes mayores a las del ambiente exterior). En esta situación de riesgo los ocupantes están expuestos a sustancias tóxicas, irritantes y hasta radioactivas, al disconfort y a la inducción de infecciones y alergias. Los síntomas más comunes relacionados con la exposición que se afronta en los edificios son dolor de cabeza, mareos, náuseas, fatiga, irritación de ojos, reacciones psicológicas adversas, cambios de humor y de estados de ánimo y dificultades interpersonales; lo cual obviamente se traduce en disminución del rendimiento laboral y en ausentismo (BERENQUER, 1996).

Adicionalmente a lo expuesto, en la periferia de los edificios frecuentemente se utilizan herbicidas, fertilizantes y pesticidas para mantener los jardines y áreas verdes, con la consiguiente contaminación por productos químicos.

Es comprensible que algunos de los impactos ambientales propiciados al construir y operar edificios no se puedan evitar, empero sí es posible minimizarlos. También es claro que se tiene que seguir construyendo edificios para proveer protección y ambiente apropiado a los ocupantes para que vivan y trabajen. Ese dilema es precisamente el desafío que tiene planteado el Sector de

la Construcción, el cual puede ser abordado a través de la Construcción Sostenible.

Como corolario de este apartado se considera pertinente comentar que, de la importancia reflejada por los impactos ambientales que propician los edificios de hoy, se deriva el interés por aproximar al campo de la Ingeniería de la Construcción los criterios y principios de Sostenibilidad.

Es pertinente subrayar que a lo largo del desarrollo de la tesis se homologa el significado de la actividad genérica de *construcción* con la de *construcción de edificios*, y más concretamente con el aquí llamado *Sector de la Construcción*, lo cual se justifica por la importancia que representan los edificios en la Industria de la Construcción y en el activo fijo de cualquier país, tal como se comentó en la *exposición de motivos* del capítulo I. En el siguiente apartado se exponen los conceptos y definiciones en los que se basa la aproximación conceptual y operativa de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.

2. CONCEPTOS Y CRITERIOS BÁSICOS

En situación similar a la dualidad del significado de Desarrollo Sostenible, el término Construcción Sostenible confronta dificultades para su acepción clara; e. g. a partir de la concepción de que algo Sostenible es lo que puede mantenerse indefinidamente en el tiempo, es claro que pocos proyectos de construcción actual se clasificarían en esa categoría. Ante dificultades de ese orden semántico, se acota la descripción del término en forma explícita: la Construcción Sostenible se inscribe en un proceso que se inicia antes de la construcción *per se*, comienza en las fases de planificación y diseño, y continúa después de que se han terminado las obras de construcción; es decir, abarca la extensión llamada "de la cuna a la tumba". Esto requiere una gestión durante todo el ciclo de vida de las obras, desde el prediseño hasta la eventual desconstrucción y reciclado de sus componentes. Complementariamente, la tabla VI.2 presenta las adecuaciones necesarias al procedimiento tradicional que debe

abordar el equipo de trabajo de construcción, para orientar el proceso hacia los principios de Sostenibilidad que serán explicados más adelante.

Una posible acepción del término de Construcción Sostenible sería equipararla al significado de Desarrollo Sostenible, buscando asegurar por ejemplo que la construcción de un edificio, una carretera o una comunidad cumplieran con los principios del Desarrollo Sostenible; sin embargo, tal como se observó en el capítulo III, el Desarrollo Sostenible es un término dual, amplio y polémico derivado de lo cual se considera con mayor utilidad operativa establecer principios de Sostenibilidad para el caso específico del Sector de la Construcción, para propender de esta manera a la noción de Construcción Sostenible que se pretende desarrollar.

Así pues, particularizando para el caso del Sector de la Construcción, adecuando las etapas del proceso de construcción, obviando las dificultades semánticas y tomando en cuenta las definiciones sobre Construcción Sostenible hasta ahora conocidas, se procede a un análisis con el ánimo de encontrar un terreno común y operativo entre los ideales de la Sostenibilidad y una construcción social y ambientalmente más razonable.

Para el caso de este trabajo académico se define al *Sector de la Construcción* como el campo de actividades productivas donde interrelacionan los recursos humanos (energía humana y creatividad), recursos naturales (materiales, energía, agua y terreno), información y tecnología; para diseñar, modificar y mantener las edificaciones y sus infraestructuras complementarias.

Tabla VI.2. Orientación Sostenible del proceso de construcción.

Fuente : adaptada de (OSSO, 1996)

- Conocimiento, aceptación y compromiso con los principios de Sostenibilidad.
- Prediseño o planificación
 - Desarrollo de la visión Sostenible para el sector de la construcción.
 - Establecimiento de prioridades.
 - Desarrollo del programa de construcción.
 - Elaboración del presupuesto.
 - Organización del equipo multidisciplinario.
 - Desarrollo de estrategias de trabajo del equipo.
 - Desarrollo de la programación del proyecto.
 - Revisión de leyes y normas.
 - Efectuar investigación de proyectos Sostenibles similares.
 - Selección del sitio de las obras.
- Diseño.
 - Diseño esquemático: Confirmación de los criterios de diseño Sostenible, desarrollo de soluciones ambientales, selección de la soluciones más viables, estimación de costes.
 - Proyecto o desarrollo del diseño: Refinar soluciones Sostenibles, examinar y seleccionar soluciones, elaborar especificaciones, verificar costes.
- Gestión del proyecto.
 - Finiquitar soluciones Sostenibles, actualizar costes.
 - Participar en concurso de adjudicación de obra.
- Construcción.
 - Revisar y proponer productos y materiales Sostenibles.
 - Revisar datos de análisis de materiales.
 - Seguimiento del proyecto de construcción.
 - Establecer comisión supervisora de instalaciones (pruebas, operación y actualización de manuales, entrenamiento de personal).
- Ocupación.
 - Revisión de instalaciones, realizar evaluación post-ocupación.
- Mantenimiento.
 - Involucrar a administradores y ocupantes de los edificios: información, entrenamiento, asesoría, evaluación.
- Desconstrucción, demolición.
 - Desmontar elementos y materiales constructivos susceptibles de re-usar y reciclar, enviar residuos al vertedero manejando adecuadamente los considerados peligrosos.

Dicho Sector es una porción alícuota de lo que se denomina Industria de la Construcción, siendo este último término un universo más amplio que abarca todas las actividades relacionadas con el negocio de la construcción. En el mencionado Sector se distinguen dos grupos de personas que hacen posible el proceso constructivo, y por tanto tienen influencia en la toma de decisiones:

- *Los ingenieros, arquitectos y constructores de obra* tienen amplia presencia en el contexto físico de la construcción, y su participación directa en el diseño y ejecución de las obras les confiere influencia que podrían utilizar para inducir los principios de Sostenibilidad en las especificaciones de proyecto, en la ubicación de las estructuras e infraestructuras y en los recursos naturales que se utilizan en las obras de construcción.

- Otro grupo conformado por *promotores, planificadores y operadores del funcionamiento de las edificaciones*, ejercen una influencia más amplia y decisiva en ámbitos menos tangibles del Sector. Por ejemplo, los promotores tienen capacidad de decisión para determinar el uso del suelo y el destino que se dará a las construcciones; los planificadores estudian y conocen la información de como se interrelacionan las componentes de los desarrollos urbanísticos, lo cual les proporciona ciertas ventajas; los operadores o gestores del funcionamiento de los edificios administran energía, agua y otros recursos durante el ciclo de vida de las construcciones, por lo que deben ser involucrados en el proceso de Sostenibilidad.

Hay algunos grupos más que concurren al Sector de la Construcción, tales como los proveedores, propietarios, usuarios, autoridades, entre otros, que deben recibir suficiente información y asesoría para ser sensibilizados en los principios y criterios de Sostenibilidad.

Por otra parte, la obligación moral del Sector de la Construcción ante los criterios de Sostenibilidad significa contribuir a la herencia, para las futuras generaciones, de recursos suficientes que les permitan tener una calidad de vida

al menos igual a la que tenemos actualmente (WCED, 1987). Para propender a esta meta intergeneracional, el Sector enfrenta dos tipos de limitaciones capitales: la capacidad finita de las fuentes de recursos naturales que utiliza como insumos y el límite del entorno para asimilar los residuos que causan sus actividades.

Básicamente de estos preceptos se derivan los criterios de Sostenibilidad para el multicitado Sector de la Construcción, los cuales se refieren a la minimización del agotamiento de las fuentes de recursos naturales y a la prevención de la degradación ambiental.

Reuniendo las definiciones y criterios antes comentados, es posible coincidir con una definición general que expresa que la *Construcción Sostenible* es "la creación y mantenimiento de construcciones sanas y respetuosas del medio ambiente, a través de la incorporación de principios ecológicos y utilizando eficientemente los recursos naturales" (KIBERT, 1994a).

Esta definición abreviada es generalmente aceptada como un punto de partida para concepciones más amplias o específicas. Sin embargo, es importante señalar que no existe una definición única de Construcción Sostenible, pues está influenciada por las diferentes prioridades que tienen las naciones que pueblan las disímboles regiones del planeta; las cuales difieren en niveles económicos, geografía, idiosincrasia, ideología, religión..., lo que no les permite homogeneizar la importancia otorgada a variables como el crecimiento demográfico, disponibilidad de recursos (agua, energía, terreno), reciclado de materiales, entre otras prioridades.

Estas particularidades inciden en la concepción de la Construcción Sostenible, debido a que algunos países conciben como más importantes los asuntos económicos que los ambientales, en tanto que para otros con menos urgencias económicas el medio ambiente es prioritario. Lo que parece ser una constante en todos los países es la escasa importancia que le otorgan a los problemas como la pobreza, la equidad social o el subdesarrollo (CIB W82, 1998), que son temas medulares del Desarrollo Sostenible según el Informe Brundtland.

Para propender a la Construcción Sostenible, a los tradicionales criterios del funcionamiento como lo son la calidad y el coste de los materiales, productos y sistemas que intervienen en el proceso constructivo, deben agregarse los criterios Sostenibles referidos. La meta de proporcionar al Sector de la Construcción un procedimiento claro para tratar de alcanzar la Sostenibilidad, es un gran desafío en el que algunos grupos de expertos de varios países están trabajando (CIB W82, 1998); pero el avance está resultando lento debido, además de las diferencias de apreciación entre los países, a la gran variedad de componentes que participan de diversa forma en el proceso de construcción, las cuales no tienen clara su interconexión, a excepción del agua y la energía que se relacionan en una forma razonablemente clara con la Sostenibilidad.

La tabla VI.3 ejemplifica algunas actividades y elementos de la construcción susceptibles de ser tratados desde el punto de vista de la Sostenibilidad, tales como los recursos y procedimiento para abordar el diseño, los propios recursos naturales, así como los medios propiciadores de ambientes saludables en las edificaciones y su entorno de ubicación.

Tabla VI.3. Algunos conceptos fundamentales a ser abordados
por la Construcción Sostenible.

Diseño	Diseño arquitectónico Diseño urbanístico
Recursos naturales	Consumo de energía Consumo de agua Uso del suelo Selección de materiales
Ambiente saludable	Calidad ambiental interna Calidad ambiental externa
Efectos ambientales	Operaciones de construcción Desarrollo del ciclo de vida Deconstrucción

3. LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD Y SU APLICACIÓN A LAS ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN

Para aproximar los ideales de la Sostenibilidad al Sector de la Construcción, se requiere la evolución de los criterios Sostenibles (ideas genéricas) que contiene el Informe Brundtland a formas más explícitas y pragmáticas. En atención a ese requerimiento, en este trabajo académico se conjugan la interpretación de dichos criterios con los límites de las fuentes de materiales y de asimilación de residuos que confronta el Sector, y con las aspiraciones contenidas en la definición de Construcción Sostenible adoptada, de lo cual se obtiene una propuesta de *principios de Sostenibilidad* que incluye **conservación, minimización de residuos, protección a la naturaleza,** preservación de la salud humana **evitando** el uso de sustancias **tóxicas** y mejora de la **calidad** de vida a través de la construcción de edificios.

Esta relación de principios de Sostenibilidad no pretende en forma alguna ser exhaustiva, pues cada autor o constructor puede tener su propia versión al

respecto, según se desprende de la literatura analizada (ANGLIOTTI, 1997; HILL, 1997; KIBERT, 1994b).

Particularizando en el tema de la tesis, los principios identificados se vinculan con las actividades del Sector de la Construcción de la siguiente manera:

- **Conservación.** Se refiere a la reducción del consumo de recursos (energía, recursos naturales renovables y no renovables).
- **Minimización de residuos.** Mediante el re-uso y reciclaje de materiales para construcción.
- **Protección a la naturaleza.** Conservación de los sistemas de soporte para la vida y el medio ambiente natural durante las actividades constructivas y operativas.
- **No tóxicos.** Crear ambientes internos y externos sanos en los edificios, minimizando o eliminando el uso de sustancias tóxicas.
- **Calidad.** Propiciar a una mejor calidad de vida a través de las actividades de construcción.

A continuación se explican con más detalle cada uno de estos principios de Sostenibilidad.

Conservación. En el apartado IV.4 se discutió la finitud de los materiales no renovables y el riesgo de sobre-explotación de los renovables (producción no Sostenible), lo cual obliga a una reflexión social en el sentido de alargar lo más posible la disponibilidad de materiales; es decir, se les debería consumir en forma racional para asegurar a las futuras generaciones una calidad de vida al menos similar a la que tenemos hoy día. Además, siempre que sea posible es preferible el uso de recursos renovables en lugar de no renovables.

Este principio de conservación es aplicable tanto a los materiales como a la energía. Esto último conduce al uso de procedimientos pasivos en la provisión de calefacción, ventilación e iluminación de las edificaciones, así como a la

planificación de transporte colectivo eficiente en las comunidades para contribuir a la reducción del uso del automóvil.

Ante el sobreconsumo imperante principalmente en los países industrializados, es esencial la reducción del consumo innecesario, esto fuerza a considerar sistemas de alta eficiencia, a adoptar altos niveles de aislamiento, bajos flujos en las instalaciones y alto desempeño de los elementos constructivos; asimismo surge la conveniencia de utilizar materiales durables que requieran poco mantenimiento.

Minimización de residuos. Paralelamente a la reducción del consumo generador de residuos, se requiere re-usar y reciclar productos que provengan de la desconstrucción o demolición, para evitar la extracción de mayores cantidades de materias primas. El re-uso y reciclaje de materiales ayuda a reducir la generación de residuos sólidos prolongando en el tiempo la capacidad de los vertederos; al propio tiempo también abate la demanda de materiales vírgenes, contribuyendo así con el principio de reducir el consumo de recursos naturales.

El re-uso se diferencia del reciclaje, en que aquel significa volver a utilizar los elementos constructivos con un mínimo de re-procesamiento, en tanto que reciclar significa convertirlos a materia prima a partir de la cual se fabrican nuevos productos.

Un ejemplo de re-uso integral puede ser la renovación y el re-acondicionamiento de edificios, requiriéndose que éstos sean diseñados y construidos pensando en este re-aprovechamiento (ROODMAN, 1995). Asimismo para re-usar productos y materiales para construcción es necesario un procedimiento de planificación que permita des-ensamblar o desconstruir, tema que será abordado al final de esta tercera parte de la tesis. Sin embargo se puede adelantar que el objetivo de la desconstrucción es re-usar en otros proyectos, tantas veces como sea posible, algunas estructuras y componentes de los edificios, que de esa manera retardan su llegada a los vertederos en forma de residuos.

Cuando se decida el uso de productos fabricados a partir de recursos no renovables, en vista de que éstos no pueden ser usados Sosteniblemente, su "vida" debe ser extendida re-usando los productos varias veces, y/o reciclándolos al final de su vida útil.

Algunos otros recursos pueden ser preparados para su re-uso, e. g. el agua tratada puede ser re-usada para riego y otros usos, los terrenos donde se ha demolido, conocidos como "zonas grises" son completamente aprovechables para nuevas construcciones.

Por su parte los elementos que tienen posibilidad de ser reciclados deben ser prioritarios a ser utilizados sobre los que no la tienen, así como los recursos renovables son preferibles a los no renovables. Este principio es aplicable a la energía, donde haya posibilidades de energías renovables como la solar o la eólica; también es aplicable a la madera frente a algunos tipos de plásticos y metales.

Alguno materiales contienen parcialmente componentes reciclados o desperdicios de otras industrias, entre los que se citan paneles de subproductos agrícolas, losetas con vidrio o neumáticos reciclados, acabados para azotea de plástico reciclado, etc.

Un problema a sortear con los materiales reciclados es determinar si se trata simplemente de desperdicios de los que requieren deshacerse las empresas, o realmente son materiales reciclables adecuados; aunque también pueden ocurrir ambas cosas, o sea que el material a reciclar o re-usar representa un problema de confinamiento para la industria que lo sub-produce y es de buena calidad para usarse en construcción. Un buen ejemplo de este caso son las cenizas volantes que sub-producen las industrias del acero y de la generación de electricidad, las cuales se utilizan con éxito como sustitutas del cemento en la fabricación de hormigón, y suelen ser un importante problema a resolver por estas industrias.

Protección a la naturaleza. Este principio presenta un amplio abanico de posibilidades para tomar en cuenta al ambiente a través del Sector de la Construcción. A continuación se exponen algunas de ellas.

Mantener y restaurar la vitalidad de la tierra mediante las acciones que se detallan:

- Consevación de los sistemas de soporte para la vida, que engloban los procesos ecológicos que hacen posible climas, purifican aguas y aire, regulan los flujos de agua, reciclan nutrientes esenciales y propician la renovación de los ecosistemas.
- Conservación de la biodiversidad (flora y fauna).
- Minimización del daño a los recursos renovables, tales como bosques, zonas silvestres, ecosistemas marinos y ecosistemas que favorecen la pesca de agua dulce.

Minimizar la contaminación de aire, tierra y agua. Estas medidas deben tomarse por varias razones ambientales y legales, y pueden variar de lo global a lo local, en una o más faces del ciclo de vida de los proyectos, por ejemplo:

- Global. Puede incluir la reducción o la eliminación de contaminantes causados por el adelgazamiento de la capa estratosférica de ozono y el calentamiento global.
- Local. Control de ruido, polvo, vibraciones, emisión de partículas químicas, olores, desperdicios sólidos.

Minimizar los daños a paisajes, incluyendo áreas con valor escénico, histórico, cultural, arquitectónico, y la intrusión en áreas silvestres.

Por muy buena disposición que se tenga para tomar en cuenta permanentemente al medio ambiente, inevitablemente las actividades de la construcción impactarán de alguna manera a los sistemas ecológicos. Por tanto, en consideración a esos daños ambientales, debería tratarse de restaurar algunas áreas de las muchas degradadas, en compensación a los impactos

negativos que ocasionó y que continuará propiciando el Sector de la Construcción. Verbigracia, las zonas grises pueden ser remediadas y retornadas a un estado similar al original; pueden ser rescatados los ríos, lagos y marismas que los constructores de antaño utilizaron como desfogues de drenajes.

Por su parte, quienes toman decisiones en el mencionado sector, deben seleccionar contratistas y proveedores ambientalmente responsables, que puedan demostrarlo en la práctica.

No tóxicos. Algunos productos con los que se ha construido en el pasado, y en muchos casos continúan utilizándose, son acompañados por sustancias peligrosas y tóxicas que amenazan la salud y el bienestar humanos (asbestos, PVC, entre otros), por lo que es menester contribuir a que no continúen acumulándose en las construcciones. Los materiales claramente tóxicos deben manipularse con precauciones especiales y en lo posible eliminar su uso, excepto cuando los fabricantes garanticen que se les utiliza en sistemas cerrados; un ejemplo de esto es el mercurio usado en termostatos, en lámparas fluorescentes y en televisores. Sobre el particular, empieza a ponerse en práctica la *distribución reversible*, que es un procedimiento comercial mediante el cual los productos que han finalizado su vida útil con los usuarios, son retornados al fabricante para la extracción de materiales tóxicos que se reciclan en productos nuevos.

Los integrantes del Sector de la Construcción pueden contribuir en gran medida para crear un ambiente sano en los edificios, a través de la gestión adecuada de productos peligrosos y tóxicos. Esto incluye la minimización del uso de acabados con base en solventes, adhesivos, pinturas, alfombras y en forma señalada la descarga al aire de formaldehído y orgánico-volátiles; estos compuestos químicos ocasionan riesgos en la salud de los trabajadores y ocupantes, y contribuyen al síndrome del edificio enfermo.

El principio en cuestión también comprende las consecuencias del mantenimiento cotidiano, en el que se generan residuos peligrosos por el uso de pulidores de metal, "thinner" para pinturas, limpiadores a base de amoníaco y

blanqueadores con cloro, los cuales no deben ser descargados en sitios cerrados ni en la red del drenaje.

La calidad ambiental en el entorno externo de los edificios requiere la suspensión del uso de fertilizantes químicos y tóxicos, (pesticidas, herbicidas, fungicidas y otros químicos persistentes) que se usan en el mantenimiento de jardines y áreas verdes; en cuanto a estas áreas, es pertinente comentar la conveniencia de racionalizar el riego, minimizándolo y usando aguas tratadas tal y como se comentó en el principio de conservación.

Calidad. Este concepto de la Construcción Sostenible es una componente de importancia capital, que incide en los edificios tanto en el aspecto técnico como en el social.

La parte técnica se refiere a la selección Sostenible de productos y materiales para construcción y a los sistemas de energía (pasiva, activa, mixta). Estos temas son abordados con amplitud en los capítulos VII y VIII.

En tanto que el aspecto social trata temas para el incremento de la *calidad* de vida a través de la construcción de obras que aglutinen características tales como la "humanización" de los grandes edificios, mediante el diseño adecuado para que resulten atractivos e integren a sus ocupantes, puesto que los espacios que no son valorados por los ocupantes sobrevienen en des-uso y la Entropía se manifiesta en ellos, según se analizó en el apartado IV.2.

Ese propósito de humanizar las urbanizaciones conformadas por edificios, se refiere a aspectos como la disminución de los espacios urbanos ociosos y la revitalización de infraestructuras existentes, a objeto de crear construcciones de uso mixto, e. g. áreas peatonales, vecindades en edificios que se integren unos con otros, lotes para construcciones unifamiliares y lugares para trabajo; y alejar de estos espacios los estacionamientos para automóviles. Se trata así de contribuir al mejoramiento de la calidad de los ambientes para vivir, trabajar y esparcir. Es pertinente anotar que este tipo de propósitos están siendo alcanzados en algunos desarrollos Sostenibles Europeos (Vauban, 1999).

Lo opuesto a estos objetivos ocurre en los desarrollos de uso único y por determinados horarios, entre los que se pueden citar los grandes centros de compras, escuelas e incluso oficinas. Semejantes concepciones urbanas de baja densidad habitacional demandan mucha superficie de tierra, en desmedro de la agricultura y de hábitats naturales, además de que producen excesiva dependencia de vehículos particulares para transportarse, con los consiguientes impactos negativos.

Otro aspecto social del principio que nos ocupa, se relaciona con los costes ambientales y sociales que implican las obras de construcción (externalidades), los cuales tienen origen en el hecho de que la producción es de propietarios privados bien identificados, en tanto que los receptáculos de la contaminación y otros desperdicios provenientes de esa producción son el aire, las aguas y suelos, que pertenecen a la sociedad en general, y por tanto no existe motivación para que alguna persona o grupo los administre con el celo dispensados a los bienes de producción privados.

Este asunto tiene relación directamente con el Sector de la Construcción, vía los costes de sus productos y servicios; muchos de los cuales son externalidades, o sea que el beneficiario de sus residuos es el medio ambiente, siendo hasta ahora la sociedad en su conjunto quien paga los costes a través de impactos a la salud, disminución de la calidad de vida, contaminación y un largo etcétera.

Es urgente, entonces, que el Sector de la Construcción se plantee una actitud solidaria para que los costes sociales y ambientales de las construcciones, no sean trasladados en su totalidad a las actuales y futuras generaciones de la sociedad. En ese sentido, la adición a las normas ISO 14 000 por parte de cada vez más empresas, contribuye a mejorar la situación comentada mediante la adopción voluntaria de políticas y prácticas Sostenibles (ISO, 1998).

También se puede orientar este principio de Sostenibilidad a la distribución de los beneficios sociales de la construcción; a los que, cuando no sea posible

acceder mediante el usufructo directo de las obras, podrían canalizarse beneficios a través de la creación de empleos en las etapas de construcción y mantenimiento. Sobre el particular, la Agenda 21 recomienda el uso intensivo de mano de obra para favorecer a comunidades y regiones muy pobladas que requieren fuentes de trabajo. Esta idea subyace en las políticas de algunos países Latinoamericanos, sobre todo en la construcción de obras públicas.

En otro orden de cosas, y como corolario de este capítulo, con anterioridad se ha dicho que la Sostenibilidad está permeando varios campos del saber y del hacer. Con relación al tema urbano, que para el caso es el ámbito donde se inscribe la Construcción Sostenible, las referencias más explícitas se ubican en los objetivos de la Agenda del Hábitat (UNCHS, 1996), la Carta de Aarlborg (CARTA, 1994) y el Plan de Lisboa (PLAN, 1996).

El principal documento emanado de la conferencia internacional para los asentamientos humanos denominada *Hábitat II* (UNCHS, 1996), contiene temas similares a los principios de la Construcción Sostenible, referidos a la prevención de la contaminación, respeto a la capacidad de carga de los ecosistemas, preservación de oportunidades para las futuras generaciones, entre otros. En tanto que la Carta de Aarlborg y el Plan de Lisboa hacen declaraciones de principios y estrategias Sostenibles a nivel de planificación ambiental amplia o a escala municipal, enfatizando en el proceso de preparación de las agendas 21 locales.

Además de los conceptos y buenos propósitos se espera que estas iniciativas promuevan planes y programas enmarcados en procesos de planificación Sostenible, que en ocasión de ser instrumentados requieran la realización de proyectos de Construcción Sostenible.

Así pues, la Construcción Sostenible no siempre partirá de las necesidades, restricciones e información del propio Sector de la Construcción, sino que a menudo sería un instrumento coadyuvante con la implementación de acciones de Desarrollo Sostenible.

CAPÍTULO VII

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

- 1. Planificación (prediseño)**
- 2. Diseño arquitectónico y de servicios**
- 3. Diseño estructural**

Introducción. Todas las etapas de la construcción y vida útil de las edificaciones están íntimamente relacionadas; no obstante, por razones de orden, y una vez establecidos los principios de Sostenibilidad y las definiciones pertinentes en el capítulo anterior, se estima conveniente dividir el proceso genérico de Construcción Sostenible, en tres capítulos que aborden la planificación y diseño del proyecto, los materiales y el procedimiento de construcción *per se*, así como la operación, demolición y desconstrucción de los edificios.

Las actividades de planificación del proyecto de un edificio en el que se pretenda incorporar los principios de Sostenibilidad, empiezan por delinear las ideas que se tienen sobre el tema, y a hacer investigaciones y acopio de información para llevar a cabo el diseño, el cual contemplará soluciones detalladas a ser materializadas mediante el proceso de construcción. En los apartados siguientes se exponen las actividades a realizar, teniendo en mente el concepto y los principios de Sostenibilidad, pues lo que aquí se explica no son los procedimientos tradicionales para concebir y materializar una obra de construcción, sino las innovaciones que transformen la construcción tradicional en Construcción Sostenible.

1. PLANIFICACIÓN O PREDISEÑO DEL PROYECTO

Este concepto de planificación no se refiere a la preparación de un plan general o maestro, sino a los requerimientos iniciales para imprimir una orientación Sostenible al diseño de un(os) edificio(s) y a su entorno más inmediato.

Por ser la planificación (a la que también en este caso se le llama pre-diseño) el primer paso del proceso genérico de construcción, es también la fase crítica para incorporar la orientación que sugieren los principios Sostenibles. Las decisiones que se tomen en esta etapa señalarán el rumbo que seguirá el proyecto, además de que influenciará los costes que tendrá la versión a construir, pues se definirán aspectos especiales relativos a la selección del sitio que ocupará la obra, tipo de diseño y de materiales, procedimientos de construcción y la modalidad de mantenimiento que se le dará al edificio.

En el diseño Sostenible los proyectistas pueden obtener los resultados más ventajosos mediante la integración de varios sistemas y componentes, como partes independientes del proyecto; esta modalidad ha sido denominada proceso de diseño integrado. Esta forma de diseño se puede ilustrar con la estrategia de diseño solar pasivo la cual combina orientación, arquitectura, características mecánicas y eléctricas, en una forma sistemática que propicia la obtención de un edificio más funcional y satisfactorio para los ocupantes.

Es pertinente comentar que en este proceso inicial de la planificación se conforma el equipo de trabajo que hará posible la incorporación de los conceptos y principios de Sostenibilidad al proyecto. A ese grupo de trabajo se pueden adherir una amplia variedad de integrantes, tales como planificadores, arquitectos, ingenieros, consultores, contratistas, autoridades locales, proveedores de servicios, administradores y, en forma importante, el (los) propietario(s) de la obra. En la figura VII.1 se ejemplifica la organización del equipo multidisciplinario de trabajo, el cual presenta la composición orgánica tradicional, con la diferencia cualitativa de que sus miembros deben tener la convicción de la Sostenibilidad.

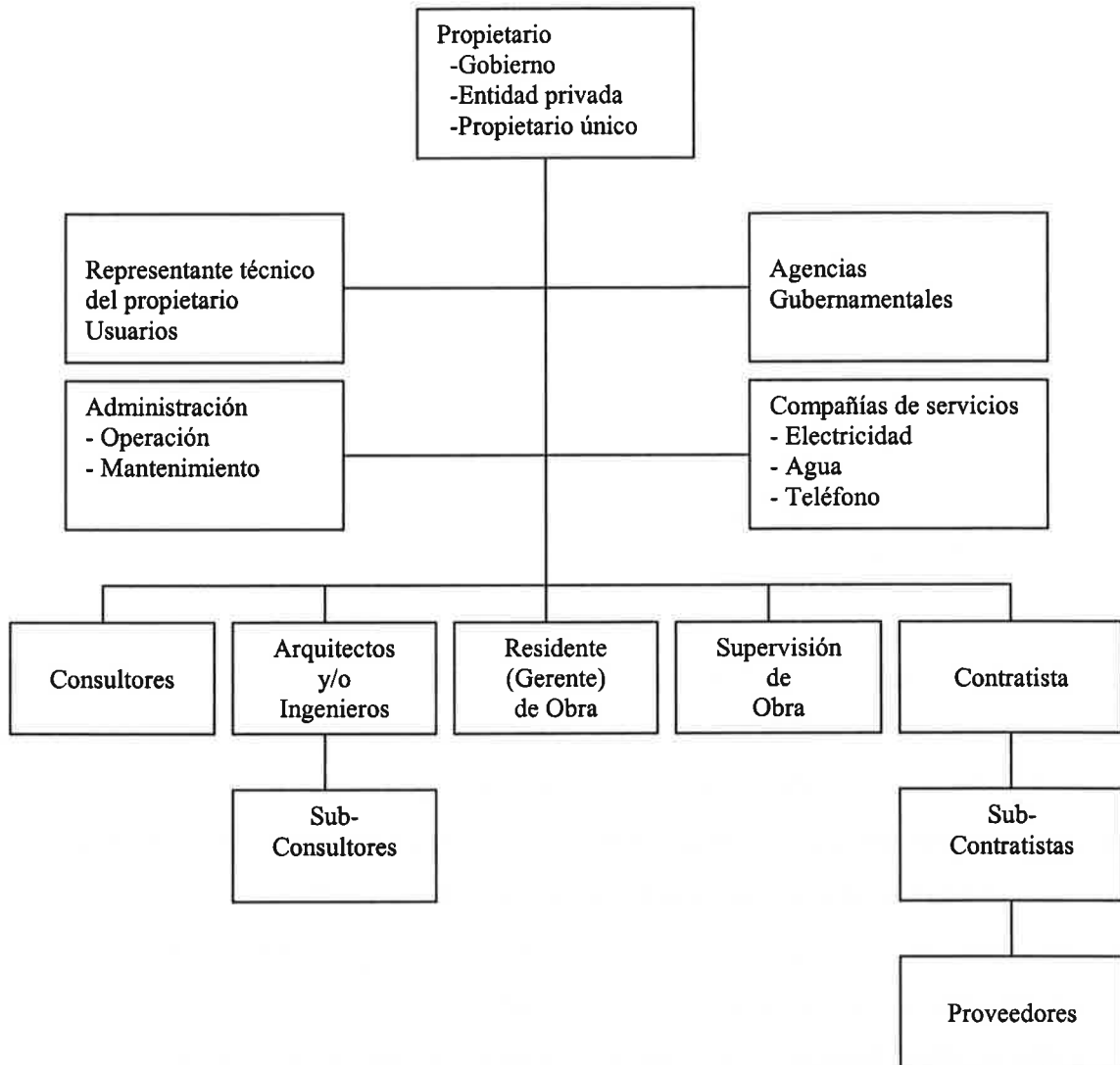


Figura VII. 1. Organización típica del equipo de trabajo para proyectos de construcción.

Lo primero que debe hacer este grupo de trabajo es recibir instrucciones homogéneas de parte de un especialista en el tema, para asegurar que todos los miembros comprenden a plenitud los objetivos Sostenibles, visualizando aspectos más allá de sus propias disciplinas, experiencias e intereses.

El primer bloque de actividades a realizar por el equipo de Construcción Sostenible, según se estableció en la tabla VI.2, es definir articuladamente una visión de objetivos que se comprometan con esa modalidad de Construcción. Es, por tanto, el punto de partida para las actividades que se describen a continuación:

- Las trabajos a desarrollar por los miembros del equipo abarcarán todas las etapas del proyecto; desde la selección del sitio, pasando por la construcción y prolongándose hasta el inicio de la ocupación de la obra por los usuarios. Quien organice al grupo de trabajo (que será la autoridad de construcción local, el propietario o su representante técnico), deberá verificar que los candidatos a integrarlo posean criterios y convicciones Sostenibles, y de ser posible que tengan experiencia en proyectos ambientales, por supuesto además de experiencia en la construcción tradicional. De entre ellos se seleccionará un líder que sea capaz de aglutinar a todos los miembros del equipo, y de comunicarse fácilmente incluso con el propietario del proyecto.

En esta etapa de planificación debe seleccionarse también al contratista que realizará las obras. Derivado de las características que diferencian a un proyecto de orientación Sostenible, el procedimiento de adjudicación no necesariamente sería el habitual (que en obras grandes suele ser por concurso), sino que el propietario ponderaría la selección de un contratista con interés en el tipo de proyecto en cuestión, o bien se preseleccionaría al mencionado contratista y posteriormente se efectuaría el concurso de adjudicación para los sub-contratistas. Pero independientemente de cómo se asigne la obra, deben definirse en forma cuidadosa las especificaciones, estableciendo claramente en el contrato los casos de sustitución de productos Sostenibles (ecológicos, reciclados, etc.).

- Emanadas de esta visión, y en función de las necesidades y conveniencias del propietario, se establecerán *metas* que aunque no sean muy específicas se apoyen en compromisos *Sostenibles*; e. g. eficiencia energética, calidad ambiental interna y en el entorno del edificio, minimización de residuos, entre otras. En el caso de que el cliente sea una agencia gubernamental, seguramente se contará de antemano con políticas Sostenibles relacionadas con el tipo de metas referidas.

- *Establecimiento de criterios Sostenibles para el diseño.* Los criterios de diseño, que deben ser más específicos que el lineamiento de metas anterior, deben comenzar por clarificar los aspectos más relevantes del proyecto; por

ejemplo, la inclusión de ideas para incrementar el uso de energía renovable en relación a la convencional, proporcionar información general para mejorar la calidad ambiental interna del edificio, conservar recursos naturales y reciclar. También se contemplará la utilización del análisis del ciclo de vida para valorar los impactos ambientales de los materiales.

- *Fijar prioridades para el diseño del proyecto.* Estas prioridades se deducirán de la visión de compromisos, metas y criterios de diseño y se apoyarán en la política ambiental del proyecto. El grupo de trabajo puede decidir, por ejemplo, que la eficiencia energética, la calidad del ambiente interior, o la combinación de criterios sean las principales prioridades del proyecto.

Los criterios de diseño requieren ser prioridades en el contexto del presupuesto del proyecto y en el marco de las restricciones del programa de trabajo. El establecimiento de prioridades proporcionará la dirección crítica requerida por el equipo de trabajo para tomar decisiones relacionadas con el diseño y la selección de materiales, productos y sistemas a utilizar.

- *Programa de trabajo.* La programación de actividades desde el punto de vista de la Sostenibilidad incluye la descripción general del proyecto, así como la particularización de cada área que debe contener la visión y las metas Sostenibles, el criterio de diseño y las prioridades. Más específicamente, deben establecerse pautas para el uso eficiente de energía convencional y renovable, calidad del aire interno, selección de materiales y cualquiera otra iniciativa Sostenible.

Adicionalmente debe tomarse en cuenta a la comunidad en el contexto de la obra a construir, y reflejar los aspectos culturales y climáticos locales.

- *Estimación del presupuesto.* Esta valoración abarcará los costes y gastos de las fases de diseño y construcción, incluso los que se ocasionen por las medidas Sostenibles a tomar, como pueden ser la incorporación del análisis del ciclo de vida, contratación de consultoría especializada en el tema de

Sostenibilidad, imprevistos que requieran investigación derivado de lo relativamente novedoso del tema, entre otros.

- *Leyes y normas.* Adicionalmente a los reglamentos locales se preparará una lista de normas y disposiciones que sean relevantes desde el punto de vista Sostenible, dependiendo de las diferentes particularidades locales seguramente habrá algunas relativas a calidad y eficiencia de la energía, ciclo de vida, gestión de residuos de la construcción, contaminación, entre otras.

- *Investigación.* Indagar sobre proyectos Sostenibles o de tipo ambiental previo al diseño del proyecto, puede ser una buena manera de captar e intercambiar experiencias para complementar la información práctica a los miembros del equipo de trabajo; es igualmente interesante interrelacionar con los grupos de trabajo de esos proyectos para establecer una retroalimentación conveniente para todos.

- *Selección de la parcela.* Quizás en la mayoría de los proyectos la selección del sitio donde se construirá el edificio es hecha previamente a la etapa del diseño. Idealmente el grupo de trabajo debería ser involucrado en esta selección, para que en la ubicación se tomaran en cuenta los principios Sostenibles, por ejemplo las ventajas solares, vegetación existente, topografía y geología naturales, y otras posibilidades propias de cada lugar.

La selección del sitio comienza con la estimación del grado de uso de recursos naturales que posea, y de los impactos potenciales a los sistemas naturales por parte de la construcción a diseñar. La tabla VII.2 contiene la información a recabar para proceder al diseño en cuestión.

Tabla VII.1. Relación de conceptos básicos a considerar en el diseño Sostenible.

- **Aspector urbanos.**

- Acceso al lugar mediante transporte público, calles para viandantes y pistas para bicicletas.
- Atención a la cultura e historia de la comunidad.
- Características climáticas que puedan afectar al diseño de los edificios o a los materiales a utilizar.
- Incentivos locales, políticas y regulaciones que promuevan el diseño sostenible.
- Infraestructura comunal para aprovechar residuos de demolición y para el reciclaje.
- Disponibilidad regional de productos ambientales.
- Información técnica del sitio (geografía, topografía, hidrografía, insolación, vientos, tipo y uso de suelos, forma y acceso de la parcela, desarrollos urbanos vecinos existentes y propuestos).
- Características climáticas específicas.
- Calidad del aire.
- Calidad del suelo y de las aguas subterráneas (residuos químicos y contaminación de aguas freáticas).
- Ecosistemas y especies en peligro de extinción.
- Vegetación existente (Inventario de tipo y estimación de cantidades).
- Aspectos naturales potencialmente peligrosos (vientos, inundaciones, deslaves, aludes).
- Redes de transporte, de carreteras y de otros servicios.
- Rutas para viandantes, ciclistas, aparcamientos.
- Revisión de posibilidad de uso de la infraestructura del transporte local (tipo, capacidad).
- Identificación de restricciones físicas y requerimientos especiales para la construcción.
- Identificación de normas locales de ruido.
- Lugares históricos y culturales susceptibles de daño o de restauración.
- Estilos arquitectónicos de la zona dignos de ser incorporados al proyecto.

- **Eficiencia energética y energía renovable.**
 - Orientación de los edificios para aprovechar el acceso solar, la sombra y la iluminación natural.
 - Efectos de microclima en los edificios.
 - Eficiencia térmica de la cobertura exterior de los edificios.
 - Eficiencia de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
 - Fuentes alternativas de energía.
 - Minimización de cargas eléctricas para iluminación y equipos.
 - Incentivos a la energía no convencional para balancear costes.

- **Impactos ambientales directos e indirectos.**
 - Conservación de la integridad del sitio y de la vegetación durante la construcción.
 - Gestión de pesticidas en forma adecuada.
 - Uso de plantas nativas en las áreas verdes.
 - Minimización de la contaminación de acuíferos.
 - Efecto de la selección de materiales en el agotamiento de recursos naturales y en la contaminación de aire y agua.
 - Uso de materiales de construcción locales.
 - Cantidad de energía usada para producir materiales de construcción.

- **Conservación de recursos y reciclamiento.**
 - Uso de productos reciclables y con contenidos reciclados.
 - Reuso de componentes de la construcción, así como de equipos y muebles.
 - Minimización de residuos de la construcción y escombros de demolición a través del reuso y reciclaje.
 - Fácil acceso a las instalaciones de reciclaje para los ocupantes de los edificios.
 - Minimización de residuos sanitarios mediante el reuso de aguas grises y de instalaciones ahorradoras de agua.
 - Almacenamiento y uso de agua de lluvia para riego.
 - Conservación de agua en operaciones de construcción.
 - Uso de métodos alternativos para tratamiento de aguas servidas.

- **Calidad ambiental interna**

- Contenido de sustancias orgánicas volátiles en materiales de construcción.
- Minimización de oportunidades para el crecimiento microbial.
- Abastecimiento adecuado de agua potable.
- Contenido químico y volátil en materiales para limpieza y mantenimiento.
- Minimización de máquinas automáticas para ventas y ocupantes contaminadores.
- Adecuado control acústico.
- Acceso a luz natural y distracciones públicas.

En esta etapa de la selección de la parcela habrá de considerarse la mejor orientación de los edificios, para sacar partido de las condiciones naturales a favor de los requerimientos Sostenibles. Esa orientación debe permitir el aprovechamiento de la sombra y de las corrientes de aire para refrescar en las temporadas calurosas, y calentar con energía pasiva en épocas frías. Si se proponen colectores solares o fotovoltaicos, la orientación debe permitir el máximo acceso de la luz del sol.

- *Minimización de sombras.* Las áreas destinadas a paisaje y zonas verdes, espacios abiertos y campos de aireación séptica, son lugares que deben estar soleados.

- *Preservar y utilizar la vegetación nativa.* Este tipo de vegetación aclimatizada al sitio es la que menos mantenimiento requerirá, servirá para moderar las condiciones del ambiente y para proporcionar protección a la vida silvestre, si la hubiese.

- *Prever el uso total del espacio.* Ubicar convenientemente los caminos de acceso, las áreas de paisaje y las estructuras secundarias para canalizar el viento hacia los edificios principales para refrescarlos, o para evitar corrientes de aire que propicien pérdidas de calefacción.

- *Considerar microclimas.* Crear o modificar microclimas para maximizar el confort humano durante el uso de áreas de esparcimiento (plazas, áreas de descanso).

- *Identificar métodos de construcción locales.* Considerar la adopción de estrategias constructivas que tradicionalmente han demostrado ser eficientes para ventilación, aprovechamiento de brisas, ventajas solares, microclimas.

- *Planear etapas de construcción secuenciales.* Este concepto se refiere a la buena coordinación que debe haber entre los subcontratistas, para que sincronicen su participación en las medidas que haya acordado el equipo de trabajo, para ser aplicadas a lo largo de todo el proceso de construcción.

Como se habrá advertido, la fase de planificación para tratar de incorporar los principios de la Sostenibilidad en el proyecto de edificios, sólo enfatiza en los aspectos que puedan influir Sosteniblemente en un proyecto; es decir, aquí no se ha tratado de plantear exhaustivamente la etapa de pre-diseño convencional de los edificios, sino de delinear la modalidad de diseño a adoptar

2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y DE SERVICIOS

Los diseñadores o proyectistas de edificios y servicios complementarios tienen un papel clave en el Sector de la Construcción, ya sea que estén conscientes o no de esa importancia; pues regularmente deben seleccionar entre alternativas de mayor o menor impacto ambiental y social. Es por eso que, utilizando la información de la etapa de planificación, se trata de desarrollar en el diseño las medidas que puedan inducir los criterios y principios Sostenibles en el proyecto a construir.

Igual que en la etapa anterior, en ésta no se trata de abordar componentes que regularmente intervienen en el diseño convencional, sino complementar el diseño de elementos que incorporen algunas de las ideas de Sostenibilidad en la construcción y operación de los edificios, tales como la conservación de energía y

de recursos naturales, creación de ambientes internos sanos, toma de decisiones para seleccionar materiales ambientalmente amigables, entre otras que se plantean al exponer a continuación algunos elementos de diseño Sostenible.

Uso de energía solar en los edificios. La optimización en el uso de energía está en función directa del aislamiento que haya entre los ambientes interno y externo del edificio, por lo cual de entrada se hacen algunas consideraciones relacionadas con la cobertura o envoltura que debe tener el edificio con fines de lograr esa barrera; posteriormente se desarrolla la utilización de la energía solar en los edificios.

Cobertura externa de edificios. La envoltura está formada por materiales estructurales y acabados que separan el interior del exterior. Esta división debe balancear las necesidades de ventilación e iluminación con la protección térmica y contra la humedad, según las condiciones del lugar.

El tipo de envoltura es un factor principal para la determinación de la energía que requerirá el edificio durante su funcionamiento. Desde el punto de vista de los principios Sostenibles, es muy conveniente hacer un diseño que posibilite el uso solar pasivo.

Uno de los factores que más influyen en el diseño de esta especie de “piel” del edificio es el clima. En efecto, los climas caliente/seco, caliente/húmedo, templado y frío requerirán diferentes estrategias de diseño. Otro factor a tomar en cuenta es el tipo de actividades que se desarrollarán en el edificio. En función de éstos y otros factores específicos deben hacerse las siguientes consideraciones:

- En climas calientes y secos es conveniente la utilización de materiales con alta masa térmica (adobe, mampostería); los elementos con un espesor adecuado disminuirán y retardarán los impactos de las variaciones térmicas; las fachadas orientadas hacia el sur, permitirán el acceso del sol en invierno y lo evitarán en verano, en tanto que las orientadas al norte y oeste están limitadas para tomar ventajas de dichas características.

- En los climas calientes y húmedos, donde las temperaturas nocturnas no bajan considerablemente con respecto al día, son preferibles los materiales ligeros con pequeña capacidad térmica; los techos y muros pueden ser protegidos con plantas y aleros.

- En climas templados es menester la determinación de la capacidad térmica de los materiales, lo que se hará en atención a las condiciones de cada lugar.

- En los climas fríos, o muy fríos, la capacidad térmica de los materiales a utilizar dependerá del uso que se dará al edificio y de la estrategia de calefacción a emplear. Un edificio que vaya a ser calentado convencionalmente y que se ocupará intermitentemente, no debe ser construido con materiales de alta masa térmica porque alargaría el tiempo para recalentarlo, en tanto que tratar de calentarlo con energía solar requeriría la incorporación masiva de materiales, si no en la envoltura, sí en otros elementos constructivos.

Un edificio cuadrangular será más eficiente térmicamente que uno rectangular, porque tiene menos área sobre la que se pierda o gane calor; no obstante, puede no ser la forma más eficiente o deseable cuando otras consideraciones sean involucradas (iluminación natural, calentamiento y enfriamiento solar pasivos, patrones de uso de los ocupantes).

Diseño solar pasivo. Este concepto se refiere al diseño arquitectónico que permite minimizar el consumo de energía, combinando el uso de aparatos convencionales (ventiladores, lámparas, bombas y otros equipos) con elementos de diseño pasivo (acabados externos eficientes y aislantes, ventanas en número y dimensiones adecuadas para facilitar el ingreso de luz y aire naturales). En otras palabras, se trata de un diseño que balancea los usos rutinarios de energía requeridos en iluminación, calefacción, aire fresco y ventilación.

El objetivo de este procedimiento híbrido es controlar la entrada de sol, luz, calor y aire, para que ocurra sólo cuando se requiera, lo que propicia los siguientes beneficios:

- * Ahorro en energía. Disminuye los pagos por concepto de energía.
- * Inversión. Mayor plusvalía del inmueble, al basar la inversión de instalaciones energéticas en el ciclo de vida de los componentes del edificio, y al disminuir la dependencia de futuros incrementos en el precio de la energía.
- * Confort. Aumento del bienestar térmico, menos sonidos y desperfectos mecánicos.
- * Productividad. Está demostrado que los ocupantes de edificios incrementan su productividad y disminuyen el abstencionismo, si trabajan en espacios con luz natural o con sistemas de iluminación de alta calidad (ROODMAN, 1995; OSSO, 1996).
- * Bajo mantenimiento. Se reducen los gastos por concepto de mantenimiento al haber menos instalaciones mecánicas.
- * Medio ambiente. Al disminuir el uso de energía fósil, habrá menos impactos ambientales.
- * Mejor ubicación del inmueble. Maximiza la ubicación del sitio a seleccionar, al extremarse cuidados en la orientación y forma del lote.
- * Concientización. Ilustra a los propietarios y ocupantes del edificio sobre la factibilidad y conveniencia de utilizar energías alternas.

El aprovechamiento de la orientación hacia el sur es el procedimiento más común de calentamiento solar pasivo. El sol es admitido al espacio a ser calentado mediante los cristales y es absorbido por los materiales de masa térmica; también se utilizan los atrios y espacios soleados. El calentamiento solar funciona con éxito en muchos tipos de edificios, ante todo en los residenciales y

pequeños comercios e industrias, particularmente por el tipo de cobertura que tienen este tipo de edificios (FORUM Vauban, 1999).

Luz natural. Iluminar naturalmente significa proporcionar luz solar al interior del edificio mediante un diseño que la haga tan, o más, eficiente que la luz proveniente de una fuente artificial. Esto permite reducir la demanda de energía convencional, abatiendo los costes monetarios y ambientales que se le asocian, además de propiciar un ambiente más sano y estimulante que la luz artificial, permitiendo un incremento en la productividad de al menos 15% (ROMM, 1994).

El diseñador debe establecer los niveles de iluminación requeridos para satisfacer las necesidades de los ocupantes, en función de las actividades que desarrollarán. Por cierto que los niveles de iluminación se han reducido en las últimas décadas, debido a la aceptación generalizada de que la iluminación puede disminuirse cuando la calidad es alta y el reflejo superficial es óptimo.

Desde la fase de planificación debe preverse la localización, forma y orientación del edificio, si ha de incluirse luz natural para cubrir parcialmente las necesidades. En el diseño se especificarán los acabados considerando los valores de reflectancia esperados en muros, plafones y pisos.

Diseño solar activo. Este tipo de diseño aprovecha el sol para proporcionar energía a ser utilizada principalmente, por ahora, en usos domésticos. La aplicación más frecuente es para calentar agua, debido a que las instalaciones y el proceso son relativamente sencillos; los principales componentes de un sistema de este tipo son los paneles colectores, los conductos por donde circula el agua entre los colectores y el almacenamiento, el tanque de almacenamiento, el dispositivo de control y un equipo de calentamiento de reserva.

El sistema puede ser dimensionado para proporcionar servicio combinado para piscina, cocina y ducha, y para calentar habitaciones. Para este último caso se necesita un receptáculo para almacenar el agua caliente e instalaciones para la distribución en el área a calentar, característica ésta que complica un tanto el sistema.

Las consideraciones generales para el diseño de las instalaciones son: determinar si el clima y el uso del edificio son apropiados para operar un sistema de calentamiento como el descrito, en caso de serlo definir una localización adecuada para los colectores en, o cerca, del edificio, diseñar los colectores en concordancia a las condiciones reinantes del tiempo, considerar pérdidas de calor del sistema, evitar el sobre-dimensionamiento para asegurar la duración del equipo, en lo posible minimizar el control y el mantenimiento, y estimar la factibilidad financiera del sistema.

Por otra parte, también existe la tecnología fotovoltaica para convertir directamente la energía del sol en electricidad, mediante el uso de celdas solares. Los paneles fotovoltaicos producen corriente directa, que es diferente a la corriente alterna usada en la mayoría de los edificios, siendo fácilmente almacenada en baterías; se requiere un convertidor para transformar la corriente directa en alterna (FORUM Vauban,1999).

El sistema casi no requiere mantenimiento y parece tener una larga vida útil. El funcionamiento no es contaminante y hasta ahora el uso del sol para este propósito es gratis. Si a estas características se le añaden la simplicidad de operación, el mínimo uso de recursos naturales y la renovación permanente de la materia prima que utiliza, esta es una tecnología Sostenible por excelencia.

En los edificios existentes se pueden instalar bastidores o marcos para colocar las celdas fotovoltaicas, con inclinación orientada hacia el sol para aumentar la eficiencia. Los edificios comerciales que tienen largas azoteas expuestas al sol son buenos candidatos para estas instalaciones.

Los edificios nuevos se deben proyectar con superficies en pendiente para optimizar la exposición de las celdas al sol; estos paneles pueden incluso diseñarse para ser integrados a los aditamentos para producir sombra en ventanas y aleros, lo que evita que los rayos solares entren directamente por las ventanas, al tiempo que produce electricidad a partir de rayos solares que de otra manera serían reflejados por dichos aditamentos.

Esta forma de producir electricidad es útil en zonas apartadas o de difícil acceso, (una parte de la telefonía rural de México es electrificada de esta manera). En general, los artefactos que operan con baterías de 12 voltios, o menos, pueden funcionar directamente con la electricidad producida por estas celdas, porque no requieren que se transforme la corriente directa.

Optimización de los sistemas mecánicos de servicios. La operación de sistemas de aireación ambientalmente sanos y energéticamente eficientes, tienen impactos positivos a mediano y largo plazos en el coste y eficiencia de operación de los edificios, y como consecuencia en la productividad de los ocupantes. Derivado de esas consecuencias positivas, se estima oportuno analizar algunos detalles del diseño de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, así como de la iluminación y de los equipos de potencia.

- Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA). El objetivo de estos sistemas ambientalmente sanos, es satisfacer las necesidades de los ocupantes de la manera más eficiente y ecológica posible, y a precios razonables.

Estas soluciones toman en cuenta factores como la orientación hacia el sol, masa térmica, aislamiento, selección de materiales, ubicación y tipo de puertas y ventanas. Dichos sistemas están integrados por varias clases de artefactos incluyendo ventiladores, bombas, enfriadores/compresores y equipo de transferencia de calor.

El criterio de diseño debe reflejar el uso del edificio, los patrones de ocupación, densidad, posibilidad de diseño solar pasivo, niveles de iluminación, rangos de confort y necesidades específicas. Al propio tiempo deben preverse los mecanismos de control consistentes en control de temperatura y humedad, calendario de operación (horario diario, vacaciones y variaciones estacionales), modos de operación, alarmas, gestión de mantenimiento, monitoreo y ajuste remotos.

Con la finalidad de mejorar la eficiencia, adicionalmente a las medidas adoptadas, se sugiere el uso de motores de alta eficiencia por su capacidad de ahorro de energía, larga vida útil y reducidos costes de mantenimiento, asimismo se recomienda la instalación de controladores de velocidad variables para equipos de carga variable.

El balance de energía y la calidad del aire del interior de los edificios pueden ser bien articulados a través de estrategias de diseño, e. g. prever instalaciones separadas de conductos de extracción de aire altamente contaminado (cocinas, fotocopiadoras); instalación de reguladores de aire que proporcionen la certeza de un buen control; selección de difusores con altos radios de inducción y bajas caídas de presión; instalación de sensores detectores de dióxido de carbono, compuestos volátiles y orgánicos; instalación de filtros para aire.

- Iluminación artificial. Este tipo de luz constituye el consumo del 20-30% del total de la energía utilizada en los edificios comerciales, y generalmente se desperdicia o es innecesaria una buena parte de ella. La reducción en el consumo de esa energía puede lograrse con el uso parcial de luz natural, empleando tecnología avanzada de iluminación y/o mediante el diseño eficiente de instalaciones.

Desde un enfoque Sostenible, los factores que intervienen en la iluminación son la forma, la orientación y el diseño de la envoltura del edificio. El análisis lumínico actual puede incluir sofisticaciones tales como la simulación.

Como en muchas otras cosas, en materia de iluminación la calidad es más importante que la cantidad. Y la calidad involucra factores como: límites de radios de iluminación, reflejo, sombras, color, intensidad.

El diseñador debe coordinar el plan de iluminación con la disposición del mobiliario, la disponibilidad de luz en áreas para viandantes, salas de estar y de recreación, y de otros servicios públicos donde la variación del color, la intensidad y la dirección de la luz son importantes.

En los edificios modernos, llamados "inteligentes", se usan sensores de ocupación que detectan a los ocupantes cuando están en un espacio, y cuando no lo están accionan los apagadores de las lámparas, esto significa un ahorro potencial de hasta un 60% de energía, dependiendo del tipo de área ocupada; las señales de salida de ese tipo de edificios, usan ahora solo 1-6 Watts en comparación con los 40 Watts que requieren las antiguas.

- Sistemas de potencia eléctrica. La demanda de energía en los edificios se ha incrementado en los últimos tres lustros, debido principalmente a la revolución de los equipos de oficina (aparatos de telecomunicación, computadoras personales, redes de información, fotocopiadoras, impresoras) y de los artefactos domésticos (hornos microondas, lavavajillas, videocaseteras). El consumo de energía de estos equipos se equipara con la que requieren las instalaciones mecánicas y de iluminación de los edificios. Por tanto los diseñadores deben advertir a los usuarios, de alguna manera, sobre el impacto que causa ese consumo, y en algunos casos propiciar sucedáneos más eficientes.

Entre los costes ambientales indirectos del consumo de energía asociado al equipo de oficina, está la liberación a la atmósfera de cantidades significativas de dióxido de carbono, dióxido sulfuroso y óxido de nitrógeno, pues la fabricación de equipos automáticos y el uso masivo de sistemas de telecomunicaciones lo ha inducido.

También la tecnología para oficinas contribuye a la contaminación electromagnética en los lugares de trabajo, el tema empieza a investigarse y a ser de interés público; las emisiones de radio, frecuencias de mecanismos electrónicos y sus cables intercomunicados pueden causar interferencias mutuas. También cuando se asocian con microondas provenientes de hornos, teléfonos móviles y señales de satélite pueden ser dañinas para la salud de los ocupantes, aunque es oportuno comentar que aún se requiere mucha investigación para que haya consenso sobre este tema.

Las consideraciones de diseño deben tomar en cuenta puntos de interés tales como: especificar la eficiencia energética del equipo para oficina y de artefactos accesorios, incrementar el factor de potencia y dimensionar correctamente los conductores.

- Abastecimiento de agua. La distribución de agua en los edificios tiene dos impactos ambientales importantes: el uso directo de un recurso limitado y el consumo de energía utilizada para bombear, purificar, tratar y calentar el agua, que representa el 10% del consumo de energía (OSSO, 1996). Las áreas principales donde deben centrarse los esfuerzos racionalizadores son el equipo de bombeo, pérdidas en equipo para agua caliente y, en forma importante, en la red de tuberías distribuidoras. Sería interesante contemplar la posibilidad de controlar la temperatura del agua, en niveles aceptables para su uso y la instalación de calentadores solares.

Calidad del ambiente en el interior de los edificios. Con anterioridad se ha argumentado que la calidad del aire interno de los edificios es un tópico importante a considerar en las prácticas Sostenibles, con la advertencia de que el estudio del tema no data de mucho tiempo atrás. Con la presencia potencial de centenares de contaminantes diferentes en el ambiente interior, la identificación de problemas de la calidad del aire y sus soluciones se complican.

Así pues, aunque existe información de los efectos en la salud ocasionados por el mal funcionamiento de los servicios de ventilación y acondicionamiento térmico de los edificios, en realidad aún se requiere mucha investigación en este complicado campo. En ausencia de una información amplia y de un consenso sobre la materia, se comentan algunas particularidades a ser tomadas en cuenta en el diseño, las cuales son revisables en la medida que se disponga de más conocimientos y experiencia:

- Materiales de construcción, muebles y equipos. Estos ítems pueden emitir o absorber olores, partículas y compuestos orgánicos volátiles. En el caso de estos últimos, se pueden combinar con otros para formar nuevos compuestos químicos; también conjuntamente con las partículas pueden causar problemas de

salud a los ocupantes por inhalación o exposición. En presencia de humedad y temperatura adecuadas, algunos materiales representan nutrientes que facilitan la proliferación de moho y bacterias, que se tornan en micotoxinas y agentes alérgicos.

- Ocupantes. Debe enfatizarse que los ocupantes y los equipos que utilizan son los principales agentes contaminantes del interior de los edificios. La gente y sus mascotas son la mayor fuente de microorganismos y alergias en el ambiente interno, asimismo las actividades que llevan a cabo los ocupantes generan contaminación de diferentes magnitudes.

- Mantenimiento. Para efecto de las especificaciones, tómesese en consideración que las deficiencias o escasez de mantenimiento permiten la suciedad, polvo y olores; por otra parte, para efectuar el mantenimiento se acostumbra el uso de compuestos orgánicos volátiles, que como se ha dicho, son contaminantes.

En función de lo expuesto, desde el diseño debe fomentarse la calidad ambiental del interior de los edificios, mediante la inducción de cuatro medidas a tomar: *control de fuentes, control de la ventilación, control de los ocupantes y actividades de mantenimiento.*

Hay muchas fuentes de peligro potencial, a saber: materiales de construcción, muebles, equipos, actividades humanas, iluminación, ruido, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado; que deben ser controladas, reducidas o eliminadas para producir un ambiente más sano.

Algunas estrategias Sostenibles pueden ser la evaluación de materiales, productos y muebles en términos de su contribución de compuestos orgánicos. Un primer paso será establecer los límites aceptables de compuestos orgánicos volátiles, basados en regulaciones, efectos en la salud conocidos y opiniones de especialistas; otro paso más implicará investigar con los fabricantes las emisiones de los materiales para la construcción.

Aún cuando el control de la ventilación no siempre resuelve los problemas de contaminación interna de los edificios, sí es una de las principales fuentes potenciales que merece especial cuidado en las actividades de diseño. La localización de tomas de aire exterior deben ubicarse lejos de posibles fuentes contaminantes. Considérese la implantación de un régimen de no fumadores. Selecciónense productos de limpieza de baja emisión de contaminantes. Prever un plan de mantenimiento y limpieza que incluya el sistema de ventilación, alfombras, asientos, equipo de oficina y otros materiales de acabados.

Acústica. La emisión de ruidos aéreos (que se transmiten libremente por el aire) y estructurales (la fuente y transmisión está asociada a elementos constructivos), tiene un impacto significativo en la calidad y confort del ambiente de los edificios. Algunos espacios requieren sólo un ambiente relativamente adecuado para el trabajo en grupo de los ocupantes, en tanto que otros espacios para ejecutivos, salas de reuniones y conferencias tienen requerimientos particulares. En espacios abiertos de oficinas el sonido de fondo puede ser alto y de tonalidades que distraen a los ocupantes, disminuyendo su productividad.

Los ruidos provenientes del exterior deben ser tomados en cuenta, aunque si es producido por el tráfico, seguramente no podrá ser resuelto a cabalidad, y habrá que esperar que la industria automovilística contribuya a la solución con diseños más eficientes o que la planificación urbana logre reducirlo en su origen.

Será beneficioso que los diseñadores trabajen conjuntamente con los futuros usuarios de los edificios para establecer niveles de ruido, aislamiento de sonidos y privacidad. Es necesario prever la incorporación de soluciones acústicas en el diseño, especificando suelos blandos para las pisadas, o por medio de absorción si es aéreo, tanto en el local emisor como en el receptor.

Los acabados superficiales representan una característica importante, y pueden ser influenciados por colores y formas. También es de utilidad balancear materiales duros y suaves para reflejar o absorber los ecos de voces y otros ruidos y sonidos.

En el diseño arquitectónico se deben anticipar los espacios sensitivos al ruido, para ubicarlos en zonas del edificio que eviten tomar medidas costosas a futuro. También se puede combinar la solución diseñando barreras para atenuar sonidos, y construir apantallamientos para reducir los impactos de los sonidos externos.

Lo expuesto indica la conveniencia de considerar las propiedades acústicas al seleccionar las superficies de los acabados, y la especificación de materiales acústicos que satisfagan los criterios ambientales del proyecto (los plafones y alfombras convenientemente seleccionados serán de mucha utilidad). También tiene importancia la buena selección de los equipos mecánicos, a los cuales será conveniente determinarles los niveles de ruido para que se ajusten a las restricciones de los criterios acústicos del proyecto.

3. DISEÑO ESTRUCTURAL

Tradicionalmente el diseño de las estructuras para soportar los edificios ha requerido durabilidad, funcionalidad, estética y economía; ahora bajo el punto de vista Sostenible se requiere considerar adicionalmente al menos los conceptos ecológico y de salud, que según se ha comentado incluyen consumo de recursos naturales, generación de residuos, cuidado de la biodiversidad y ambiente interno sano.

La Ecología puede interpretarse como la Economía de la naturaleza (apartado III.4), susceptible de ser aplicada a la Ingeniería estructural y de materiales, en ocasión de considerar el análisis del ciclo de vida (ACV) al diseño, fabricación y gestión de materiales y productos para construcción.

Para involucrar estos conceptos en el proceso de diseño de las estructuras, es posible hacerlo a través del llamado diseño integrado de estructuras (SARJA, 1998). En la figura VII. 2 se observan las etapas principales de esa modalidad, que requiere analizar e interpretar los conceptos mencionados arriba para

traducirlos a especificaciones técnicas de las estructuras, crear alternativas de solución, incorporar el ACV, seleccionar la solución óptima y finalmente diseñar detalladamente esa solución estructural óptima.

Esta fase conceptual del diseño es decisiva para lograr efectivamente los beneficios potenciales que representa el ACV en el proceso de diseño estructural. Típicamente el diseño estructural tiene varias componentes aquí denominados módulos, los que tienen diferentes requerimientos, e. g. durabilidad y vida útil.

Para el análisis y diseño del ciclo, como se observa en la figura, el procedimiento se amplía a dos niveles Económicos: Economía monetaria y Economía de la naturaleza; los gastos se calculan a valor presente o en costes anuales deduciendo los gastos de manufactura, construcción, mantenimiento, cambios, reuso, reciclaje y disposición de residuos.

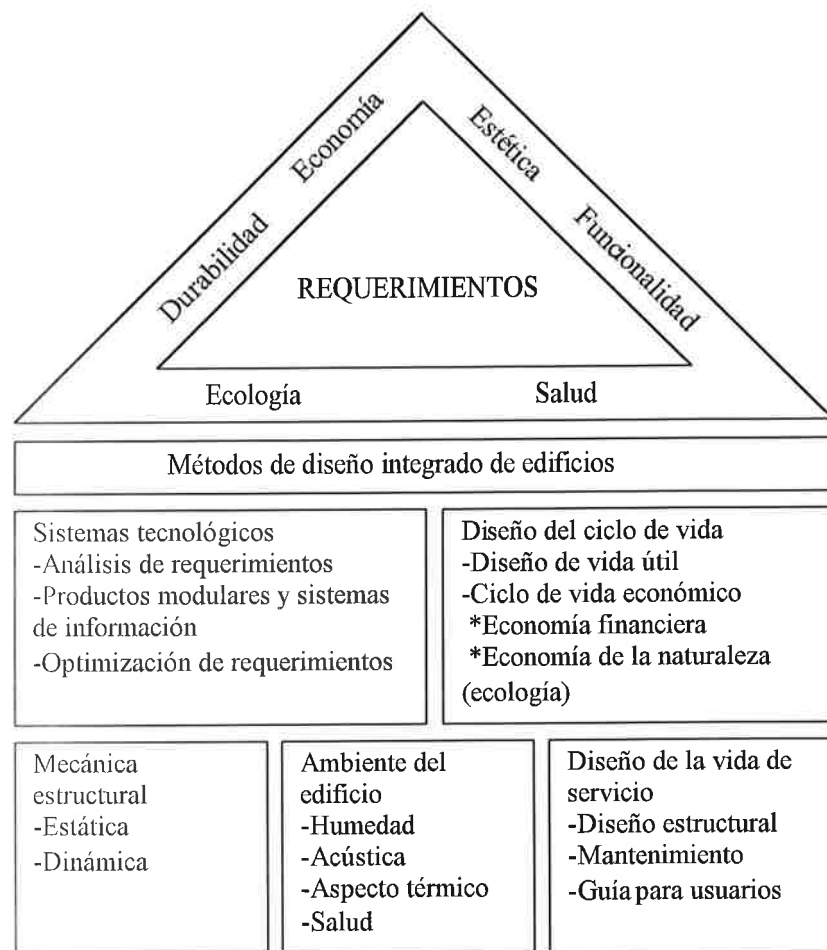


Figura VII. 2. Marco general del diseño Sostenible de estructuras.

Se recordará que para el caso los costes relacionados con la naturaleza son el uso de recursos naturales, la emisión de residuos y la contribución al calentamiento global. Estos impactos definen el perfil medioambiental de los sistemas de estructuras y de los servicios internos de los edificios, lo que generalmente incluye el consumo global y local de materias vírgenes y la generación de CO₂, CO, SO₂, NO_x, polvo, residuos sólidos y ruido.

Tabla VII. 2. Proceso de diseño integrado de estructuras.

Fuente: adaptada de (SARJA, 1998).

- Análisis de necesidades funcionales
 - Especificación del funcionamiento técnico y establecimiento de las alternativas de sistemas estructurales
- ↓
- Diseño ambiental
 - Análisis de los costes ambientales
 - Verificación de los criterios y necesidades ambientales
 - Desarrollo del sistema estructural
- ↓
- Aplicación del proceso de decisiones multicriterio y selección de la alternativa óptima
 - Definición de parámetros de funcionamiento
 - Deducción de los costes ambientales a partir del análisis de resultados
 - Definición de los factores de peso para el funcionamiento del sistema y para los costes ambientales
 - Selección de la mejor alternativa utilizando el método de decisiones multicriterio
- ↓
- Diseño mecánico, físico y de durabilidad
- ↓
- Desarrollo detallado del diseño integrado (con la incorporación del análisis del ciclo de vida.

Uno de los objetivos del diseño Sostenible debe ser la limitación y minimización de los costes ambientales, hasta valores permitidos. Algunos impactos ambientales como el ruido y la reducción de la biodiversidad, por ejemplo, no podrán ser calculados cuantitativamente, pero deben ser considerados separadamente durante el proceso de toma de decisiones para incorporarlos al diseño.

El procedimiento a seguir en la aplicación del método de diseño integrado, es el que se bosqueja en la tabla VII. 2.

La seguridad y el servicio mecánico de las estructuras se garantiza a través del diseño tradicional que involucra cálculos de estática y dinámica. El control técnico del servicio mecánico a lo largo de la vida útil es asegurado por el diseño de durabilidad. La protección a la salud de los ocupantes, ya se ha explicado que se prevé en el diseño de los servicios internos del edificio.

La selección final de una de las alternativas estructurales estudiadas, así como la elección de materiales y productos para esta fase estructural, se propone sea hecha mediante la aplicación del método de Decisiones Multicriterio, expuesto en el apartado V.5 de esta tesis.

Aplicar la técnica del diseño integrado en los proyectos Sostenibles supone un proceso arduo, porque además del cambio de mentalidad requerido en los Ingenieros estructuristas tradicionales, se tiene que lograr una forma de cooperación Sostenible con otros socios de la construcción que también deben ser concientizados.

Algunas particularidades de los elementos estructurales de los edificios. Como complemento al tema estructural visto desde el ángulo del diseño Sostenible, se comentan algunas particularidades de los principales componentes de los edificios, i.e. cimientos, marcos de soporte (estructura del edificio propiamente dicha), fachadas, cubiertas, particiones interiores.

Cimientos: la información geotérmica recabada en la etapa de planificación, debió de haber asegurado que no se diseñara la construcción de un edificio en suelos susceptibles que puedan dejarlo fuera de uso antes del tiempo previsto, no solo por conveniencia económica sino por la generación prematura de una gran cantidad de residuos sólidos. Por otra parte, son frecuentes los ataques de los componentes químicos del suelo al hormigón con que se construyen los cimientos, por ejemplo los ácidos del terreno reaccionan con las sustancias alcalinas del cemento produciendo sales solubles o expansivas que incrementan la corrosión del acero del armado, lo cual puede no ser un problema ecológico serio en un principio, pero termina siéndolo al contaminar los lixiviados a los mantos friáticos y, de nuevo, se anticipa la generación de residuos sólidos por el derribo de edificios con cimientos deteriorados.

Adicionalmente, también algunos aditivos químicos para el hormigón son contaminantes potenciales de las aguas freáticas, es el caso de los plastificantes, super-plastificantes y aireantes.

A continuación se enlistan algunos procedimientos de cimentación existentes, ubicados del menor al mayor impacto ambiental que propician.

- Superficiales, con poco armado o sin armado.
- Pozos de cimentación en suelos secos y cohesivos.
- Pilotes prefabricados.
- Lozas corridas o generalizadas.
- Pilotes de hormigón apizonados dentro de chaquetas de acero.
- Pozos hormigoneados in situ.
- Inyecciones a presión.

Marcos de soporte o estructura principal: debido a la variedad de materiales que se pueden utilizar en las estructuras, también son variados los problemas que pueden producir. No obstante eso, algunas de las características comunes desde el punto de vista de la Sostenibilidad, son el consumo energético requerido para la fabricación de los materiales y el volumen de residuos sólidos a producir, además de las emisiones.

El grado de importancia de estos impactos estará en función de las prestaciones estructurales que ofrezcan los materiales, y habrá que valorar también si mediante el análisis del ciclo de vida algunos productos con alto consumo de energía implícito, resultan finalmente más ser Sostenibles; por ejemplo, la producción de perfiles de acero requiere alto consumo de energía, pero en contraposición su prestación para algunos usos es superior a otros productos, puesto que su resistencia, capacidad plástica, entre otras características propias significan menos impactos ambientales comparativos, además de que su reciclaje es relativamente fácil.

Adicionalmente al soporte integral del edificio, los elementos estructurales en cuestión se utilizan para unir y reforzar los techos y muros. En todos estos casos es posible aplicar el análisis del ciclo de vida para ayudar a elegir los materiales más convenientes, la única limitación que existe es la disponibilidad de datos pertinentes.

Fachadas: aún cuando en nuestro medio las fachadas más comunes son las formadas por muros de obra de fábrica, cada vez es más frecuente el uso de otros tipos de materiales, por lo que sería interesante analizar comparativamente el ciclo de vida de alternativas de muros con materiales tradicionales (muros portantes con cargas verticales que descienden hasta la cimentación), y muros ligeros formados por materiales modernos que son soportados por la estructura principal del edificio.

El uso de materiales funcionales (que satisfacen varias necesidades) es recomendable si son homogéneos en toda su masa, o sea que no están formados por varias capas de materiales adheridos que dificultan o impiden su reciclaje.

En relación al diseño de fachadas, se exponen los siguientes puntos a considerar:

- Los espesores de los muros de fachada deben ser superiores a los acostumbrados, con la finalidad de reducir el consumo de energía a lo largo de vida útil del edificio.
- Para satisfacer las necesidades de aislamiento térmico, acústica y otras exigencias de funcionamiento, deben utilizarse materiales específicos cuyos residuos sean reciclables.
- Cuando se decidan muros portantes de sección amplia, considérese la posibilidad de construirlos con residuos de demolición (con un bajo contenido de energía).
- Los elementos formados por capas de diferentes materiales deben fijarse con uniones puntuales, fácilmente reversibles y desmontables. Asimismo cuando sea procedente, debe especificarse que se evite la adherencia de materiales utilizando pegamentos químicos.

Cubiertas: las cubiertas que se utilizan hoy día generalmente están compuestas por varias capas de acabado, protección, aislamiento térmico, impermeabilización y formación de pendientes. Los materiales que se utilizan para formar estas capas casi siempre son independientes entre sí.

Los acabados se hacen con productos muy variados entre los que existen diferencias notables, por ejemplo, la grava es mucho más Sostenible que el pavimento de sintéticos.

En la impermeabilización con bitumen o membranas plásticas también hay diferencias en función de la naturaleza del material, pues la fabricación de materiales plásticos para aislamiento consume más energía que los de origen mineral, como las lanas de roca o vidrio.

Las cubiertas planas casi siempre son de hormigón ligero, aunque los espesores generalmente son gruesos, lo que origina impacto ambiental

importante pues los sobrantes de ejecución de la obra son voluminosos, y también lo son los residuos sólidos que se producen al demolerlas.

Algunos criterios que pueden contribuir a reducir los impactos de las cubiertas son:

- Estos elementos estructurales solo deben ser transitables cuando sea imprescindible, para evitar el pavimento de acabado adicional.

- La formación de la pendiente debe hacerse con la estructura de soporte, para reducir el espesor de otro material que cubriría esa función. En cubiertas inclinadas el problema se resuelve por si mismo.

- En las cubiertas impermeables serán prioritarios los criterios de geometría (solape, protección) en lugar de los de unión y sellado.

- Al elegir entre membranas de plástico y bituminosas, son preferibles estas últimas por representar menos impactos.

- Es conveniente utilizar aislamientos de origen mineral en lugar de los plásticos, por la misma razón de impactos ambientales.

Particiones: el sistema constructivo de partición de espacios es clasificable en tres tipos.

Las industriales desmontables, que permiten varios usos y originan menos residuos.

Las fácilmente transformables de un solo uso, hechas de cartón y yeso, que propician más residuos pero son fácilmente separables y reciclables.

Las tradicionales de obra de fábrica. Los tabiques con que se construyen son los elementos menos transformables de las tres que se han comentado, su construcción produce más residuos que las anteriores, además de que no facilitan

la sustitución de canalizaciones y registros para las instalaciones sin producir cantidades importantes de residuos.

La selección más adecuada deberá, pues, decidirse entre las dos primeras.

Finalmente cabe comentar que trabajar con esta gran cantidad de información en la etapa de diseño, tiende a ser menos complicado a partir del incremento en la disponibilidad de servicios informáticos, los que además de sistematizar el manejo de datos, posibilitan el acceso a nuevas técnicas a través de programas relativamente simples. Es el caso de la simulación de edificios, en forma señalada la que se refiere a la eficiencia energética, entre otras que están en pleno desarrollo (ENVIRONMENT, 2000).

En conclusión, las actuales técnicas tanto para el diseño tradicional como para la orientación Sostenible, habrán de cambiar a medida que nos adentremos al Siglo XXI.

CAPÍTULO VIII

EL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y PRODUCTOS

- 1. Criterios de selección de materiales y productos para construcción considerando los principios de Sostenibilidad.**
- 2. Valoración Sostenible de productos para construcción de uso frecuente.**
- 3. Utilización del análisis del ciclo de vida como apoyo para la selección de materiales y productos para construcción.**
- 4. Ejecución de los trabajos de construcción del proyecto.**

1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y PRODUCTOS PARA CONSTRUCCIÓN CONSIDERANDO LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD

Reiterando lo dicho en los capítulos inmediatos precedentes, en estas fases de la construcción de edificios no se comentan los procedimientos convencionales que las caracterizan sino que, como en este caso del procedimiento de construcción, se analizan y sugieren aspectos complementarios desde el punto de vista de la interpretación de los principios de Sostenibilidad.

Los planos y especificaciones indican de qué manera se materializará la construcción. Para desarrollar el presente capítulo se asume que en dichos documentos se han integrado los principios de Sostenibilidad; es decir, la operativización de estos principios a través de los trabajos de construcción se habrán decidido en la etapa de planificación y diseño del proyecto, en tanto que el contratista (que debe estar sensibilizado en términos de la Sostenibilidad), ha de interpretar y acatar las variantes constructivas mediante actividades técnicas, uso de materiales, logística y control de lo que acontezca en la parcela o sitio de la obra.

Se distinguen dos vertientes donde es posible aplicar los aludidos principios, por una parte está la selección de materiales y productos industriales destinados a materializar el proyecto; y por otra parte están las actividades constructivas a realizar en el terreno, desde la preparación del sitio hasta la finalización de la obra. Ambos temas son abordados en este capítulo, en ese orden.

Una de las primeras decisiones importantes que habrá de tomar el equipo de trabajo en la fase de construcción *per se* de un proyecto, es la selección de materiales y productos con que se construirá la obra. Para asumir los principios de Sostenibilidad deben hacerse tareas adicionales a las habituales, tales como informarse sobre el consumo de energía y los impactos ambientales que propician la extracción y fabricación de materiales, valorar si los materiales a seleccionar son apropiados para la zona donde se utilizarán y si la procedencia de éstos implicará un transporte masivo; posteriormente deben anticiparse medidas para el uso racional y limpio del agua,

así como para proteger el entorno durante el tiempo que dure la construcción, previendo incluso la forma de evitar las diversas formas de contaminación a las áreas vecinas.

Al decidir los materiales y productos que se utilizarán, se requiere tomar en cuenta aspectos Sostenibles como:

- Racionalizar y/o reducir el uso de energía.
- Usar recursos naturales renovables y reciclables.
- Seleccionar materiales y productos que propicien un mínimo de impactos ambientales negativos.
- Utilizar eficientemente los materiales y prevenir el uso innecesario de algunos componentes y sustancias.

A continuación se hace una descripción breve de las razones en que se fundamentan estas precauciones.

Racionalizar y/o reducir el uso de energía. El uso de energéticos fósiles al tiempo que contribuye a disminuir las reservas no renovables, propicia contaminación; su uso racional, por tanto, contribuirá a que se mantengan las reservas y produzcan menos impactos ambientales.

Usar recursos naturales renovables y reciclables. El uso de recursos renovables y susceptibles de reciclar puede marcar una tendencia al cierre del ciclo de vida de los materiales para construcción. Es decir, algunos recursos renovables pueden ser reproducidos por la naturaleza, al menos parcialmente, durante la vida útil de los elementos constructivos que se estén usando en un edificio en funcionamiento (producción Sostenible); por su parte, los materiales reciclados inician una segunda, o enésima, vida útil en las construcciones permitiendo el ahorro de recursos vírgenes.

El contratista puede contribuir al reciclamiento de los materiales asumiendo compromisos tales como: no usar materiales compuestos que no puedan ser

separados al final del ciclo de vida, evitar sellar y usar pegamentos irreversibles en la unión de elementos constructivos, construir obras para desmantelar en lugar de obras para demoler.

Por otra parte, en este inciso cabe incluir el requerimiento del uso eficiente y racional del agua a utilizar en el proceso constructivo, y respetar los cauces y reservorios de este recurso renovable.

Seleccionar materiales y productos que propicien un mínimo de impactos ambientales negativos. Los impactos ambientales de los materiales están presentes permanentemente en las construcciones. Los casos típicos son representados por los daños al entorno propiciados por la extracción de materiales vírgenes, la generación y abastecimiento de energía, las emisiones de gases nocivos, así como en otro orden el apilamiento de elementos constructivos, desperdicios y sobrantes de materiales, entre otros que se comentarán posteriormente.

Utilizar eficientemente los materiales. La eficiente colocación de los materiales debe garantizar que la vida útil técnica de los componentes constructivos se ajuste a la vida útil esperada.

La optimización de las dimensiones de elementos que se fabriquen en obra ayudará a ahorrar materiales y a disminuir el volúmen de residuos de construcción y de demolición. Otra actitud Sostenible es el esforzarse por no incluir en la construcción materiales prescindibles, escasos o en vías de agotamiento.

El concepto de eficiencia a introducir en la construcción de la obra tiene como objetivo Sostenible la reducción del consumo de materiales, sobre todo de los innecesarios, y la reducción en la producción de residuos; pero sin demérito de la calidad de la construcción; es decir, se trata de esforzarse por cumplir el criterio de hacer más con menos, según lo establece el informe Brundtland (WCED, 1987).

En esta etapa del procedimiento de construcción se utilizan los principios Sostenibles para referirlos con sentido pragmático, tanto a los recursos a utilizar en los elementos constructivos, como en los impactos ambientales que propician su producción, transporte y uso.

Se aclara que al hablar de recursos, se está haciendo referencia genérica a los recursos naturales típicos incluidos el agua y la energía, considerados para el caso como insumos para el procedimiento de la construcción. En tanto que los impactos ambientales negativos están representados por las emisiones de gases y los residuos. Las implicaciones Sostenibles de los insumos, en el proceso de construcción, se explican en forma sucinta a continuación.

Agua: los aspectos principales referidos al agua son el ahorro y la posible contaminación. Por tanto es preferible seleccionar materiales cuya fabricación y uso no transmitan sustancias tóxicas y contaminantes al agua. Debe establecerse los mecanismos y precauciones que propicien el ahorro de agua en los puntos de consumo, la previsión de instalaciones de saneamiento, separando las aguas residuales y las que permitan el uso en las diferentes necesidades de la obra.

Energía: se insiste en que cualquier actuación relacionada con el ahorro de energía supone una reducción de impactos. La solución más conveniente sería el uso de energías renovables, lo que evitaría el consumo de energías convencionales no renovables y se eliminarían las emisiones que éstas provocan, sin embargo a nivel de obra en construcción esto no es posible; por lo que el tema se referirá a la selección de materiales, siendo de interés los que tengan incorporados menores cantidades de energía.

Recursos naturales: son preferibles los materiales provenientes de recursos naturales renovables; también la re-utilización y el reciclaje son opciones convenientes desde el punto de vista Sostenible.

Cuando se utilicen materiales no renovables, deben preferirse los que se extraígan con respeto al entorno de las fuentes. Los materiales y productos con vida útil larga contribuyen también al ahorro de recursos naturales.

Emisiones: Las emisiones de algunos materiales a usar en la construcción de edificios pueden impactar particular o localmente, en este sentido deben priorizarse las decisiones que se refieran a materiales cuya manufactura propicie menos emisión de gases de efecto invernadero (que como el dióxido de carbono inciden en el calentamiento global), y los que menos dañen la capa estratosférica de ozono (clorofluorocarbonos y halógenos); asimismo, se limitará o evitará el uso de materiales que emitan compuestos orgánicos volátiles en el interior de los edificios, así como también los formaldehidos, gases tóxicos y radiaciones electromagnéticas.

Residuos: deben valorarse los materiales con posibilidades de reciclarse al final de su vida útil, con la finalidad de disminuir la generación de residuos sólidos a enviar al vertedero.

Habrà de preverse una gestión eficiente de embalaje y empaques (solicitando materiales a granel, si es posible), mermas de materiales, restos de proceso, encofrados no recuperables, entre otros desperdicios de obra.

2. VALORACIÓN SOSTENIBLE DE PRODUCTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE USO FRECUENTE

El análisis de los materiales más usados en el Sector de la Construcción, que se hace en este apartado, puede proporcionar información orientadora a Diseñadores e Ingenieros, e incluso al público interesado en conocer el poder contaminante y de impactos que tienen los principales productos con que se construyen sus viviendas y oficinas. Para hacer la valoración se propone una clasificación de esos productos que permita agrupar por separado a los de naturaleza pétreo, metálicos, sintéticos, madereros y pinturas; la cual se expone a continuación.

Materiales de origen pétreo. Las grandes cantidades de roca utilizadas para la fabricación de estos productos originan problemas asociados al entorno, no por el poder contaminante propio, ni tampoco por el peligro de escasez de la materia prima, sino porque el proceso de extracción de vastas cantidades de piedra, grava y arena daña frecuentemente el paisaje y los ecosistemas de las minas y sus vecindades. Una vez acabada la explotación, en la mayoría de los casos es imposible reponer las características originales de los ecosistemas y de geología.

También existe otro aspecto con implicaciones Sostenibles, que es la importante cantidad de energía requerida para la extracción y el transporte en las etapas de material virgen, semi-manufacturado, productos terminados y finalmente como residuos producto de la demolición. Debe atribuirse al transporte de estos grandes volúmenes de material, las emisiones y las molestias causadas por el tráfico pesado (ruido, polvo y vibración).

Los procesos para producirlos son, sin embargo, relativamente simples pues generalmente se trata de triturado, cribado, mezclado, prensado y horneado. Los impactos de estas actividades se deben a los gases de combustión y a la generación de polvo (BRANTLEY, 1996).

Estos productos perduran hasta la demolición de las construcciones, propiciando enormes volúmenes de residuos que demandan considerable espacio en los vertederos, aunque al comparse con otros tienen la ventaja de no ser peligrosos para la salud humana, en el sentido de no ser tóxicos. La posibilidad de reciclar estos materiales de desecho, por una parte representa ahorro de materiales vírgenes, y por otra reducción en la generación de residuos sólidos. En la tabla VIII.1. se proporcionan algunas características de materiales de origen pétreo y se hace énfasis en los impactos ambientales por ser éstos una componente fundamental en la orientación Sostenible.

Tabla VIII.1. Características de algunos productos de origen pétreo usados frecuentemente en construcción.

Producto(s)	Utilidad en la construcción	Materias primas requeridas	Sustancias principales que contiene	Impactos ambientales
Adobe	Muros rústicos	Tierra, paja, agua	Ninguna peligrosa	Al paisaje en los sitios de extracción
Cerámicas	Muros, muebles sanitarios, tejados	Arcilla, aditivos	Componentes pétreos triturados, inofensivos para la salud	La extracción irracional hace escasear la materia prima en algunos lugares. Es un producto ambientalmente seguro.
Hormigón	Estructuras, losas y muchos otros usos	Cemento (energía intensiva para producirlo), grava, arena y agua	Caliza, sílice, alúmina, óxido de hierro, magnesio, aditivos según el caso	Daños a ecosistemas y paisaje del entorno de las minas y canteras de extracción
Hormigón esponjoso, Hormigón celular	Estructuras y elementos aligerados	Grava, arena, cemento, cal, espuma (jabón, aire)	Caliza, sílice, aluminio	Daños a ecosistemas y paisaje...
Lana mineral	Aislantes térmicos y absorbentes acústicos	Roca basáltica, escorias de alto horno, resinas	Vapor de aluminio, varios minerales	Daños a ecosistemas y paisaje del entorno de las minas y canteras de extracción
Lana de vidrio	Aislantes térmicos, elementos moldeados	Fibras de vidrio, resinas	Óxidos diversos, resinas sintéticas	El proceso de producción libera fenol formaldehído, amoníaco
Piedra industrial, Piedra sintética	Fachadas, pisos	Cristales y arena de roca	Varios minerales	Daños a ecosistemas y paisaje...
Vidrio	Ventanas, puertas, fachadas, productos semi-manufacturados	Arena de plata, carbonato de sodio, sulfatos	Boro, óxidos básicos, sílice	El proceso de producción es alto consumidor de energía y en la fundición se genera SO ₂ y fluoruro
Yeso	Acabados en muros, paneles para interiores	Mineral de yeso	Sulfato cálcico	Entorno de las minas de fabricación, genera gas sulfuroso

Adicionalmente a las particularidades mostradas en la tabla, se estima conveniente agregar algunos comentarios para cada producto.

Adobe: los adobes son ladrillos de barro, secados al sol como único proceso de cocción. Se trata de un material inorgánico y por tanto no sujeto a la putrefacción, resistente al fuego, de alta masa térmica (retarda las variaciones de temperatura), bajo contenido de energía (hasta quinientas veces menos que los ladrillos de cerámica), y por tanto, bajos impactos ambientales. Es uno de los materiales más antiguos, que continúa usándose y apreciándose en los países en desarrollo, sobre todo en los estratos de población rurales pobres.

Hormigón (o concreto): la utilización cada vez más frecuente de agregados pétreos provenientes del reciclaje, es un paso importante para encontrar sucedáneos a los materiales pétreos vírgenes, aunque por requerimientos técnicos de calidad del hormigón, la cantidad máxima de material reciclado que se puede usar es del orden del 20% del total de grava requerida (ANNINK, 1996), por lo que todavía se seguirá dependiendo en gran proporción de los agregados tradicionales.

El contenido de energía en el hormigón se debe al cemento. La producción de cemento Portland requiere considerablemente más energía con la consiguiente sub-producción de CO₂, que los insumos sustitutos del cemento que se usan en la elaboración de hormigón, como son las cenizas volantes y las escorias de alto horno. Aunque al mezclar el cemento con los agregados áridos, el hormigón simple que se obtiene es de bajo contenido de energía por kilogramo. No sucede lo mismo con el hormigón reforzado, pues el acero utilizado hace que las estructuras de este producto sean los elementos con mayor contenido de energía en los edificios.

Hormigón esponjoso y hormigón celular: ambos tipos de hormigón se proveen en varias composiciones, y normalmente están constituidos por los agregados usuales así como por cal, espuma industrial y en ocasiones por sub-productos como cenizas volantes, a manera de sustitución del cemento o como aditivo mezclante.

Derivado del bajo peso específico de energía por unidad de volumen de estos productos aligerados, los efectos al ambiente adicionales a los contenidos en la tabla de referencia, se atribuyen al uso de energía para el transporte y a las emisiones peligrosas de los sustitutos del cemento.

Por otra parte, no se recomienda el reciclaje de ninguno de los dos productos, excepto para rellenos o como base de cimentaciones.

Cerámicas: la combinación de arcilla y aditivos es utilizada para la producción de materiales cerámicos de uso frecuente y variado en la construcción. La energía contenida en las cerámicas se debe a las altas temperaturas requeridas para hornear la arcilla y para añadirle vidriado o acristalado final; también debe tomarse en cuenta la energía contenida en el cemento utilizado para colocar las cerámicas en las obras.

Las cerámicas pueden reciclarse en cantidades limitadas, como agregado del hormigón, y muy frecuentemente los residuos cerámicos se trituran y usan como relleno o como firme para cimentación.

Lana mineral: las materias primas para producir este tipo de lana se funden, se transforman en fibras y se endurecen con resinas sintéticas; tanto el proceso de endurecimiento como la producción de resina liberan sustancias peligrosas para la salud humana.

Esta lana es susceptible de reciclar, comprimiéndola en bloques y reincorporándola al proceso de fabricación, lo que permite ahorro de material virgen y retarda la producción de residuos sólidos.

Lana de vidrio: la fundición y centrifugado para obtener este producto, demanda gran cantidad de energía. Las fibras que la constituyen deben ser cubiertas con resina sintética para endurecer el material. Las emisiones que implica este proceso son similares a la lana mineral.

Existe una discusión acerca de la amenaza de la lana de vidrio para la salud, aunque a diferencia del asbesto no parece significar riesgo de cáncer, sin embargo las fibras irritan la piel y las membranas mucosas.

Piedra industrial y piedra sintética: La piedra industrial se elabora con roca pulverizada mezclada con resina sintética o cemento, en tanto que la piedra sintética o artificial es producida con minerales y resina sintética en mayores cantidades que para la industrial. Los principales impactos se deben a la fabricación de resina y al transporte de materias primas.

Vidrio: ninguna de las materias primas del vidrio son escasas, aunque éstas son altamente demandantes de energía para ser procesadas, lo que hace que el principal factor a destacar sea precisamente esa gran cantidad de energía y los impactos ambientales que esto conlleva, seguido de la emisión de gases que libera el proceso de fundición.

Es destacable la facilidad para reciclarlo, aunque es poco tolerante con la contaminación del material a reciclar.

Metales. Los diferentes tipos de metales se obtienen del procesamiento de rocas minerales, cuya cantidad a extraer de las minas depende de la riqueza de esas rocas. Frecuentemente los trabajos de extracción dañan severamente a la naturaleza en las inmediaciones de las minas, tanto al paisaje como a las aguas, suelo y aire.

Después de la extracción los metales son transformados en materiales y productos, mediante procesos y refinamientos que casi siempre requieren varios tratamientos industriales antes de que estén disponibles para su uso en el Sector de la Construcción, todas esas etapas llevan aparejadas impactos ambientales.

A los efectos ambientales inherentes a las actividades de extracción y de industrialización, deben añadirse los propios de la energía consumida en los procesos.

Una característica importante de los metales, desde el punto de vista de la Sostenibilidad, es su relativa facilidad de reuso y reciclaje. Fundir todo tipo de chatarra es menos dañino para el ambiente que la extracción y producción de metales.

En la tabla VIII.2 se muestran algunas características de productos metálicos de uso frecuente en la construcción, al tiempo que se hacen añadidos de los impactos de cada producto en particular.

Tabla VIII.2. Características de algunos productos metálicos usados frecuentemente en construcción.

Producto	Utilidad en la construcción	Materias primas requeridas	Sustancias principales que contiene	Impactos ambientales
Acero	Estructuras, refuerzos, equipos	Mineral de hierro, carbón, oxígeno	Calizas, óxidos, solventes, ácidos	Daños por extracción en el entorno de las minas de mineral de hierro y carbón. Proceso industrial contaminante de aguas, suelo y aire.
Aluminio	Ventanas, puertas, balconería	Bauxita, electricidad	Polvo de aluminio	El proceso de producción es alto consumidor de energía y también genera polvos que provocan aluminosis
Cobre	Tubería, cables, decoración	Mineral de cobre	Sulfuros	El proceso de fabricación y su uso generan partículas peligrosas para la salud
Plomo	Fontanería, reparador de cargas	Aleación de dos o más elementos generalmente, Metales	Arsénico	Libera partículas muy tóxicas, es un veneno acumulativo
Zinc	Protector contra la corrosión del hierro, láminas para techo	Zinc, combinado con uno o más metales (nunca solo)	Varios metales	Contaminación por cadmio y metales pesados. Es inflamable

Acero: comparado con otros metales, la energía por kilogramo contenida en el acero es relativamente baja. Una ventaja de este producto es su facilidad de re-

uso, aunque no lo es tanto como el aluminio y el porcentaje de material secundario a reciclar tiene limitaciones.

La corrosión a que está sujeto el acero puede ser evitada mediante el uso de aleación de níquel o cromo (acero inoxidable), aunque estos son metales pesados que generalmente tienen restricciones normativas para su uso.

Aluminio: los impactos ambientales más importantes del aluminio ocurren durante la extracción del mineral y sobre todo en la conversión de la materia prima en producto semi-facturado; este último proceso es notorio por la gran cantidad de energía que requiere.

El aluminio es un material de uso muy conveniente derivado de su alto grado de reciclamiento, la contaminación del aluminio secundario es considerablemente menor que la del aluminio primario, así como también son mucho menores las necesidades de electricidad.

Cobre: el uso de cobre propicia que sus partículas entren fácilmente en contacto con la tierra y el agua, contaminando mortalmente a varios organismos. Es un material fácilmente reciclable, lo que le otorga un atractivo económico.

Plomo: este es un metal de abastecimiento cada vez más limitado, debido al agotamiento de sus fuentes. Una desventaja importante es la peligrosidad durante la fabricación y uso, debido a la emisión de partículas. En contraposición tiene la ventaja de ser re-usable, lo cual se hace casi con toda su producción.

Zinc: también es un material próximo a agotarse. Las partículas de zinc migran agresivamente para contaminar suelo y agua; en general, los residuos de este metal son un gran problema pues contienen altos porcentajes de metales pesados y su reciclaje es caro, por lo que generalmente ese tipo de residuos son almacenados.

Los productos de zinc se corroen relativamente rápido, y si están expuestos a las inclemencias del tiempo tienen una duración corta.

Sintéticos. La materia prima básica de los productos sintéticos es el petróleo, que como se sabe es un recurso no renovable con tendencia a agotarse, sin embargo este tipo de productos requiere solo el 4% del petróleo que se consume hoy día.

En las refinerías el petróleo es dividido en un gran número de partículas básicas, lo que requiere energía y causa la emisión de hidrocarburos orgánicos. Los productos semi-industrializados usados en la fabricación de sintéticos son básicamente etileno, propileno, benceno y estireno; la conversión de estos petroquímicos, a su vez en materias primas sintéticas, requiere de varios procesos que consumen energía adicional y liberan más hidrocarburos orgánicos y residuos.

En ocasiones también se requieren productos semi-manufacturados de diferente origen que también tienen efectos negativos sobre el entorno, es el caso de los aditivos peligrosos que le otorgan a los sintéticos sus cualidades específicas.

En general, los productos sintéticos propician sólo problemas menores durante la fase de construcción y uso de las obras, empero los impactos de magnitud considerable pueden ocurrir después de la demolición de los edificios, puesto que los productos sintéticos desechados raramente son degradables a corto y mediano plazos, y porque los metales pesados que contienen se infiltran en el terreno.

Por otra parte, aunque los residuos sintéticos podrían incinerarse y generar energía aprovechable, el proceso ocasionaría emisiones dañinas para el ambiente, dependiendo de la agresividad del tipo de material a quemar, de los aditivos involucrados y de la calidad de la incineración.

Los productos sintéticos más comúnmente presentes en las construcciones, y sus principales datos de interés para la Construcción Sostenible se incluyen en la

tabla VIII.3, en tanto que otras características adicionales se comentan para cada producto por separado.

Tabla VIII.3. Características de algunos productos sintéticos
Usados frecuentemente en construcción.

Producto	Utilidad en la construcción	Materias primas requeridas	Sustancias principales que contiene	Impactos ambientales
Bitumen	Impermeabilización y cobertura de azoteas	Tipos de petróleo específicos	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Liberan gran cantidad de compuestos moleculares de hidrocarburos y vapores
Bitúmenes modificados (APP y SBS)	Impermeabilización y cobertura de azoteas	Tipos de petróleo específicos y aditivos	Polipropileno, estireno-butadieno-estireno	El proceso de producción es ambientalmente peligroso
Cloruro de polivinilo (PVC)	Tubos, conductos	Petróleo y cloruro de sodio	Cloruro, etileno	El proceso de producción genera asbestos, mercurio, mutagénicos, dioxinas, ácido clorhídrico. Es escasamente degradable
Poliestireno expandido	Aligerante de losas y otros elementos	Petróleo	Aditivos retardantes para fuego, halogenados	La extracción de petróleo a menudo es depredador
Polietileno, Polipropileno	Aislantes	Petróleo	Polímeros, aditivos	Los propios de la extracción de petróleo. Son de degradación lenta
Poliuretano	Sellante de grietas, aislante	Petróleo y gas natural	Polímeros, varios aditivos	El proceso de producción de semi-manufacturados utiliza aditivos peligrosos y libera CFC _s

Bitumen: El asfalto de bitumen requiere materiales orgánicos (yute, lana), o inorgánicos (poliéster, fibra de vidrio) como refuerzo. En ocasiones, a este producto se le confunde con la brea que también era usada para impermeabilizar, sin embargo la brea se obtiene a partir del carbón aún cuando sea posible hacerlo también del petróleo, y genera contaminantes como los hidrocarburos policíclicos aromáticos que son carcinogénicos.

El bitumen puede re-usarse fácilmente, pero no es reciclable debido a la contaminación que sufre el material. No debe mezclarse con la brea que aún existe en muchas azoteas, porque ésta debe ser tratada separadamente como residuo químico.

Bitúmenes modificados: para obtener bitumen modificado, al citado inmediatamente antes se le añade 30% de polipropileno atáctico (APP) que es un termoplástico, o también se le puede añadir 8%-12% de estireno-butadieno-estireno (SBS). Esta adición de polímeros al bitumen le proporciona flexibilidad, elasticidad, resistencia al agua y alarga su durabilidad. El SBS debe ser protegido contra las radiaciones ultravioleta.

Cloruro de polivinilo (PVC): el proceso para producir PVC demanda poca energía pero causa problemas ambientales al generar asbestos, mercurio y otros residuos químicos que contienen organoclorados. También el transporte y almacenamiento del cloruro que es su principal materia prima involucra riesgos de accidente. La extracción de PVC del etileno y del cloruro libera materias mutagénicas (dicloroetileno, cloruro de vinil), que pueden causar emisiones peligrosas continuamente, aún cuando éstas han disminuido en los últimos años.

La obtención de PVC de alta calidad demanda muchos aditivos, por ejemplo suavizadores, cuyos agentes peligrosos son objeto de una polémica mundial tal como se anotó en el apartado VI.1, y muchos otros aditivos que contienen metales pesados.

Debido a que el producto en cuestión contiene cloruro, la incineración provoca emisiones peligrosas, e. g. ácido clorhídrico, dioxinas y policlorobifenil. Otros residuos también contienen cloruros, sin embargo no se ha establecido por cuál de todos estos contaminantes es peligroso el uso del PVC. Lo que sí es un hecho irrefutable es su escasa degradación y que produce emisión de metales pesados.

Poliestireno expandido: su producción genera emisiones de estireno y benceno, y para lograr su característica de expansión solían utilizarse clorofluorcarbonos (CFC_s), que como es de dominio público afecta la capa estratosférica de ozono, sin embargo esto ha variado al ser técnicamente posible cambiar el uso de este tipo de gases por vapor. Los residuos de este material pueden ser reciclados sin problema.

Polietileno y propileno: estos son productos que se obtienen a partir de petroquímicos semi-manufacturados, la conversión posterior de estas sustancias (polimeración) propicia contaminación de poca importancia, aunque se incrementa después de dicha conversión.

La reciclabilidad de ambos productos es muy factible debido a la mínima variación de su estructura química, lo que también ayuda a que no se produzcan sustancias peligrosas en caso de incineración.

Poliuretano: se obtiene por polimeración del isocianato, sustancia que es extremadamente dañina para la salud humana (tal como fue demostrado en el desastre de Bhopal, India); en esa obtención se usan varios aditivos (catalizadores, estabilizadores, pigmentos, retardadores de fuego) algunos de los cuales son peligrosos.

En el proceso de obtención el poliuretano se airea con CFC_s, o con CO₂, que son gases nocivos. Y una vez enviados al vertedero, causan efectos ambientales negativos y su degradación es muy lenta.

Madera. La madera sigue siendo el material renovable más usado en la construcción, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde aún se utiliza para encofrados, andamios, sostenes, etc., aditamentos que paulatinamente van sustituyéndose por metales y productos sintéticos.

El procedimiento simple que se requiere para convertir los árboles en productos, hace que la madera sea un material ambientalmente limpio y poco demandante de energía. Sin embargo, puede tener algunas desventajas, cuya importancia depende del origen y del tipo de madera a usar. Algunos aspectos significativos a considerar cuando se selecciona madera son la gestión del bosque (si es Sostenible, o no), las necesidades de conservación y la distancia de transporte.

Existen algunos argumentos en contra del uso de madera tropical, aunque el más destacable en el sentido Sostenible se refiere a las grandes distancias que tiene que transportarse y, por otra parte, que muy poca madera tropical proviene de bosques gestionados Sosteniblemente.

Los bosques de zonas no tropicales pueden sufrir, más probablemente que los tropicales, el agotamiento de sus ecosistemas.

Por tanto, es conveniente informarse antes de decidir el tipo y procedencia de la madera a usar.

Algunas características sobresalientes de los productos de madera son los que contiene la tabla VIII.4, y adicionalmente se hacen algunos comentarios más detallados.

Madera para acabados: hoy día una gran cantidad de acabados de madera industrializada es utilizada en el interior de los edificios, se trata de chapas y fibras aglutinadas con agentes orgánicos e inorgánicos. La producción de estos enchapados y similares ocasiona grandes cantidades de residuos madereros, los cuales son parcialmente reciclados.

Tabla VIII.4. Características de algunos productos de madera usados frecuentemente en construcción.

Producto	Utilidad en la construcción	Materias primas requeridas	Sustancias principales que contiene	Impactos ambientales
Madera para acabados	Acabados en interiores	Madera sólida, pedacería residual	Resinas, yeso, cemento	Generación de residuos sólidos, liberación de formaldehidos
Paneles de fibra con cemento y otros materiales	Acabados en general	Virutas de madera	Minerales, aglomerantes	Daños variables al entorno por extracción de materiales
Tablas y tablonés con y sin resina	Cobertura de muros, usos en general	Piezas sólidas de madera	Resinas, aglomerantes	Daños variables al entorno por extracción de materiales

Otro tipo de productos aglomerados, difieren de los enchapados en que utilizan madera de baja calidad y pedacería residual, lo que contribuye a eficientar el uso de la materia prima.

En ambas líneas de productos se utilizan agentes aglomerantes cuya producción es contaminante y, cuando están en uso en los edificios, liberan sustancias nocivas para la salud humana.

Paneles de fibra: estos elementos constructivos se fabrican con virutas de madera mezcladas con cemento, magnesita y yeso, los que son aglutinados con agentes aglomerantes. Ambientalmente tiene alguna importancia la energía requerida para producir el cemento y los aglomerantes; la proporción de impactos atribuidos a la extracción de la materia prima puede ser bajos.

Tablas y tablonas: en esta categoría se pueden agrupar las maderas comunes utilizadas en la construcción, conjuntamente con los tablonas de fibras de madera de desperdicio (aglutinados con resina).

Este producto requiere más energía y agentes aglomerantes para su preparación que los otros contrachapados mencionados. Una ventaja es que la resina que se utiliza es muy resistente y, por tanto, lo hace duradero y menos demandante de mantenimiento.

Pinturas. Las pinturas están formadas por agentes cohesionantes, solventes, productos de relleno y aditivos tales como pigmentos, secantes, polidores y anti-espumantes.

Una característica importante común en muchas pinturas es la liberación de hidrocarburos orgánicos, que dañan la salud de los pintores y de los ocupantes de los edificios y, además, reaccionan con algunas sustancias causando neblumo ("smog").

Todas las pinturas contienen sustancias peligrosas para la salud, por ejemplo el vertido o la incineración de materiales pintados liberan sustancias, los líquidos para limpiar el equipo para pintar impactan al ambiente, y los pigmentos también ceden los metales pesados que contienen.

Para los propósitos Sostenibles, las características generales de este último grupo de productos que se expone, se relacionan en la tabla VIII.5.

Tabla VIII.5. Características de interés ambiental de las pinturas y selladores.

Producto	Utilidad que tienen en el sector de la construcción	Materias primas	Principales sustancias de interés	Problemas o impactos ambientales que propician
Pinturas acrílicas	Protección decorado	Solventes, aglomerantes, aditivos	Resina acrílica	Contiene sustancias peligrosas
Pinturas con resina alquil	Protección decorado	Solventes, aglomerados, aditivos	Resinas sintéticas	Contiene hidrocarburos orgánicos
Pinturas naturales	Protección decorado	Productos vegetal o animal	Orgánicas degradables	Contiene pequeñas cantidades de solventes
Selladores	Base o acabado para aplicación de pinturas	Solventes, aglomerantes, aditivos	Resinas sintéticas	Contiene tóxicos que producen reacciones sensitivas

A continuación se exponen algunos comentarios adicionales para cada uno de estos productos.

Pinturas acrílicas: este tipo de pinturas contiene resina acrílica como agente aglomerante. La cantidad de solventes orgánicos se reduce en 10% con respecto a otros, y usan agua como solvente principal de donde toman el nombre de pinturas acrílicas a base de agua.

Tienen la desventaja de que están asociadas a muchas sustancias peligrosas, como por ejemplo a los agentes anti-corrosivos y emulsionantes.

Pinturas con resina alquil: se trata de pinturas que contienen este tipo de resina como agente aglomerante, en tanto que se usan hidrocarburos orgánicos como solventes. Se trata, pues, de un producto peligroso para la salud humana.

Pinturas naturales: una ventaja de esta variedad de pinturas es que las materias primas son de origen vegetal o animal, y no del petróleo como en el resto, por tanto sus residuos son biodegradables.

Selladores: la composición de este producto es similar al de las pinturas, con la diferencia de que tiene mayor cantidad de agentes aglomerantes y de relleno.

La fabricación de este producto puede representar peligro para los obreros y el entorno. Muchos selladores contienen aditivos tóxicos o sustancias que propician reacciones sensitivas.

Existen selladores naturales que son total o parcialmente hechos a partir de materiales renovables, y por tanto son inofensivos para el medio ambiente.

Los materiales provenientes de demolición pueden ser contaminados con selladores, lo que dificulta su reciclaje.

Hay, por supuesto, muchos otros productos que se utilizan en la construcción susceptibles de comentarios como los que se acaban de hacer; empero, no se trata de ser exhaustivo ante la enorme gama de materiales que se combinan de diferentes maneras para producir insumos constructivos, sino que se intenta ejemplificar con los más comúnmente utilizados, a manera de explicar la afirmación de que todos los materiales para la construcción impactan de alguna manera al entorno de donde se extraen, donde se transforman, utilizan y vierten al final de la vida útil.

3. UTILIZACION DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA COMO APOYO PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y PRODUCTOS PARA CONSTRUCCIÓN

La información sobre productos para la construcción que se acaba de exponer es de carácter empírico, pero existen técnicas más avanzadas para obtener información que ayudan a seleccionar materiales y productos desde el punto de vista Sostenible. Una de esas técnicas está basada en la metodología del *análisis del ciclo de vida* (ACV), que valora los impactos desde la extracción de las materias primas hasta el procesamiento o gestión de materiales desechados.

Se trata de un procedimiento que proporciona elementos de juicio para mantener el uso de los materiales en un ciclo integrado tan prolongado como sea posible, lo que supone disminución de residuos al alargar la vida útil de los componentes constructivos, y además promueve el reciclaje de materiales en ocasión de demolerse las construcciones. Esta técnica también retarda el agotamiento de los materiales vírgenes, los cuales tienden a ser escasos en el largo plazo según se argumentó en el apartado IV.4.

El procedimiento consiste en comparar materiales y productos a través de una categorización hecha en función de los impactos ambientales que propician, considerando el ciclo de vida total de esos elementos constructivos, desde que fueron extraídas las materias vírgenes que les dieron origen, pasando por las etapas de manufactura, colocación en la obra, ocupación del inmueble y finalización por demolición; incluso puede considerar el transporte utilizado en todas esas etapas.

Los principales aspectos que se analizan son: daño ecológico en el entorno de las fuentes de extracción, consumo de energía en todas las etapas mencionadas arriba, calentamiento global, lluvia ácida. Además mediante una modalidad denominada *método de preferencia ambiental* (ANNINK, 1996), se puede analizar la contaminación por olores, emisiones peligrosas y generación de residuos.

Empleando la metodología genérica de análisis del ciclo de vida expuesto en el apartado V.3 al caso de los materiales y productos para construcción, cada etapa de la vida de éstos debe analizarse en términos de los factores que ya se han comentado:

- Energía requerida para producirlos,
- Emisión de contaminantes (al aire, tierra y aguas) durante la producción,
- Necesidad de recursos naturales para producirlos.

Esta evaluación se refiere sólo a la etapa denominada de inventario. Para el análisis de la totalidad del ciclo (selección y acondicionamiento del sitio, construcción, amueblado y equipamiento, operación y demolición) en muchos casos la información cuantitativa pudiera no estar disponible.

Una vez analizados algunos grupos de materiales y productos, se dispone de elementos de juicio para identificar varias opciones, por ejemplo: usar acero o aluminio, utilizar luz natural o producida por electricidad, colocar pisos de mármol, de cerámica, de vinil, etc.

En principio pueden ser comparadas varias opciones en términos de sus implicaciones ambientales, sin embargo aún hay incertidumbre en relación a la selección de materiales. Para esos casos existen métodos de apoyo como el de *decisiones multicriterio* y el de *ciclo de vida económico* de los materiales, que toman en cuenta al medio ambiente además de los conceptos inmanentes a dichas herramientas de apoyo (incertidumbre y economía de costes).

En relación al tema del ACV, es conveniente reiterar (se comentó ya en el apartado V.3) que existe información disponible, incluso comercialmente sobre materiales y productos para la construcción. El "IVAM environmental Research" (IVAM, 1998), es un organismo que tiene disponible una base de datos que incluye los resultados de análisis del ciclo de vida de más de cien materiales y productos,

organizados en una docena de grupos, aunque aún faltan por analizar muchos más.

También existen guías y manuales que proporcionan información detallada sobre ciclo de vida, adquisición y almacenamiento de materiales y productos desde el punto de vista Sostenible, pero con un marcado énfasis ambiental (ANINK, 1996; DEMKIN, 1996); asimismo se pueden consultar los impactos ambientales clasificados por grupo y categoría, datos relacionados con los procesos de fabricación, recomendaciones para la instalación y mantenimiento, reuso y reciclaje, generación de residuos sólidos y contaminantes, consumo de energía.

En el capítulo XII se utiliza un método para valorar Sosteniblemente los materiales y productos para construcción, el cual incluye al ACV para medir el comportamiento ambiental de los materiales.

El ACV no aborda sofisticaciones como la forma de evaluar un tipo de impacto ambiental con respecto a otro; por ejemplo que es más importante, la destrucción de un bosque tropical ocasionada por la extracción de materiales vírgenes o la oradación de la capa estratosférica de ozono que provoca el uso de CFC_s. La respuesta a este tipo de cuestiones no estarán disponibles en el corto plazo, lo que confirma que algunas de las técnicas propuestas para utilizarse en la Construcción Sostenible deben investigarse y desarrollarse aún más.

Por otra parte, la selección de la totalidad de los materiales de construcción de un edificio no necesariamente se hace antes de iniciar los trabajos de construcción, sin embargo sí es tema de análisis y de decisiones desde la etapa misma del diseño. Es por eso que se ha expuesto el tema al inicio de este capítulo relacionado con el proceso de construcción; también es claro que algunos de los materiales y productos se requerirán al comenzar a ejecutarse los primeros trabajos en la parcela de construcción

Dicho lo anterior, se pasa ahora a comentar el proceso mismo de construcción, en lo referente a las prácticas Sostenibles que se pretende inducir al procedimiento convencional de esta actividad industrial.

4. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

Los planos y las especificaciones son documentos inmanentes al proceso de construcción, que tienen la función de expresar los detalles del diseño de la obra a construir. En términos generales, los dibujos de los planos representan la localización, forma, tamaño y cantidad de materiales del proyecto, en tanto que las especificaciones son los documentos escritos que acompañan a los planos y describen las características de la obra.

Ambos documentos son los conductos fundamentales para transmitir las instrucciones al contratista encargado de ejecutar la construcción. Para nuestro caso, representan el medio para inducir la ejecución de los principios de Sostenibilidad.

Por supuesto que muy frecuentemente el concepto de Sostenibilidad no será familiar al contratista, y menos aún será coincidente con sus intereses; su desacuerdo con el enfoque Sostenible del proyecto podría tornar difícil y costosa, o imposible, la adopción práctica de esa orientación. Lo opuesto, es decir su conformidad, haría relativamente simple y poco honeroso llevar a la práctica los principios Sostenibles.

Es frecuente que el proceso de construcción disminuya y cause trastornos a los recursos naturales existentes en el sitio de construcción (vegetación nativa, fauna, drenaje natural), y que los reemplace con soluciones artificiales.

Los constructores y el proceso tradicional de construcción deben ser influenciados por los principios Sostenibles, para tratar de cambiar paulatinamente

la inercia prevaleciente. En este sentido, a continuación se abordan con mayor amplitud aspectos relacionados con el inicio de los trabajos y la evolución de la etapa propiamente de construcción.

Selección del contratista para la Construcción Sostenible. Cuando los propietarios o promotores decidan orientar la construcción de sus proyectos en una perspectiva Sostenible, se asegurarán que el contrato y las especificaciones contienen los requerimientos establecidos por el *equipo de trabajo para el proceso de Construcción Sostenible* (lo cual proviene de la etapa de diseño). Muchos de estos requerimientos corresponden típicamente al control directo del contratista de la construcción, quien debe ser seleccionado en función de los propósitos específicos del caso, preferiblemente desde la etapa de diseño, tal como se comentó en el apartado VII.1.

La responsabilidad profesional del contratista constructor es materializar el proyecto de acuerdo a lo establecido en el contrato, los planos, las especificaciones, el calendario de obra y el presupuesto del proyecto. La meta de este personaje será construir lo proyectado al más bajo coste, en el menor tiempo y con el mayor margen de ganancia posibles. Por consiguiente, seguramente no estará interesado en acatar prácticas Sostenibles, a menos que no impliquen costes adicionales, que hayan sido requeridas contractualmente o que sean económicamente atractivas para su negocio. Es por tanto imprescindible una negociación previa a la construcción con el contratista de la obra.

El equipo de trabajo es la pieza clave en este proceso orientado a asegurar el éxito del proyecto de Construcción Sostenible. Juntos el propietario, arquitectos, ingenieros y el contratista deben establecer las directrices, planes, metas y prácticas para el procedimiento de esta modalidad de construcción; la efectiva integración como grupo de trabajo facilitará el entendimiento y adhesión al proyecto por parte del mencionado contratista. Se asume que el grupo estableció especificaciones en la etapa de diseño, asimismo que incorporó en el contrato las responsabilidades Sostenibles que complementarán los trabajos de construcción, cuyo cumplimiento por parte del contratista deberá ser verificado por la supervisión durante toda la fase constructiva.

Seguramente que el contratista y su personal necesitarán que se les instruya en aspectos ambientales y Sostenibles, lo cual podrá hacerse por los miembros del equipo de trabajo que sean capaces de ayudar al multicitado contratista, a comprender que los procedimientos Sostenibles pueden ser equivalentes en coste a los convencionales, y que conviene aplicarlos aún sin la exigencia de normas y reglamentos. Deberán resaltar que algunas veces las prácticas Sostenibles se traducen en ahorros para el contratista, por ejemplo la preservación de los árboles nativos o las características geológicas del sitio de construcción pueden reducir las necesidades de replantar y de otros arreglos paisajísticos.

Cuidados preliminares del sitio de construcción. Es pertinente establecer instrucciones específicas para proteger el sitio de la construcción, que indiquen las áreas a usar por quienes intervengan en los trabajos de construcción y las áreas restringidas a preservar. Debe tomarse en cuenta, para corregirlo, que a menudo el contratista no controla la utilización de los diferentes espacios por parte de los subcontratistas y trabajadores, es decir, no toma medidas para el uso eficiente del sitio durante los constantes movimientos de materiales y equipo, lo cual causa daños innecesarios.

Las instrucciones para el uso de las diferentes áreas del terreno, requerirán que el contratista tome en cuenta los siguientes aspectos: localización de vehículos y casetas temporales, espacios para almacenar materiales voluminosos y equipo, áreas a proteger, aislamiento del sitio para evitar ingerencias del público, lugares de transferencia de residuos de la construcción así como procedimiento de manejo y remoción. También deben incluirse los requisitos de acceso y uso del terreno por parte de todas las personas involucradas en los trabajos de construcción, tales como proveedores, instaladores y personal en general.

Debe añadirse a las especificaciones la forma en que se limpiará el sitio, los impactos ambientales que puedan resultar en esta actividad, donde se ubicará la capa vegetal removida y forma de re-uso, tipos y localización de vegetación a

proteger así como la forma de hacerlo. Debe igualmente preverse la gestión del agua que puede resultar por la excavación para la cimentación, o por lluvia sobre la parcela.

Precauciones constructivas complementarias al diseño. El proyecto indica la forma de materializar la obra y se espera que se hayan incluido o especificado la mayor parte de los principios Sostenibles que se pretende materializar a través del proceso de construcción. Es responsabilidad del contratista ejecutar lo establecido en los planos y especificaciones, para lo cual además de la interpretación convencional utilizará su propio criterio. En este tipo de detalles prácticos, que no es posible plasmar en el proyecto, es donde debe enfatizarse la supervisión al contratista

En referencia a esto último, se hacen algunos comentarios para ilustrar casos que deben ser resueltos en el terreno.

Cimentación: Los cimientos tienen la particularidad de estar en contacto directo con el subsuelo, y de estar contruidos casi exclusivamente por hormigón. La inestabilidad de los compuestos que forman el cemento propicia reacciones con los componentes químicos de la tierra, siendo comunes los ataques de ácidos y sulfatos; este fenómeno puede propiciar problemas ambientales prácticamente inevitables, al entrar en contacto las sustancias químicas que se generan en las reacciones con el agua freática y al disminuir la vida útil de la construcción, lo cual adelanta la producción de residuos sólidos por demolición. Ante esa realidad difícil de controlar, durante la construcción de los cimientos es conveniente tomar algunas precauciones como las siguientes:

- Preservar los mantos freáticos y no intentar desviarlos.

- Tratar de minimizar las tierras sobrantes, mediante una gestión de volúmenes excedentes y con una buena programación y control de excavación y rellenos.

- Además de estas tierras, deben controlarse los sobrantes de todo tipo de materiales.

Estructura principal: derivado de la variedad de materiales utilizados en las estructuras, los problemas que pueden propiciar también son múltiples, sin embargo, se diferencian de los que ocurren en la cimentación porque prácticamente en la etapa de construcción de la estructura los impactos a cuidar se reducen a la generación de residuos sólidos.

Fachadas: en la selección de los materiales para fachadas debe tomarse en cuenta que los residuos de la demolición de origen plástico no se reciclan porque en general se degradan, aunque no lo suficiente para no producir contaminación; además como ya se sabe su fabricación es a base de petróleo, con un alto consumo de energía y propiciador de impactos ambientales; por consiguiente, es aconsejable sustituir ese tipo de productos por materiales reciclables.

Cubiertas: las cubiertas son los elementos constructivos de un edificio que están formados por más materiales diferentes, según la función que se les asigne (tal como ya se mencionó en el apartado de diseño); como consecuencia el contratista tendrá muchas variantes para poner en práctica su concientización o conveniencia sobre los principios de Sostenibilidad, relacionadas con productos consumidores de energía, con la independencia de los materiales para evitar la contaminación de unos con otros. Por ejemplo los pavimentos de las cubiertas no deben estar adheridos o en contacto con la membrana impermeable, es preferible sustituir el hormigón para formar la pendiente de las cubiertas planas por otras soluciones más Sostenibles.

Partición de interiores: En la construcción de estas divisiones de espacios, el constructor aplica su criterio en aspectos tales como la unión entre los elementos de la partición y de ésta con el techo y el piso. Para el caso, estas divisiones deben ser reversibles y no destructibles, con la finalidad de que permitan ser desmontadas, re-usadas o recicladas.

Asimismo, si se tiene la oportunidad de decidir las soluciones constructivas en obra, es conveniente inclinarse por los elementos con cámara de aire en el interior, lo que facilita el tendido de canalizaciones de servicios y la sustitución cuando se requiera, sin necesidad de hacer destrucciones productoras de residuos sólidos.

Previsión de la calidad del aire interior. Los problemas de la calidad del aire interno pueden originarse durante la construcción misma de los edificios, en esta etapa habrá polvo producido por diversas actividades, emisiones volátiles de compuestos orgánicos de los materiales y productos, compuestos volátiles provenientes de las máquinas para construcción o de los procesos inherentes (de soldadura, por ejemplo) y humedad.

Ya se ha comentado que los compuestos volátiles y las partículas aéreas son potencialmente peligrosas para la salud, o en concentraciones bajas son molestas. Estos contaminantes pueden permanecer dentro de la obra hasta después de que haya sido terminada; las rutas y formas a través de las cuales migran los contaminantes son los conductos de ventilación, calefacción, aire acondicionado, presurización diferencial de los espacios internos del edificio y a través de la ropa de los obreros.

La contaminación aérea desde varias fuentes (por ejemplo de compuestos orgánicos emitidos durante la instalación de acabados en techos y azoteas), se pueden filtrar a los edificios vecinos.

Los contaminantes del aire interno del edificio también pueden incidir en los trabajadores de la construcción, afectando su salud, confort y productividad. El grado de impacto es función del tipo, concentración y duración de la exposición al contaminante; las alergias y la hipersensibilidad individual a algunos contaminantes específicos son factores a considerar. Típicamente la contaminación interna asociada a las actividades de la construcción causa reacciones agudas de corto plazo, que pueden ser irritación en ojos, nariz, garganta y piel.

Misceláneos en la realización de una construcción con orientación Sostenible. Hay una variedad de precauciones a enfatizar en esta modalidad de construcción que deben ser asumidas por el contratista. Aunque pueden variar de una obra a otra, a continuación se explican algunas que deberían ser comunes en todas las construcciones.

- Aislamiento del sitio de construcción. Usar barreras para prevenir la acción de los contaminantes aéreos y para mitigar el ruido de la construcción; coordinar la instalación de estas barreras con los puntos de ventilación para que los contaminantes no sean dispersados a través de los sistemas de ventilación, cuando los haya.

- Identificación de los puntos de peligro potencial para la salud y anticipar las precauciones necesarias.

- Programar las actividades peligrosas para la salud en horas no hábiles, y cuando los ocupantes de los edificios vecinos no estén presentes.

- Verificar aspectos especiales, o propios de cada proyecto, como por ejemplo si en el diseño se previó el uso de luz natural para cubrir parte de las necesidades, habrá de confirmarse la eficacia de la luminosidad y, en su momento, la respuesta de los materiales especificados para ayudar a este propósito.

- En relación al uso eficiente de recursos naturales se pueden tomar medidas para:

- * Satisfacer eficientemente las necesidades de energía y agua,
- * Disminuir la producción de residuos sólidos mediante la reducción de empaques, solicitar materiales a granel o en contenedores re-usables,
- * Re-usar escombros en el sitio de construcción y en otras obras

Este importante tema de la generación de residuos sólidos y escombros durante los trabajos de construcción es función de aspectos como la calidad del

proyecto, la tecnología que se aplique, cualificación (deficiente) de los operarios, y de que el método de construcción tradicional quizá no repara en las incidencias que causan esos residuos.

Para tratar de minimizar la producción de residuos sólidos, además de las iniciativas que se han mencionado, debe preverse la atención a las principales fuentes generadoras, las que se pueden tipificar así:

- * sobrantes de elaboración de mezclas,
- * elementos y materiales que no se incorporan a la obra,
- * demoliciones parciales por calidad de construcción inadecuada,
- * pérdidas, roturas, derrames, entre muchas otras que son producto de deficiencias en la organización.

- Continuando con el tema de residuos, pero referidos a la basura que producirán los ocupantes del edificio, se subraya la necesidad de esmerarse en el revestimiento del local de acopio, cuidando además que el piso tenga la pendiente adecuada (como seguramente estará indicada en el plano), y conductos de evacuación de líquidos con holgura suficiente para permitir que sea lavado regularmente.

- Será de utilidad usar el sentido común en todos los casos como el siguiente: los productos húmedos como las pinturas, resinas y selladores liberan sus contenidos volátiles durante el período inmediato a su aplicación, al tiempo que otros productos como las alfombras, muebles y paneles pueden ser receptores de esas emisiones para liberarlas posteriormente en forma paulatina; por consiguiente debe programarse la aplicación previa de los primeros y ventilar los espacios durante y después de los trabajos, y posteriormente colocar los productos absorbentes.

- Al finalizar la construcción de los edificios y previamente a su ocupación, es conveniente vaciar el aire hacia el exterior a través de los sistemas de ventilación instalados con lo que se evitará la recirculación al operar normalmente

el equipo. Estas descargas se harán en tiempos inhábiles, por ejemplo durante los fines de semana o por las noches.

- Realizar inspecciones para verificar la eficiencia del control de contaminantes internos, y de ser necesario hacer ajustes en la gestión de la calidad del ambiente interno del edificio.

Se hace énfasis en que cada proyecto de construcción presenta sus propias características, las cuales han de ser consideradas individualmente y utilizar frecuentemente el sentido común para hacer las previsiones de cada caso.

Finalmente cabe comentar que en esta etapa de construcción, además de tener iniciativas, es imprescindible cumplir con lo especificado, es decir, deben ejecutarse cabalmente los principios de Sostenibilidad incorporados en los documentos del proyecto, paralelamente a la inspección y asesoría al contratista, para verificar que se realizarán todas las actividades de acuerdo a lo planeado.

CAPÍTULO IX

LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN EL FUNCIONAMIENTO, DESINCORPORACIÓN Y RECICLAJE DE EDIFICIOS

- 1. Operación y mantenimiento de edificios**
- 2. Rotación de materiales para construcción**
- 3. Generación de residuos sólidos en los procesos de
construcción y de demolición**
- 4. Desconstrucción de edificios**

Introducción. En este capítulo se plantea la última fase del proceso llamado de la cuna a la tumba de los edificios, analizados desde el punto de vista de la aproximación de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción.

De entrada se plantean algunas orientaciones relacionadas con la operación y mantenimiento de los edificios, actividades éstas que parecen no estar suficientemente atendidas, pero que conforman una etapa importante para el tema de Sostenibilidad, puesto que es donde se ubican los principios relacionados con el ambiente interior sano (libre de tóxicos) y con el de conservación de recursos naturales. Al final se aborda la generación de residuos sólidos por las actividades desarrolladas en el Sector, relacionándola con el método de desconstrucción que facilita el re-uso y reciclaje de materiales y productos para construcción.

1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

Las actividades de operación y mantenimiento (O y M) de los edificios tienen mayor importancia que la que usualmente se les otorga, no solo por los costes asociados que suelen ser mayores a lo largo de la vida útil que los costes iniciales de diseño y construcción, sino porque en estos inmuebles los ocupantes permanecen hasta el 90% de su tiempo (ROODMAN, 1995), con las consecuencias que esto puede acarrear.

En efecto, parece ser que la implementación de las normas de calidad ambiental de los edificios termina al concluirse la construcción del edificio, pues la operación y el mantenimiento generalmente no están suficientemente normados ni regulados por la autoridad del ramo. Por consiguiente, para extender los principios de Sostenibilidad hasta el final de la vida útil de los edificios, se señalan algunas prácticas vinculadas con la preservación del ambiente interior y con el uso eficiente de los recursos naturales, que deben realizarse en las actividades de O y M.

- *Personal de operación y mantenimiento.* Al iniciar la operación o funcionamiento de los edificios se seleccionará un grupo de personas, quienes

deben tener la cualificación suficiente para operar los equipos, efectuar las labores de limpieza, proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo menor. Es pertinente establecer un plan de educación continua relacionada con las actividades que desempeñará este personal.

- También debe elaborarse un *programa* para los procedimientos periódicos de inspección, mantenimiento preventivo mayor, limpieza y reparación de los componentes de los equipos operativos. Estas acciones estarán en concordancia con el diseño y necesidades de esos equipos, y tendrán que modificarse cuando el edificio también contemple cambios o cuando se reemplacen los equipos, por obsolescencia. Las aludidas actividades comprenderán a saber:

- * Verificar la cantidad de ocupantes, usos de los diferentes tipos de espacios y requerimientos de ventilación, temperatura y humedad.
- * Revisar la operación de componentes de los sistemas mecánicos y de los de limpieza.
- * Crear un procedimiento documentado de reparación y reemplazo.
- * Establecer métodos de evaluación de parámetros térmicos y de flujos de aire.
- * Proporcionar a los operarios material informativo comprensible para efectuar la limpieza y control de los servicios ambientales del edificio.

- El control de la *calidad del aire interno* ha emergido como uno de los temas más significativos de la operación de los edificios, debido al impacto potencial que representa para la salud de los ocupantes. Se considera que la calidad conveniente se alcanza cuando la contaminación interna está por debajo de los niveles que causan problemas a la salud humana, sin embargo existe confusión en el establecimiento de esos niveles por lo que se requiere investigar más en relación a este tema.

Aún con esa incertidumbre, es imprescindible la gestión prudente de los sistemas de ventilación que aseguren el abastecimiento de aire de buena calidad con suficiente oxígeno, bajos niveles de dióxido de carbono y que extraigan eficientemente el aire interior viciado.

El ambiente sano de los edificios no solo incluye el abastecimiento adecuado del aire interior, sino condiciones eficientes de calefacción, aire fresco y humedad, las que son indispensables para el confort y la productividad de los ocupantes.

La iluminación es otro factor que incide en la calidad del ambiente interno, y uno de los directamente vinculados con los problemas de la vista que también afecta a quienes trabajan en los edificios.

La acústica es otra característica a considerar en la calidad que se está comentando, pues algunos tipos e intensidades de ruido inciden en el “stress” de los empleados, que los conduce a estados de insatisfacción y por tanto merma su productividad.

Mitigar la acción de estos factores involucrados en la calidad del ambiente interno requiere cuidados como los siguientes:

- * Poner atención a las quejas y reclamos de los ocupantes, investigando causas y posibles soluciones.
- * Supervisar y verificar las instalaciones utilizando las técnicas más actualizadas sobre la materia del ambiente interno, hacer énfasis en las áreas de riesgo potencial.
- * Disponer mantenimiento preventivo regular de los principales componentes de los sistemas de aire acondicionado, calefacción, ventiladores, limpieza y cambio de filtros, inspección de termostatos, detectores de gases y humedad.

* Además de los cuidados de las instalaciones mecánicas debe controlarse la emisión de contaminantes provenientes de pinturas, alfombras, adhesivos y preservantes de muebles.

- *Ahorro de energía.* Tal vez el desafío más importante de la O y M de edificios sea la minimización del consumo de energía en la operación de los sistemas de ventilación, alumbrado y otros equipos. Afortunadamente cada vez hay modalidades tecnológicas que ayudan en esta tarea, verbigracia los dispositivos automáticos que ajustan los niveles de estos servicios a las necesidades de los usuarios y a la presencia o ausencia de personas en las áreas a servir, entre otras.

Se pueden programar operaciones que contribuyan al ahorro de energía, tales como:

* Ajustar los sistemas a las horas apropiadas según la época del año, tipo de uso y patrones de ocupación de las instalaciones; estos ajustes estarán también en función de la potencialidad contaminante del aire viciado.

* Este aire se puede regenerar con artefactos que no consumen energía, que trabajan a base de carbón activado, y otros mecanismos que limpian el aire.

* Limpiar los condensadores, evaporadores y enfriadores, para mantener la capacidad de transferencia de calor.

* Mejorar la eficiencia de los calentadores de agua y de los hornos.

* Vigilar y mantener los conductos de ventilación, cambiar filtros con regularidad, remover obstrucciones de tuberías.

* Llevar a cabo campañas de orientación y concientización de usuarios.

- *Iluminación.* Mantener la iluminación al nivel más adecuado para realizar las tareas según las áreas del edificio, limpiar y mantener los reflectores y lámparas, se reitera el uso de controles de encendido (apagado de luces en función de la presencia de personas), instalar luces fluorescentes y lámparas de sodio presurizado en lugar de vapor de mercurio, así como balastras de alta eficiencia, maximizar el uso de luz natural.

- *Gestión de residuos sólidos.* En los edificios, sobre todo en los de giro comercial, se generan considerables cantidades de residuos, muchos de los cuales pueden ser mitigados con programas de gestión adecuados, e. g. solicitar a granel los bienes que se reciben en envases, embalajes y otros empaques que producen residuos de papel, plástico, vidrio; también se pueden disminuir las cantidades de basura a enviar al vertedero a través de iniciativas para reciclar algunos residuos.

Los propietarios y/o usuarios pueden establecer programas de reducción de residuos, reciclaje y re-uso de materiales mediante acciones como éstas:

- * obtener apoyo para la gestión de residuos.
- * nombrar un grupo coordinador, con un representante que encabece.
- * Identificar las formas en que puede ser reducida la producción de basura, así como las posibilidades de re-uso y reciclaje.
- * planificar el proceso operativo.
- * proporcionar entrenamiento a empleados y ocupantes.
- * hacer seguimiento al desarrollo del programa.

La minimización de los residuos tóxicos puede lograrse mediante la colecta en contenedores especiales de ítems como balastras, lámparas fluorescentes al vapor de mercurio, aceite usado, baterías y acumuladores desechados e instrumentos a base de mercurio.

El local donde se acopie la basura producida en el edificio debe limpiarse periódicamente, cerciorarse de la ausencia de roedores y mantenerlo en condiciones que eviten la entrada de olores y emanaciones al interior de los pisos.

- *Conservación del agua.* Es fundamental educar a los ocupantes y a los encargados de efectuar el mantenimiento de la necesidad de ahorrar y hacer uso eficiente del agua. Contribuirán con este propósito algunas medidas eficientizadoras como regar en horas adecuadas para evitar pérdidas por evaporación, instalar descargas automáticas en sanitarios y urinarios, llaves economizadoras en lavabos, intentar la utilización de aguas grises y de lluvia para riego.

- *Aseo general.* Las diferentes partes del edificio requieren también diferentes formas de limpieza. La sala de conferencias de un edificio de oficinas, por ejemplo, requiere diferentes cuidados con distinta frecuencia a otras áreas del edificio.

Es pertinente la coordinación de labores de aseo con la operación de los sistemas de ventilación, con la finalidad de que no se interfiera una actividad con la otra.

En la selección de productos para las tareas específicas de limpieza debe considerarse la adquisición de los que contengan la menor cantidad de tóxicos posible.

Sería de utilidad realizar inspecciones periódicas que incluyan las áreas externas al edificio para cerciorarse que no hay fuentes contaminantes. Estas fuentes pueden ser terrenos o áreas sucias, campos donde se usan pesticidas y fertilizantes, superficies con poco drenaje, tiraderos incontrolados de basura, etc.

Al interior del edificio esa inspección comprende la identificación de condiciones que contribuyan a la contaminación, especialmente de biocontaminantes y partículas. La revisión también serviría para evidenciar, o no,

la presencia de organismos vivos, moho, polvo, condensación de pinturas, decoloración de techos (como indicativo de filtraciones y goteras), olores. La existencia de cualquiera de esas evidencias justificaría un exhaustivo mantenimiento y el incremento de frecuencia de limpieza.

Asimismo se revisarán los sótanos y áreas de ubicación de los sistemas mecánicos, se buscarían basura, insectos, agua estancada y daños por humedad. En los garajes, áreas de carga y descarga y zonas comerciales existe la tendencia de acumulación de residuos, polvo, aceite y contenedores de basura, lo cual justifica atención lo más frecuentemente posible.

Los accesos principales a los edificios son fuente de entrada de polvo y tierra que deben limpiarse y removerse diariamente, pues esta fuente y los equipos de ventilación representan la proporción mayoritaria de entrada de partículas al inmueble.

Las escaleras y elevadores funcionan como ductos que atraen contaminantes de los pisos bajos a los altos, razón por la que tienen que mantenerse libres de polvo, bacterias, partículas, emisiones de aceite y otros productos usados en la operación y mantenimiento de esos espacios que soportan un tráfico frecuente de personas.

Por otra parte, es conveniente disponer fumigaciones de los edificios como medida de control de insectos utilizando los productos menos peligrosos para los ocupantes, para los trabajadores y para el ambiente. La aplicación debe hacerse en horas y días inhábiles, notificando con antelación a los ocupantes.

La selección de productos para limpieza merece especial cuidado, puesto que son sustancias a utilizar rutinariamente, también esos productos deben tener la menor toxicidad posible, ser de efectos durables, estar en envases retornables, en lo posible que sean productos derivados de recursos renovables y biodegradables, representar peligros mínimos a la exposición y no impactar al medio ambiente.

Empero, aún con el mantenimiento más efectivo que se les dispense a los edificios a lo largo de su vida útil, la acción de la Entropía es inexorable y la obsolescencia obliga la desincorporación operativa y el consiguiente derrumbe; acontecimiento que produce fuertes impactos principalmente por los volúmenes de residuos sólidos que genera. Los principios de Sostenibilidad incluyen la rotación de esos residuos para los efectos y ventajas ya anotados en el apartado anterior; se pasa, entonces, al estudio de algunas particularidades referidas a dichos residuos.

2. ROTACIÓN DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción, que incluye la producción de materiales, es probablemente la mayor consumidora de recursos naturales, pues casi la mitad de la extracción de estos recursos son canalizados a dicha industria (JOHN, 1998), Algunos de esos materiales son agotables en un futuro no muy lejano (cobre, zinc, petróleo).

La construcción también es una de las actividades económicas que más residuos sólidos genera (ROODMAN, 1995), en algunos países este tipo de desperdicios superan en cantidad a los residuos municipales o urbanos y, al menos una parte considerable, es depositada fuera de los vertederos (son los casos de Brasil, México y muchos otros países latinoamericanos), con la consiguiente contaminación por lixiviados, obstrucción visual y de corrientes de agua que provocan inundaciones.

Ante esta realidad, los residuos sólidos que generan los edificios al finalizar su vida útil y ser derribados, e incluso los sobrantes sub-producidos en el proceso de construcción, tienen que ser gestionados potenciando su reaprovechamiento a través de procedimientos de rotación de materiales ya mencionados, como lo son el re-uso y el reciclaje.

La reutilización de materiales representa ventajas por ahorro de recursos naturales y de energía, así como el retraso de la disposición de los residuos sólidos de la construcción en los vertederos, que cada vez son más escasos,

costosos y problemáticos socialmente. La meta ideal de esa rotación debe ser la propensión a que el flujo de los materiales se desarrolle en un circuito cada vez más cerrado, obsérvese la figura IX. 1; eso significa que se minimice la entrada de recursos naturales que se indican en la parte inferior izquierda de la figura y se disminuya o retrase la salida de residuos sólidos, ubicados abajo a la derecha del ciclo.

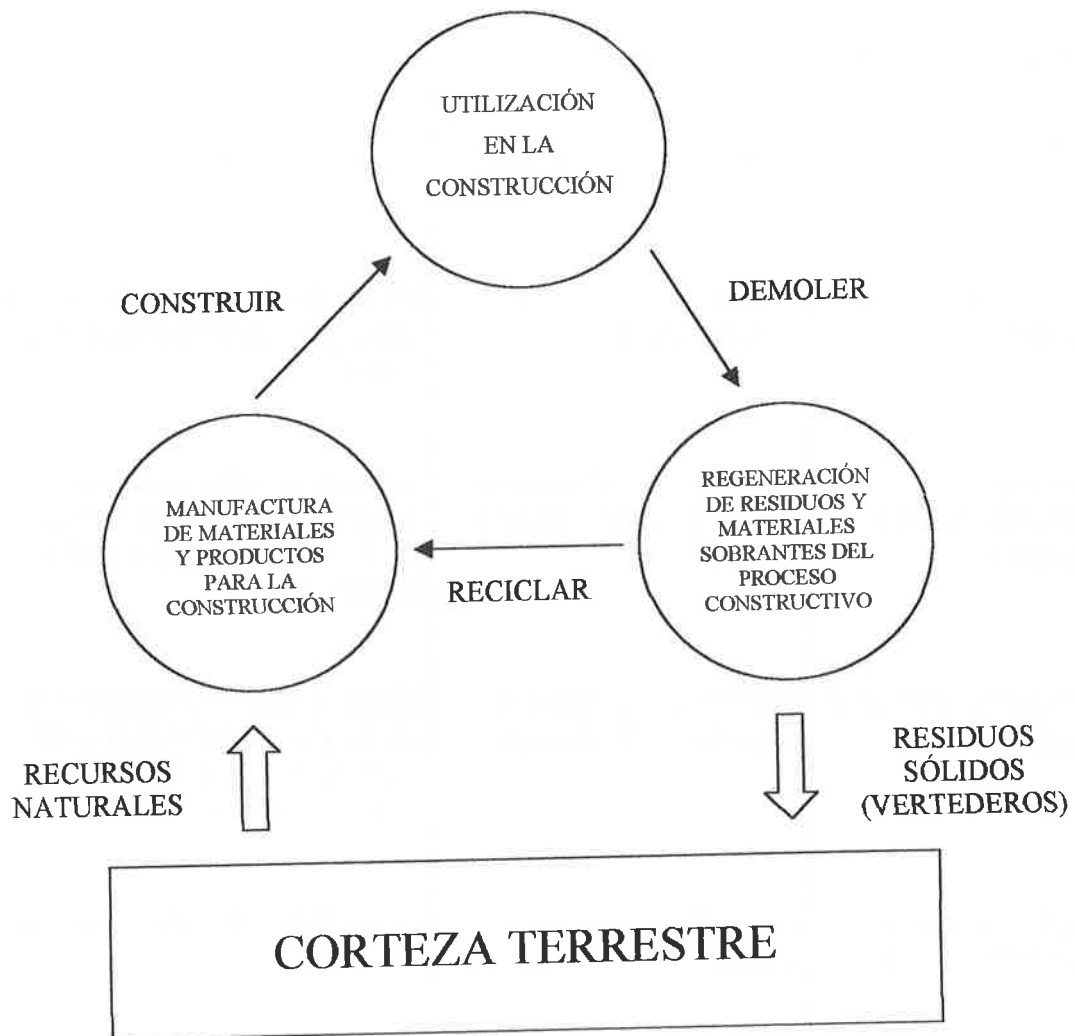


Figura IX. 1. Ciclo ideal de reutilización de los materiales para construcción.

La práctica actual en el uso de los materiales residuales es utilizarlos en obras de categoría inferior ("down cycling"), tal como se ejemplifica en la tabla IX. 1; o sea, la utilización de los productos reciclados y de reuso se destinan a construcciones de segundo orden, e. g. como componentes básicos de carreteras

o de obras hidráulicas, situación que es deseable se sustituya en el futuro por la re-utilización de este tipo de materiales en obras de mayor importancia y calidad, como lo sugiere la tabla de referencia, lo que revalorizaría el proceso de re-uso haciéndolo comercialmente más atractivo.

Tabla IX.1. Posibilidades de re-utilización de los materiales residuales en construcción

Clase de material	Re-utilización actual	Posible re-utilización futura
Residuos asfálticos	Sub-bases aglomeradas Sub-bases no unidas	Capas de acabado
Residuos de carreteras	Rellenos, sub-bases Sub-bases de soporte	Materiales suplementarios para hormigón, prefabricados, sub-bases
Residuos de edificación (ladrillo, cerámicos)	Rellenos, sub-bases de segundo orden, base de adoquines	Sub-bases para campos deportivos, substratos base para jardines, bloques para construcción
Hormigón y hormigón armado	Rellenos, sub-base de soportes y de drenaje	Material suplementario para hormigón, prefabricados de hormigón, sub-bases autofraguantes
Balastro usado de vías de ferrocarril	Granulados para vías, granulados finos	Granulados de alta categoría
Residuos mixtos de la construcción	100% al vertedero	Clasificación en materiales de fracción mineral y materiales revalorizables

3. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN

De la gran cantidad de residuos sólidos que originan las actividades de construcción, una parte significativa se genera en la demolición de los edificios y otra parte es resultado de los sobrantes del propio proceso constructivo. La composición de estos residuos es muy variada, según la región de que se trate, siendo obvias las diferencias de composición que existen entre países; verbigracia, las diferencias considerables entre los residuos que genera la construcción de viviendas tradicionales de los países en vías de desarrollo y los países desarrollados, así como las prácticas constructivas y el desarrollo tecnológico de los sectores de la construcción y demolición.

Al respecto, en la tabla IX.2 se muestran los datos de un estudio realizado en el estado Español que permite visualizar, con las limitaciones que supone la generalización, la composición de la masa de residuos sólidos, los cuales son enviados casi en su totalidad a los vertederos, pues sólo se recicla el 5% (HUETE, 1998).

Tabla IX.2. Valores medios de residuos sólidos generados en las etapas de construcción y demolición de edificios, (Caso de Sevilla, España).

Tipo de residuos	Construcción	Demolición
Tierras sobrantes	Más del 85%	0%
Pétreos y hormigón	7%	44%
Cerámicos	5%	42%
Metales y maderas	Menos del 1%	2%
Otros	2%	12%

Además de las diferencias de composición que se advierten hay, también, diferencias notables en la cantidad de residuos que se producen entre una región

y otra. Para ilustrar estas diferencias, en la tabla IX. 3. se relaciona la producción de algunos países de la Unión Europea, observándose una disparidad notable entre casi todos ellos.

Tabla IX.3. Producción de residuos sólidos en las etapas de construcción y demolición en algunos países de la Unión Europea (1990)

Fuente: Adaptado de (Aguilar, 1998)

País	Producción per cápita (kg/hab/año)	Observaciones
Alemania	880	Solo antigua República Federal Alemana
Bélgica	700	No incluye tierras de excavación ni residuos de obras públicas
Dinamarca	1275	
España	285	Solo residuos de demolición de edificios
Francia	580	
Holanda	940	
Irlanda	110	No incluye tierras de excavación ni residuos de obras públicas
Portugal	45	No incluye tierras de excavación ni residuos de obras públicas
Reino Unido	900	No incluye tierras de excavación ni residuos de obras públicas

Los residuos sólidos ocasionados por las actividades de construcción generalmente son más fáciles de reciclar que los de demolición, entre otras razones porque aquellos son materiales recién fabricados y por tanto no están deteriorados; además, la recogida selectiva y el transporte al centro de reciclado pueden ser inmediatos.

En contraposición, los residuos de demolición no son tan viables salvo que el material tenga un alto valor de reciclaje (los metales, por ejemplo) y que se generen grandes cantidades. La dificultad de la recogida selectiva, los costes de transporte y del propio reciclado a veces pueden ser superiores al valor del material nuevo, quedando sólo la ventaja ambiental como argumento de la conveniencia de reciclar, lo cual por supuesto no es un elemento convincente para la mayoría de quienes se involucran en estos procesos.

Quizá esto explica parcialmente la baja proporción de reciclaje que se hace en España de los residuos del proceso de construcción. Obsérvese en la Tabla IX. 2 que el 85% de esos residuos son tierras sobrantes, heterogéneas, con bajo valor de reciclaje.

Los residuos de construcción normalmente son embalajes de los productos que se utilizan en la obra y materiales sobrantes del proceso constructivo, por lo general estos últimos no son valorizados y se destinan a los vertederos, sin embargo cada vez es más frecuente el uso de productos prefabricados o fabricados en talleres y factorías, lo que está propiciando que se reduzca este tipo de residuos y aumenten los empaques o embalajes, que tienen más posibilidades de ser reciclados, pues los propios proveedores los reutilizan o los recuperadores los recogen para venderlos a las industrias de reciclaje.

El tipo de residuos que se están comentando generalmente son inertes, solo unos pocos son potencialmente peligrosos para la salud humana debido a su constitución tóxica, cancerígena o irritante, por lo que su recuperación selectiva no es con fines de aprovechamiento, sino para su posible tratamiento o disposición controlada, las características generales de este tipo de residuos son las siguientes:

- Son generados mayoritariamente en el proceso de construcción y su recuperación es difícil.

- Con excepción del asbesto, provienen de los productos y tratamientos para la protección, durabilidad y acabados.

- Más específicamente estos residuos son:

- * Materiales de fijación, por ejemplo para soldadura.
- * Materiales para juntas: mastique a base de betún y amianto.
- * Pinturas al aceite y metálica, barniz.
- * Productos químicos: anticorrosivos, fungicidas, detergentes.
- * Lodos para perforación.
- * También entran en esta clasificación los residuos de metales pesados, maderas tratadas, hidrocarburos.

Para obtener una recuperación efectiva de estos residuos peligrosos, es imprescindible que la recogida sea hecha en el sitio mismo donde se produzcan y no en el vertedero.

Materiales reciclables. Algunos residuos tienen más posibilidades comerciales de ser reciclados, debido a que existen plantas recicladoras consolidadas que no dependen exclusivamente de los residuos de la construcción como materia prima. En general son los residuos de naturaleza no pétreo, siendo su origen metálico, plástico o sintético, los cuales una vez procesados se utilizan nuevamente como materiales específicos de la construcción o como productos para la industria en general.

En cambio los residuos pétreos sólo se pueden producir en el Sector de la Construcción en cantidades suficientes para que su reciclaje sea económicamente atractivo, esto a su vez requiere una infraestructura de reciclaje que casi no existe en nuestro medio. De nuevo se hace referencia a la tabla IX. 2 para ilustrar el caso de España, donde la mayor parte de los residuos sólidos son de naturaleza pétreo y por tanto de baja reciclabilidad.

Una posibilidad para hacer atractiva económicamente la rotación de materiales, como ya se ha dicho, es que las obras sean pensadas y construidas

para ser recicladas al concluir su vida útil; es decir, que los elementos constitutivos de un edificio puedan ser desmontados y separados sin mucha dificultad ni degradación. Tal como se comentó en la fase de diseño, los proyectos deben concebirse para desconstruirse y no necesariamente para demolerse; en el argot se dice que hay que construir para desconstruir, desconstruir para reciclar y reciclar para volver a construir.

Con las limitaciones aludidas, el re-aprovechamiento de los residuos de la construcción en nuestro medio tiene las siguientes posibilidades:

- Los pétreos se pueden reincorporar al proceso constructivo después de un procedimiento de machaqueo, quitando impurezas y materiales inconvenientes como las armaduras en el caso del hormigón armado.
- En tanto que los elementos de metal son susceptibles de ser fundidos para elaborar nuevas piezas, o ser reutilizados en otras obras.
- Algunos productos sintéticos como los asfaltos y betunes pueden usarse en masa para construir pavimentos y firmes, mientras que para los plásticos habrá variaciones que en ocasiones dificulten su reciclaje, sobretodo si se intenta transformarlos en productos no destinados al Sector de la Construcción.
- Las maderas se pueden triturar para producir aglomerados, y eventualmente son utilizadas para producir energía.

Materiales re-usables. Se entiende por re-utilización o re-uso de materiales, la recuperación de elementos completos a los que se hacen transformaciones menores para volver a incorporarlos al proceso de construcción. Por tratarse de un proceso abreviado representa ventajas económicas, además de ambientales, que son las de interés para el caso de la Sostenibilidad.

Los materiales re-usables varían según las características de los edificios y de la disposición al re-uso de quien deba tomar las decisiones. A continuación se hace una lista de ejemplos con los elementos constructivos de re-uso más obvios.

-Fachadas: revestimiento de piedra y paneles, elementos prefabricados de hormigón, puertas, ventanas.

-Estructuras: columnas, vigas, piezas prefabricadas de hormigón, cerchas.

-Cubiertas: tejas, estructuras ligeras, tableros, soleras prefabricadas.

-Partición de interiores: mamparas, tabiques, barandillas, puertas, ventanas.

-Instalaciones: maquinaria de ventilación, compresores y aditamentos acondicionadores, mobiliario fijo para baños.

El re-uso de elementos para la construcción depende de varios factores. En los países latinoamericanos, por ejemplo, uno de los primeros asuntos a resolver sería convencer a propietarios y usuarios para que aceptaran los ítems "usados", que su idiosincrasia les hace ver como degradados o de calidad inferior; de lo cual se decanta otro factor que se refiere al estado de conservación de los elementos constructivos.

En algunas regiones del planeta la oferta de determinados materiales vírgenes es grande, por consiguiente los materiales de re-uso no pueden competir con aquellos. Asimismo, el transporte de los residuos desde los lugares de producción a las instalaciones de tratamiento, almacenaje y utilización puede ser tan grande que supere en coste al valor de los residuos.

Por otra parte, en la medida en que el coste para deshacerse de los residuos sea alto, será mayor el interés por re-aprovecharlos en los procesos productivos. En este sentido, algunos países industrializados tienen políticas que penalizan con precios más altos el vertido de residuos de los que no se haya

intentado su aprovechamiento, dicha política estimula las iniciativas de re-uso y disminuye la generación de residuos en el proceso de construcción y las cantidades de escombros a enviar a los vertederos.

Este esquema no es viable en los países en vías de desarrollo, donde prácticamente no existen los costes de vertido.

Antes de cerrar el tema de los residuos sólidos generados en el Sector de la Construcción, se considera de utilidad subrayar la importancia que adquiere el procedimiento de desconstrucción frente al aspecto Entrópico que ofrecen los grandes apilamientos heterogéneos de residuos sólidos que sub-produce el mencionado Sector. Con fundamento en este comentario y con la convicción de que el procedimiento puede facilitar y motivar las actividades que conduzcan al re-uso y reciclaje de dichos residuos, a continuación se explica la metodología de desconstrucción.

4. DESCONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

Se denomina desconstrucción o deconstrucción al conjunto de actividades que permiten el desmantelamiento organizado de las construcciones, para recuperar y aprovechar una parte de los materiales en nuevas construcciones o en otros procesos industriales.

Este proceso requiere más participantes que la demolición convencional, los trabajos de desmantelamiento son más complicados debido al procedimiento gradual y selectivo que combina varias acciones diferentes que se complementan entre sí, lo que hace necesaria la participación de protagonistas como el demoledor, el recuperador de materiales reciclables, el recuperador de elementos arquitectónicos, entre otros.

Aunque existen varias modalidades de desconstrucción, para efectos de los principios de Sostenibilidad se considerará la que incorpora actividades para recuperar elementos arquitectónicos, productos contaminantes (para gestionarlos

adecuadamente), materiales reciclables, mobiliario y equipo, materiales pétreos. Es pertinente comentar que algunas técnicas como las voladuras controladas no son compatibles con el objetivo de reciclar y reusar materiales, aunque se empieza a practicar demoliciones parciales con este método cuidando los requerimientos de rotación de materiales.

En la implementación del procedimiento de desconstrucción de edificios se identifican dos fases diferentes, que se refieren a la planificación de los trabajos y a la ejecución propiamente dicha (JUNTA, 1995), las cuales se explican a continuación.

Planificación de la desconstrucción. Se comentó arriba que el modelo más adecuado para los objetivos de esta tesis, es el que contempla el retiro del edificio, de todos los elementos con posibilidades de ser reutilizados que no sean de naturaleza pétreo, y posteriormente se derriva la estructura generalmente de hormigón susceptible de re-aprovechar. Esto requiere planificar las actividades que garanticen esa secuencia y aprovechamiento de materiales, lo cual se inicia con un reconocimiento previo al inmueble, como consecuencia se elaboran los documentos que integran el proyecto de desconstrucción y se efectúan las gestiones legales y comerciales pertinentes.

Reconocimiento: es imprescindible reconocer en detalle el edificio a desmantelar, mediante una inspección técnica que permita determinar los materiales predominantes, el estado actual de los elementos estructurales que participan en la estabilidad, estado actual de las instalaciones y equipos de servicios, las condiciones en que se encuentran los edificios vecinos. Durante la inspección visual se tomarán notas, mediciones y muestras de algunos materiales.

En síntesis, la finalidad del reconocimiento, además de verificar aspectos de seguridad, es determinar el método y técnicas de desmontaje y demolición más adecuados.

Proyectos de ejecución: lo integran un conjunto de documentos técnicos que contienen información de:

- Detalles del edificio a desconstruir, soluciones para el desmontaje selectivo y medios auxiliares para ejecutar el proceso.
- Relación del orden de ejecución de los trabajos, delimitación de los ámbitos de actuación de los participantes y sus responsabilidades, planteamiento de las acciones preventivas para garantizar la seguridad del proceso.
- La estimación de volúmenes y características de los residuos que se generarán y recomendar procedimientos para facilitar la selección primaria en la obra.

El proyecto de desconstrucción tiene semejanza con el proyecto de una construcción nueva, pues lo integran la memoria descriptiva, planos, prescripciones y estimación económica; la diferencia notable es que aquel describe con cierto detalle los trabajos a ejecutar para facilitar el procedimiento de reciclaje y re-uso posterior de los productos rescatables, y proporciona pautas para la gestión más conveniente de los residuos sobrantes de la desconstrucción.

La parte gráfica del proyecto muestra el estado actual del edificio representado por plantas, alzados, secciones y detalles de las características constructivas principales, particularmente de la estructura.

También incluye la ordenación del proceso de desmontaje, señalización de las zonas a apuntalar y el emplazamiento previsto para las instalaciones recicladoras o de recogida selectiva.

Ejecución de la desconstrucción. Una vez proyectados los trabajos, se está en posibilidad de proceder a la ejecución de la desconstrucción a través de las siguientes etapas: desmontaje de elementos arquitectónicos recuperables, desmontaje de elementos reciclables, retiro de elementos que formen parte de la

estructura, desmontaje y demolición de los componentes de la estructura principal y selección in situ de los materiales reciclables y re-usables.

Previamente a la ejecución de los trabajos de desmantelamiento se hacen labores de preparación y de la propia ejecución material, como las siguientes:

- Comunicación a las instancias involucradas o que pueden resultar afectadas, tales como autoridades, compañías de servicios, servicios públicos, vecinos.

- Cancelación de instalaciones de servicios: agua, gas, electricidad, etc.; solo se conservan los mínimos indispensables para el procedimiento de desconstrucción, siempre de acuerdo con las empresas prestadoras de esos servicios.

- Apuntalamiento: los elementos constructivos y estructurales estarán sujetos a cambios significativos por acumulación de cargas en algunas partes donde no las había, o por el retiro de elementos que en apariencia no forman parte de la estructura, eventos éstos que ameritan apuntalar desde el principio de los trabajos todos los componentes que puedan provocar derrumbes incontrolados.

- Colocación de andamios. Estos aditamentos, al tiempo que sirven de protección colectiva, permiten trabajar con cierta seguridad a diferentes alturas en el desmonte de piezas que forman la fachada.

- Medios preventivos de protección. En este rublo se incluyen los cuidados pertinentes, según el caso, para proteger a los operarios de la obra, a los viandantes y a los ocupantes de los edificios vecinos, mediante el acato de las normas establecidas para las demoliciones convencionales.

- Evaluación de los materiales recuperados. Para facilitar la recogida y selección de los materiales rescatados es conveniente disponer de contenedores específicos para materiales de la misma naturaleza, se deben prever vías de

desalojo diferenciadas, utilizar conductos verticales y horizontales para el caso de algunos tipos de materiales.

Ejecución material: como ya se apuntó, la desconstrucción es una forma ordenada de desmantelar un edificio en sentido inverso a su construcción, de manera que en resumen el procedimiento lógico para realizarlo es:

- Desarrollar los trabajos planta por planta, en orden descendente, reduciendo tanto como sea posible la carga de soporte de los elementos antes de iniciar el proceso.
- Retirar los equipos mecánicos de servicios, tales como ascensores, sistemas de ventilación, productores de presión y agua caliente, electrógenos.
- Desmontar revestimientos, acabados y decoraciones; en ocasiones estos materiales y algunas piezas de naturaleza pétreo pueden estar sometidos a cargas y forman parte de determinado equilibrio tensional.
- Continuar con el desmantelamiento de instalaciones de conducción de fluidos y otras piezas que resten cargas a la estructura y puedan quitarse con facilidad sin que se afecte la estabilidad de elementos constructivos.
- Retirar cubiertas, iniciando por las capas situadas en el exterior del edificio y continuando hacia el interior. Siempre debe iniciarse el desmantelamiento de los planos inclinados de las cubiertas, siguiendo el sentido descendente y finalizando en los voladizos. Previamente deberán retirarse aditamentos que sobresalen de la cubierta, e. g. chimeneas, conductos de ventilación.
- Demoler la fachada, retirando con anticipación los elementos constructivos situados en ella. Las puertas y ventanas se quitarán a medida que se haga el desmontaje de la fachada o paramento donde se ubican. Si el muro de fachada es portante, es fundamental el apuntalamiento previo, y si fuese de piezas prefabricadas debe comprobarse si están sometidas a cargas no previstas.

- Uno de los pasos finales corresponde a la demolición de la estructura principal del edificio, lo que se hará al terminar de desmontar los elementos arquitectónicos, los elementos constructivos portantes, cubiertas. Se trata pues de desconstruir techumbres, vigas, columnas, trabes, losas y otros elementos medulares del edificio. El apuntalamiento es fundamental en esta fase de derruir piezas de mucho peso, las cargas que soportan los puntales deben transmitir a los elementos estructurales inferiores que estén en buen estado.

Finalmente en cuanto a materiales, se subraya el cuidado que debe tenerse con productos que contengan metales pesados y sustancias consideradas tóxicas o peligrosas para la salud, los cuales deben manipularse con precaución y depositarse en contenedores exclusivos para este tipo de materiales y posteriormente gestionarlos adecuadamente. En el mismo sentido, si el suelo entra en contacto con productos tóxicos o contaminantes cabe aplicar tratamientos inertizables.

Y en cuanto a los ejecutores materiales de la desconstrucción, puede adoptarse el modelo tradicional de demolición basado en un contratista que disponga de la tecnología y capacidad de realizar la mayor parte de los trabajos, para que asuma la responsabilidad de coordinar las actividades de las personas o empresas que participan en el negocio de re-utilización de materiales. También se pueden seguir otros modelos, por ejemplo el basado en un profesional o empresa constructora encargada de la ejecución, que tenga experiencia y conciencia ambiental, y que sólo actúe como director de los trabajos que lleven a cabo el resto de los interesados participantes.

CUARTA PARTE

**HACIA LA MEDICIÓN DE LA
SOSTENIBILIDAD**

CAPÍTULO X

BASE METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN UNA REGIÓN

- 1. Selección de una región real**
- 2. Datos básicos de la región seleccionada**
- 3. Variables para indicadores de Sostenibilidad en la región de Sinaloa, México**

Introducción. En la cumbre de Río de Janeiro se acordaron varias acciones para propender al Desarrollo Sostenible. Para apoyar esas propuestas, en la misma reunión se acordó que la Organización de las Naciones Unidas estableciera un conjunto de indicadores de Sostenibilidad que ayudaran a estimar el progreso del objetivo de referencia, al tiempo que también en la Agenda 21 se incluyó un llamado para el desarrollo de indicadores. La idea central de este tipo de indicadores era, y es, tratar de conocer con cierta objetividad si los conceptos que forman una acción Sostenible, evolucionan mejor o peor a lo largo de un período razonable de tiempo establecido.

De esa forma se asume que la Sostenibilidad debe ser evaluada o medida para argumentar su existencia y utilidad, aunque debe tenerse en cuenta que los indicadores de Sostenibilidad tienen utilidad en términos de un mejor conocimiento de variables de un proyecto o plan, y no como instrumentos de medición precisa. Con fundamento en lo anterior, en este capítulo se trata de emular la idea inicial para operativizar el paradigma de la Sostenibilidad, mediante una visión de conjunto de una región de donde emanará un grupo de indicadores de Sostenibilidad para el caso del Sector de la Construcción.

1. SELECCIÓN DE UNA REGIÓN REAL

Respondiendo a una de las características de la Ingeniería que se relaciona con el pragmatismo, se estimó conveniente que el ejercicio se ubicara en un lugar geográfico real, y que las características de esa realidad fueran susceptibles a la aplicación de los principios de Sostenibilidad, otorgando preferencia a un país en vías de desarrollo según lo sugiere el Informe Brundtland. En función de estas premisas se eligió la región de Sinaloa, México, que coincide con el Estado (Provincia) del mismo nombre y es suficientemente conocida por el autor de este trabajo.

Los indicadores de Sostenibilidad para el tema de la construcción necesariamente deberán abordar aspectos relacionados con planificación, urbanismo, disposición final de residuos de las actividades constructivas, entre

otras interrelaciones sectoriales y regionales; por consiguiente, no es conveniente hacer una abstracción para el caso del Sector de la Construcción y efectuar un planteamiento completamente aislado, sino que dichos indicadores deben ser paralelos a los de escala nacional y regional si los hubiera.

A este respecto, en la República Mexicana existe al menos un planteamiento interesante de indicadores de Sostenibilidad a escala nacional (UN, 1998), por lo que en este trabajo no se abundará sobre el tema a esa escala, sino que tomando en cuenta esa iniciativa y considerando la inexistencia de una propuesta local, se reitera el propósito de abordar el procedimiento para sugerir un conjunto de variables o temas para indicadores de Sostenibilidad de la Región de Sinaloa, mediante un esquema mínimo, que sirva como marco de trabajo para el desarrollo de los citados indicadores, a exponer en el próximo capítulo.

En general se ha investigado y escrito mucho sobre indicadores económicos y últimamente sobre indicadores ambientales, pero mucho menos trabajo se ha realizado sobre Indicadores de Sostenibilidad.

Sobre éste último tipo de indicadores, en el concierto internacional se han hecho propuestas que varían considerablemente, dependiendo de la interpretación que se hace de la Sostenibilidad, la escala del ámbito de estudio, el marco de trabajo delimitado y los intereses, metas y hasta el tipo de educación y experiencia de los autores. A pesar de esta heterogeneidad, se observa un criterio prevaleciente que se orienta a aspectos tales como capacidad de carga de los recursos naturales y ecosistemas, reducción del impacto de las actividades humanas en el medio ambiente, equidad inter e intrageneracional, integración de metas a largo plazo y la preservación de la diversidad biológica-económica-cultural.

Por otra parte, se recuerda que no hay consenso en la aceptación del significado de Sostenibilidad (capítulo III), por tanto tampoco puede haber un

amplio acuerdo en la forma de su medición. Derivado de esta desavenencia, varios autores y organizaciones han tomado iniciativas particulares para formular propuestas de indicadores de Sostenibilidad específicos que respondan a sus necesidades (SUSTAINABLE SEATTLE,1998; UN,1998 ; XARXA, 1998). Algunos de esos indicadores son de carácter global, y en todos los casos tienen un marcado énfasis ambiental.

Existe incertidumbre en la tarea que supone hacer propuestas de indicadores de este tipo, pues no se tienen muchos antecedentes que pudieran servir de apoyo. No se sabe realmente como es una sociedad Sostenible, porque no se tiene registrada la existencia de alguna; por ahora solo se conocen teorías de dimensión global y propuestas bien intencionadas de algunas ciudades.

Las experiencias de esas ciudades (CITY OF WINNIPEG,1998; FCBS,1998; SUSTAINABLE SEATTLE,1998) sugieren establecer un número reducido de indicadores, para tratar de que sean operativos . Lo más importante que se ha logrado extraer de estas experiencias, es que las propuestas propician una forma de aprendizaje y perfeccionamiento, a través de la evaluación y correcciones iterativas que han hecho los ciudadanos y sus representantes.

Recogiendo la lección de esas experiencias, en este ejercicio académico se hace una propuesta que se puede denominar mínima por su esquematización, la cual tiene la finalidad de establecer un marco de referencia para la identificación de variables que puedan dar paso al establecimiento de indicadores.

Existe abundante literatura sobre desarrollo regional que podría relacionarse con la propuesta de variables a partir de las que se desarrollarán los indicadores, pero no será abordada aquí puesto que implicaría un amplio trabajo de investigación regional, situación que se aparta de los objetivos de esta tesis, pero puede ser la pauta para otro trabajo académico similar a éste con enfoque

regional. No obstante, más adelante se mencionan los temas que se tomaron en cuenta para plantear el perfil de los indicadores en cuestión.

En síntesis, en este capítulo se proporciona información básica de la Región de Sinaloa, México y se hace una propuesta marco de temas para indicadores regionales de Sostenibilidad, de la cual deberá emanar un grupo de indicadores de Sostenibilidad para el Sector de la Construcción de la Región Sinaloense.

2. DATOS BÁSICOS DE LA REGIÓN SELECCIONADA

Tomando en consideración las anteriores premisas, se describe someramente la Región de Sinaloa, haciendo referencia a la información y datos básicos que se utilizan en el desarrollo regional y con la atención puesta en los principios de Sostenibilidad.

El Estado de Sinaloa, figura X.1, la Región Sinaloa para el caso, con una extensión territorial de 58 092 Km² representa 2.9% de la superficie total de México; está situada en la Zona Noroeste del país, a orillas del Océano Pacífico y tiene un clima de carácter mediterráneo. El litoral longitudinal paralelo a la línea de costa mide 700 km aproximadamente, y tiene unos 80 Km de anchura media, el resto de la región es montañosa, con picos de más de 2 000 m (INEGI, 1998).

En forma agregada, la distribución territorial es la siguiente :

Area agrícola.....	35%
Selvática.....	40%
Bosque.....	15%
Matorral y pastizal.....	3%
Otros.....	7%



Figura X.1. La Región de Sinaloa, México

En forma más explícita, el clima de la Región Sinaloense es cálido y semicálido subhúmedo, con lluvias en verano en la mitad de su territorio ; en la otra mitad el clima predominante es seco y semiseco, cálido y muy cálido.

A finales de 1995, la población total era de 2 425 675 habitantes (INEGI, 1998), el 80% de ésta se concentra en la franja o línea costera antes mencionada.

Desde el punto de vista Económico la distribución sectorial es así :

Sector primario.....	29%
Sector secundario.....	20%
Sector terciario.....	51%

la agricultura de Sinaloa es una de las más (o la más) tecnificadas del país. Para su irrigación cuenta con 10 presas con capacidad de almacenamiento de 18 mil millones de m³, lo que representa una potencialidad de riego de 829 mil Has La actividad agrícola es, por tanto, el detonador de la vida económica regional.

La franja longitudinal montañosa que se ubica paralelamente a la línea de costa denominada "Los Altos", tiene una agricultura de temporal conformada por parcelas reducidas aptas para el cultivo, las que también se dedican a la ganadería extensiva.

En la ganadería de la región predomina la cría de bovinos (1.5 millones de cabezas en 1995). Por otra parte, la producción forestal no es importante y cubre solo una parte de la demanda.

En cambio la pesquería Sinaloense tiene renombre internacional por su cuantía y calidad; ocupa el primer lugar del país según el valor de la producción, con el 20% del total de la producción nacional. En la región están asentadas la mayoría de las granjas acuícolas, plantas industriales y cooperativas pesqueras de la República Mexicana.

Hablando de minería, en 1995 se produjo una tonelada de oro, 39 de plata y 4 000 de minerales industriales (cobre, plomo, zinc y cadmio).

La industria estaba conformada, en el año que se acaba de citar, por casi 5 000 establecimientos. La propia región les abastecía del 59% de los insumos que requerían, dependiendo del resto del país en 36% y 5% del extranjero. El 70% de la producción industrial se destina al consumo final en la propia región, y el resto a los mercados nacional e internacional.

Así pues, aunque la exportación de bienes manufacturados es reducida, lo contrario ocurre con sus productos agrícolas y pesqueros. En 1995 la exportación regional de estos productos fue de 991 millones de Dólares; los principales países con que se comercia son, en orden de importancia cuantitativa: Estados Unidos, Japón, España, Canadá, Francia, Italia, Suiza y Argentina, además de otros.

El turismo también es un rubro económico de importancia en la región, por su capacidad generadora de empleos y de captación de divisas. Se reciben 1.5 millones de turistas al año, principalmente atraídos por las playas, vasos de presas, pueblos coloniales y cinegetismo.

En cuanto a infraestructura se cuenta con 3 000 Km de caminos pavimentados, 6 200 revestidos y 7 200 de terracería; 1 250 Km de vía férrea; los puertos marítimos de la región cuentan con 33 muelles que totalizan 12 200 m, de los cuales destacan dos por la magnitud de sus instalaciones de altura y turísticas; también se cuenta con dos aeropuertos internacionales y 105 aeropistas; la radiodifusión opera más de 50 estaciones, la televisión 12 canales locales y repetidores nacionales y el periodismo escrito lo realizan 14 empresas editoras.

Sintetizando el potencial económico de la región Sinaloense, en 1995 el producto regional bruto fue de 5 380 millones de Dólares; en el largo plazo (1970-1995) la economía creció en promedio 4.1% anual en términos reales, en tanto que la población creció 2.6% (MARADIAGA, 1996).

De la anterior sinopsis regional se deduce que las principales fuentes de negocio (agricultura, pesca y turismo), están vinculadas con los recursos naturales, lo cual indica que los principios de Sostenibilidad en el uso de estos recursos deben ser fundamentales, para lograr que el potencial económico Sinaloense se mantenga a través del tiempo.

Al abordar aspectos regionales surge la pertinencia de planificar la Sostenibilidad local, empero como ya se comentó ese objetivo está fuera del alcance de este estudio, por lo que solo se mencionan algunos temas susceptibles de ser tratados, los que de cualquier manera representan la base sobre la que se trabajó para perfilar la lista de variables regionales para la Sostenibilidad. Los temas de referencia son:

Ordenación del territorio, protección de la biodiversidad y conservación de los recursos. Incluye la interacción del ambiente construido (urbano y productivo) y los sistemas naturales terrestres y litorales, la determinación de los impactos, la diversidad biológica y su conservación, y la previsión de los efectos en el ambiente del desarrollo futuro.

Sostenibilidad de los asentamientos humanos. Se hace referencia al análisis de los asentamientos humanos con el criterio propuesto por la Agenda Hábitat (UNCHS, 1996), y los criterios de Sostenibilidad que se están utilizando en la gestión de ciudades (CITY OF WINNIPEG, 1998, SUSTAINABLE SEATTLE, 1998), abarcando la reducción de impactos de la contaminación y la mejora de calidad de vida.

Ecoeficiencia de los sistemas de producción. Comprende los elementos que soportan la estructura productiva local, desde la gestión Sostenible de

los recursos naturales hasta la eficiencia de los sistemas de producción, los impactos que se generan en el entorno, así como el transporte de la producción.

Gestión social y servicios. Trata de la gestión y organización de la población, los desequilibrios sociales y la accesibilidad a los servicios básicos para la propensión a la Sostenibilidad, distribución de la población en el territorio y sus desplazamientos.

Estructura socioeconómica y relaciones con el exterior regional. Distribución de la riqueza en la región, la estructura productiva y mercantil, las relaciones con el resto del país y con el resto del mundo, especialmente con Estados Unidos, por su cercanía geográfica.

3. VARIABLES PARA INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA REGIÓN DE SINALOA, MÉXICO

El perfil regional que se acaba de bosquejar, ha sido tomado en cuenta para hacer una lista inicialmente grande de posibles indicadores de Sostenibilidad en Sinaloa. Atendiendo la recomendación de que el número de indicadores debe ser reducido y representativo del espacio físico de interés (BELL, 1999; OECD, 1993), después del correspondiente análisis del acopio inicial, se identificaron los más representativos para el caso del Desarrollo Sostenible. La tabla X.1 contiene una propuesta mínima de variables, a partir de las cuales se propondrá un grupo de indicadores de Sostenibilidad para la región en estudio.

Para el caso se consideran sinónimos las variables regionales identificadas y el nombre de los perfiles para indicadores de Sostenibilidad, en la tabla X.1 se les llama resumidamente “indicador” y se agrupan según el ámbito social, económico, ambiental e institucional, que como se sabe son los principales pilares de la Sostenibilidad.

Asimismo, cada una de las variables se relaciona con la Agenda 21 según la identidad con los capítulos de dicho documento, también se adopta la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, a objeto de identificar los tipos de indicadores que se perfilan: presión, estado y respuesta (OECD, 1993).

De la tabla de referencia no se extrae mayor conclusión, utilizándose únicamente para seleccionar la propuesta de indicadores de Sostenibilidad que se expone en el próximo capítulo.

La orientación metodológica para hacer esta propuesta mínima es una aproximación de carácter reduccionista (división de un sistema en sus componentes para estudiarlos por separado y posteriormente conjuntarlos), porque así conviene a los objetivos de este trabajo, que no pretende considerar todos los indicadores potencialmente posibles de la región. En esta misma lista, por ejemplo, se pudieron haber incluido indicadores sobre generación de residuos peligrosos en las áreas agrícolas, migración humana, acceso de la ciudadanía a la información, seguridad pública, entre muchos otros que parecen lógicos por las particularidades de la región y desde el punto de vista Sostenible; empero, se han seleccionado los que se considera suficientes y de utilidad para fundamentar el desarrollo de indicadores en el Sector de la Construcción de la región de Sinaloa. Así pues, a continuación se expone la relación de variables regionales o perfiles de indicadores a los que se ha estado haciendo referencia.

Tabla X.1. Identificación de variables para indicadores de Sostenibilidad en la región de Sinaloa, México.

INDICADOR (o variable)	IDENTIFICACION CON LA AGENDA 21	TIPO DE INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN BREVE
ÁMBITO SOCIAL				
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN	Cap. 5: Demografía y Sostenibilidad	Presión	%	Describe el promedio anual del incremento poblacional. El crecimiento incesante de la población es uno de los factores más importantes que afectan a la Sostenibilidad a largo plazo.
TASA DE FERTILIDAD	"	Presión	Millar	Promedio de hijos que alumbrarán las mujeres en su vida. El desequilibrio entre el crecimiento poblacional y las metas sociales, económicas y ambientales representan implicaciones importantes para la Sostenibilidad.
DENSIDAD POBLACIONAL	"	Estado	Población/ Km ²	Población total dividida entre la superficie territorial. La Agenda 21 relaciona este índice con disponibilidad de agua, producción de desechos, desertización y daños al medio ambiente.
TASA DE DESEMPLEO	"	Estado	%	Mide la población en edad de trabajar que está en paro disponible para aceptar empleo o en búsqueda de él. Esta información es útil para medir el desarrollo sobre todo si se dispone de datos fiables en el tiempo.
INDICE DE DESIGUALDAD DE INGRESOS	Cap. 3: Combate a la pobreza	Estado	Adimensional (de 0 a 1)	Muestra el nivel de ingresos o desigualdad de recursos de una población determinada. El nivel de recursos y la equidad son componentes fundamentales de la Sostenibilidad.
DIFERENCIA DE SUELDOS ENTRE HOMBRES Y MUJERES	"	Estado	%	Cociente de sueldos promedio de mujeres y hombres empleados. El resultado desfavorable a las mujeres incide en la participación de éstas en el desarrollo.
POBLACIÓN EN POBREZA EXTREMA EN LA ZONA ALTEÑA	"	Presión	%	Personas viviendo por debajo de la línea de pobreza, con respecto al número total de habitantes. El indicador es relevante para decisiones relacionadas con educación, salud, tenencia de la tierra, descentralización de la gestión de recursos y otras vinculadas con el combate de la desertización y la sequía.

Continúa ...

TASA DE FRACASO ESCOLAR	Cap. 36: Educación de la población	Presión	%	Proporción de alumnos que desertan con respecto a los que concluyen en los ciclos obligatorios. El fracaso escolar indica el grado de éxito educativo, que es una componente importante del desarrollo.
TASA DE ANALFABETISMO	"	Presión	%	Proporción de población mayor de 15 años que no sabe leer y escribir. El analfabetismo es una característica perniciosa para el desarrollo.
ACCESO AL CONSUMO DE AGUA POTABLE	Cap. 6: Protección y promoción de la salud	Estado	%	Proporción de población que dispone de agua limpia para consumo humano. Es un indicador básico universal de desarrollo humano.
DRENAJE O EXISTENCIA DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	"	Estado	%	Población que cuenta con instalaciones para la depuración de aguas residuales. Al igual que el acceso al agua potable, este es un indicador que evidencia la equidad social.
ESPERANZA DE VIDA AL NACER	Cap. 6: Protección y promoción de la salud	Estado	Años	Promedio del número de años que puede vivir un recién nacido. Este indicador básico es el resultado directo de las condiciones de salud.
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN URBANA	Cap. 7: Promoción del desarrollo de asentamientos humanos sostenibles	Presión	%	Incremento de la población que vive en áreas urbanas durante un período especificado. Cuando el incremento es acelerado, la demanda de más y mejores servicios representa un gran reto para los gobiernos.
CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES	"	Presión	Litros	Consumo anual por persona de combustibles para vehículos de transporte. La reducción del uso de automóviles es un requisito para el desarrollo de asentamientos humanos Sostenibles.
PÉRDIDA POR DESASTRES NATURALES	"	Presión	Personas ó \$	Cantidad de personas fallecidas o extraviadas, así como pérdidas económicas y daños humanos y ambientales que pueden propiciar re-asentamientos de la población.
SUPERFICIE DE VIVIENDA POR PERSONA	"	Estado	Metros cuadrados	Promedio de espacio habitable por persona. La necesidad básica de vivienda es un tema de importancia para la Sostenibilidad.

Continúa ...

ÁMBITO ECONÓMICO				
PRODUCTO INTERIOR BRUTO POR HABITANTE	Cap.2: Cooperación Internacional para acelerar el desarrollo de los países en vías de desarrollo.	Estado	Dólares USA	La división de la producción total entre la población permite visualizar la contribución de la producción individual al proceso de desarrollo. No es un indicativo claro para la Sostenibilidad.
RELACIÓN DE EXPORTACION-IMPORTACION	"	Estado	%	Mide la apertura de la economía de la región. La Agenda 21 reconoce la relación entre el comercio y el Desarrollo Sostenible.
CONSUMO DE ENERGIA	Cap.4: Cambio de patrones de consumo	Presión	Kw/habt./año	Indica el consumo energético en sus diferentes formas: electricidad, gas, energías líquidas y sólidas. Para los fines de la Sostenibilidad es conveniente separar el consumo según los diferentes usos doméstico, industrial, comercial, transportes.
INVERSIÓN EN PROTECCIÓN AMBIENTAL	Cap.33 Recursos y mecanismos de financiación	Respuesta	Dólares	Presupuesto que destinan las autoridades locales y nacionales a la protección y mejora del medio ambiente.
ÁMBITO AMBIENTAL				
EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL	Cap. 18: Protección a la calidad y suministro de agua dulce	Presión	%	Volumen anual de agua extraída para ser utilizado. La disponibilidad limitada de agua puede repercutir negativamente en la Sostenibilidad, frenar el desarrollo económico y provocar pérdidas en la biodiversidad.
CONSUMO DE AGUA PARA LA POBLACIÓN	"	Presión	Litros/hab/día	Es la cantidad de agua requerida para las necesidades básicas. La Sostenibilidad busca una ordenación eficaz de los recursos hídricos.
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	"	Respuesta	%	El tratamiento de aguas servidas permite la descarga sin perjuicios para la salud humana y los ecosistemas. Además pueden ser reutilizadas para determinados propósitos.

Continúa ...

PRODUCCIÓN PESQUERA	Cap. 17: Protección de los océanos, mares y áreas costeras	Presión	Ton/año	Cantidad en peso por especie explotada . La producción Sostenible establece que el uso de recursos pesqueros no debe exceder su regeneración.
CAMBIOS DE USO DEL SUELO	Cap. 10: Aproximación integrada de la planificación y gestión de la tierra	Presión	%	Cambio a lo largo del tiempo de los usos del suelo. Ayuda a identificar las oportunidades de protección del suelo y su uso futuro.
EMISIONES QUE DESTRUYEN LA CAPA DE OZONO	Cap. 9: Protección de la atmósfera	Presión	Toneladas	Indica la cantidad de sustancias reductoras de la capa de ozono. El retiro y sustitución de este tipo de sustancias conducirá al restablecimiento de la capa de ozono y al uso de productos más Sostenibles.
EMISIÓN DE GASES QUE CONTRIBUYEN AL EFECTO INVENADERO	Cap. 9: Protección a la atmósfera	Presión	Tm	Medición de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico. Éstas emisiones están influenciadas por el grado de uso de energía, sistemas de producción, estructura industrial, sistemas de transporte y los patrones de consumo de la población.
CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	"	Estado	Mg/m3 ppm	Concentraciones contaminantes de ozono, monóxido de carbono, dióxido de sulfuros, dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión. Mejorar la calidad del aire es un aspecto significativo de la promoción Sostenible de los asentamientos humanos.
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	Cap. 21: Gestión ambientalmente sana de los residuos y temas colaterales	Presión	Kg/habt./año	Fracción de residuos que se reutilizan o reciclan con respecto al total generado. Esta práctica disminuye los impactos al ambiente, ahorra recursos y retarda el envío de residuos al vertedero.
USO DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES	Cap. 14: promoción de la agricultura y el desarrollo rural	Presión	Ton/m2	Uso de pesticidas agrícolas o fertilizantes por área cultivada. El gran desafío de la agricultura es incrementar la producción de alimentos de una manera Sostenible, por ejemplo no añadiendo productos químicos nocivos para los ecosistemas.

Continúa ...

PROPORCIÓN DE RIEGO RESPECTO A LA TIERRA CULTIVABLE	“	Presión	%	El uso intensivo de tierra y agua se relaciona con salinización, erosión, selección de variedades de alto rendimiento
ÁMBITO INSTITUCIONAL				
EXIGENCIAS DE ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	Cap. 8: Integración del Medio Ambiente en la toma de decisiones	Respuesta	si/no	Exigencias de valoración de los impactos ambientales que propician la implementación de proyectos
ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD	“	Respuesta	si/no	Cantidad de acciones enmarcadas en los principios de Sostenibilidad que contiene la Agenda 21
CIENTÍFICOS E INGENIEROS	Cap. 35: Ciencia para el desarrollo sostenible		%o	Cantidad de Ingenieros o Licenciados en ramas científicas por cada 1000 habitantes. La disponibilidad de este tipo de profesionales es vital para el desarrollo la aplicación de la ciencia y tecnología en el tema de sostenibilidad.
REPRESENTACIÓN DE GRUPOS EN LOS COMITÉS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	Cap. 27: Fortalecimientos de la ONGs, aliados para el desarrollo sostenible	Respuesta	Cantidad de grupos	La Sostenibilidad es plural y multidisciplinaria por lo que requiere el concurso de grupos no gubernamentales, académicos, empresarios, medios de comunicación, agencias gubernamentales, instituciones de investigación, organizaciones de trabajadores,...
PARTICIPACION DE ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES (ONGs)	“	Respuesta	Cantidad de grupos	La participación de los grupos independientes es uno de los requerimientos para asegurar aportes no comprometidos en el proceso de toma de decisiones. En ocasiones este tipo de organizaciones promueven y encabezan las acciones Sostenibles.

CAPÍTULO XI

IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA REGIÓN

- 1. Propuesta de indicadores de Sostenibilidad**
- 2. Desarrollo de indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de Sinaloa**

1. PROPUESTA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

En este capítulo se aborda el ejercicio de proponer y desarrollar indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de la Región de Sinaloa, partiendo de la base de que coincidan con los criterios de Sostenibilidad implícitos en la agenda 21, y que se deriven del marco regional propuesto en el capítulo inmediato anterior; esta última dependencia los supedita a las características y debilidades de información de la región seleccionada.

En relación a aspectos conceptuales, se recuerda que en el apartado III.4 se dijo que en esta tesis se adopta el significado de la llamada Sostenibilidad Fuerte.

Se explicó que la Sostenibilidad Débil se basa en la teoría económica neoclásica u ortodoxa, la cual asume que el capital natural y el capital hecho por el hombre son mutuamente sustituibles, es decir que los costes del deterioro ambiental pueden compensarse con beneficios del capital hecho por el hombre (ganancias), por consiguiente los daños al entorno pueden ser tasados en unidades monetarias.

La Sostenibilidad Fuerte refuta ese grado de sustitución, al menos para algunas componentes críticas del capital natural. El desarrollo de estos indicadores se sitúa, pues, principalmente en esta última corriente de pensamiento, aunque se hacen algunas propuestas que combinan los principios de ambos conceptos de Sostenibilidad. Esto es así porque al tomar en cuenta los costes y beneficios para evitar los impactos ambientales críticos, necesariamente habrá una interrelación entre aspectos físicos y monetarios; que para el caso de la industria de la construcción son indisolubles.

Antes de seleccionar la propuesta de los temas para el desarrollo de indicadores que valoren la Sostenibilidad, o insostenibilidad en su caso, de las actividades directas o indirectas del Sector de la Construcción de Sinaloa, es pertinente recordar, también, los principios de Construcción Sostenible explicados en el apartado VI.3:

- Conservación.
- Minimización de residuos.
- Protección a la Naturaleza.
- No tóxicos.
- Calidad.

Los indicadores que se proponen para valorar los conceptos que integran estos principios, se agrupan por separado entre los que pueden ser localizados en la ejecución de las obras, y los que no necesariamente se ubican en el proceso de construcción *per se*. La mencionada propuesta está contenida en la Tabla XI.a.

Una vez establecido un grupo de indicadores como éste, a continuación se tiene el desafío de dimencionarlos; es decir, de expresarlos con datos e información. Asignar valores a los indicadores podría ser una tarea relativamente sencilla si se dispusiera de información suficiente y de buena calidad; sin embargo, en este caso hubo de enfrentarse el sub-registro o inexistencia de información para algunos temas, tales como la cantidad de residuos generados por el Sector de la Construcción, uso de materiales peligrosos, utilización eficiente de equipo protector para los obreros de la construcción; o se constató la indisponibilidad de información en otros casos. Este tipo de dificultades se prevé en el capítulo 40 de la Agenda 21, como una característica insostenible que debe ser paulatinamente superada.

El desarrollo de indicadores de Sostenibilidad es un proceso que se desplaza de lo general a lo específico, y después otra vez hacia atrás, en una retroalimentación cíclica que debe captar puntos de vista e información actualizada y registrada en series de tiempo; por eso a la relación que contiene la Tabla XI.a, debe incorporársele datos, información y opiniones de los grupos organizados de la sociedad, para refinar su contenido a los largo de un proceso que debe ser muy dinámico.

Tabla XI.a. Propuesta de indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción en la región de Sinaloa.

PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	NOMBRE Y FASE DE UBICACIÓN DE LOS INDICADORES	
	En el proceso de construcción <i>per se</i>	En el mantenimiento y operación de los edificios y/o en el medio ambiente construido
A. Conservación	A.1. Contratistas con experiencia en obras que hayan incluido la variable ambiental.	A.2. Tipos de materiales predominantes en los edificios para vivienda. A.3. Cantidad de proyectos con instalaciones eficientes de energía y economizadoras de agua. A.4. Cambios de uso del suelo a través del tiempo.
B. Minimización de residuos	B.1. Cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de construcción. B.2. Re-uso y reciclaje de materiales para construcción.	B.3. Re-uso de aguas depuradas en jardines e instalaciones que no requieren agua potable
C. Protección a la Naturaleza	C.1. Control de ruido, polvo, vibraciones y partículas durante la construcción de obras.	C.2. Evolución del proceso de urbanización. C.3. Rehabilitación post-explotación de minas y bancos de extracción de materiales.
D. No tóxicos	D.1. Uso de químicos tóxicos, compuestos volátiles, solventes, en las obras. D.2. Uso de materiales peligrosos (asbestos, PVC, otros).	D.3. Identificación de casos del "síndrome del edificio enfermo".
E. Calidad de vida humana a través de la construcción	E.1. Protección a obreros de la construcción (equipo de seguridad, letrinas portátiles, charlas de orientación). E.2. Generación de empleo en el Sector de la Construcción. E.3. Retribución a vertederos para residuos de la construcción.	E.4. Diseño y construcción de vivienda de interés social apropiada para el clima de la región. E.5. Adhesión de empresas del Sector de la Construcción a las normas ISO 14 000. E.6. Donaciones de empresas del Sector de la Construcción para el mejoramiento de la salud y el incremento de la calidad de vida.

Algunos de los temas propuestos podrían identificarse con indicadores Ambientales y Económicos que ya existen en la región. pero los indicadores de Sostenibilidad rebasan ese tipo de indicadores, puesto que deben representar lo que ocurre en un período de tiempo que se les asigna, además de considerar umbrales convencionales de los temas en cuestión (banda de equilibrio). Por tanto los indicadores Ambientales o Económicos podrían transformarse en indicadores de Sostenibilidad, adicionándoles límites de permisibilidad y series de tiempo.

En otras palabras, unos de los objetivos de los indicadores es mensurar el tiempo que puede durar determinada acción, o en cuanto tiempo se debe responder antes de tener un problema drástico o fuera de control; asimismo deben indicar donde se está con respecto a los límites aceptables establecidos.

De esto se deduce que una vez identificados los indicadores de Sostenibilidad, debe asignárseles un período de tiempo con la suficiente amplitud que permita observar la tendencia evolutiva, para juzgar su Sostenibilidad o insostenibilidad, y sugerir medidas a aplicar.

Algunos otros muestran el estado actual de determinado tema, pero de cualquier manera no son estáticos, dado que tiene que observarse la evolución del objetivo en observación; tal es el caso de la mayoría de las propuestas que contiene la tabla de referencia.

En función de esta dinámica y alcance, a continuación se desarrollan algunos de los indicadores propuestos; no sin antes advertir, que considerando el amplio espacio que requeriría incluir aquí la ficha de análisis para cada uno de los 19 indicadores a desarrollar, se decidió exponer a título de ejemplo a cuatro de ellos, que se consideran trascendentes no solo en el campo de la construcción sino también en la región.

2. DESARROLLO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE SINALOA

2.1. Nombre del Indicador: Evolución del proceso de urbanización.
(unidad de medida: %)

2.1.1 Descripción breve. este indicador se expresa mediante la variación del porcentaje de población que vive en comunidades rurales, (menores de 2 499 habitantes para el caso de México) y en comunidades urbanas (mayores de 2 500 habitantes).

2.1.2 Identificación con la Agenda 21. Capítulo 7: Promoción del Desarrollo de Asentamientos Humanos Sostenibles.

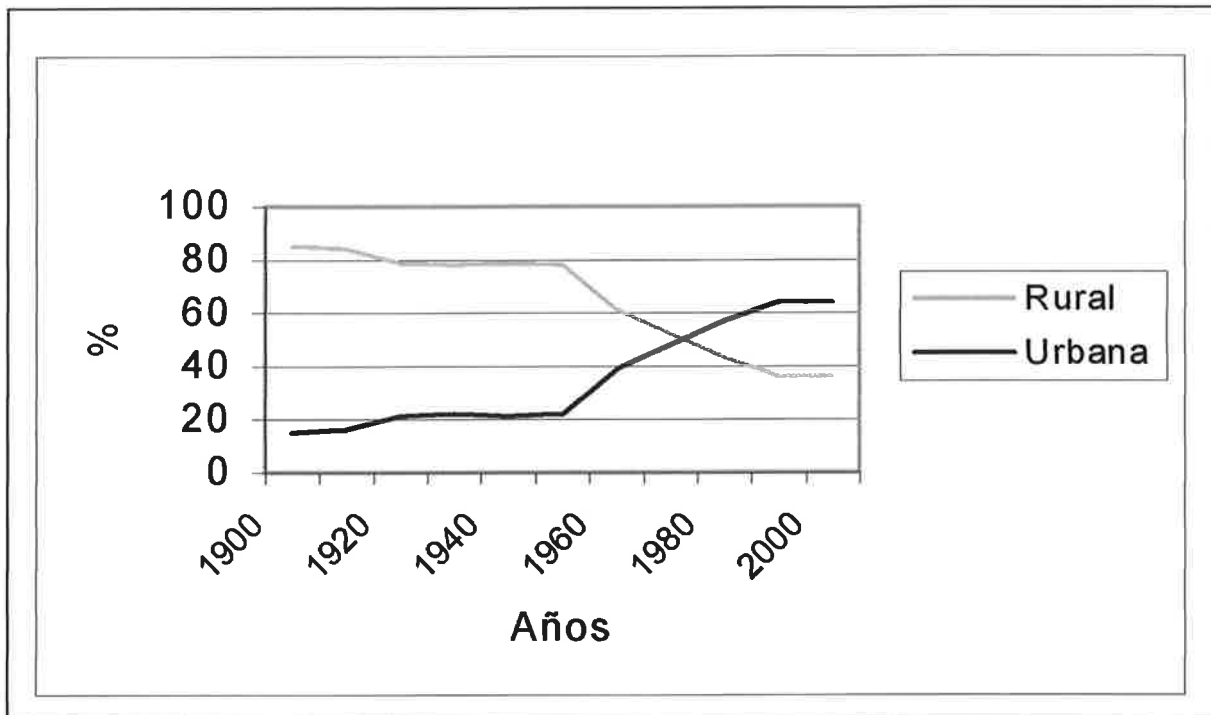
2.1.3 Objetivo Sostenible. Visualizar los impactos que propicia el crecimiento de la áreas urbanas, para planear la protección al entorno cuando se lleven a cabo las construcciones que demanda ese crecimiento.

2.1.4 Datos estadísticos.

Figura XI.1 Evolución de la población rural y urbana de Sinaloa
Fuente: (MARADIAGA, 1996).

AÑOS	PROPORCIÓN DE POBLACIÓN (%)	
	RURAL	URBANA
1900	85	15
1910	84	16
1920	79	21
1930	78	22
1940	79	21
1950	78	22
1960	61	39
1970	52	48
1980	43	57
1990	36	64
2000	36	64

Figura XI.1 Evolución de la población rural y urbana de Sinaloa
Fuente: (MARADIAGA, 1996).



2.1.5. Interpretación de los datos. La transformación paulatina de la población rural a urbana durante la primera mitad del siglo XX se exagera a partir del inicio de la segunda mitad, como consecuencia de la amplia red de irrigación que beneficia principalmente a la zona costera, donde ahora se ubican los más grandes asentamientos de población. Este marcado cambio, sin embargo, tiende a estabilizarse en los años recientes, lo cual permite estimar con más certeza las necesidades de infraestructura de servicios que debe enfrentar técnicamente el Sector de la Construcción. Al propio tiempo permite calificar el grado de Sostenibilidad o insostenibilidad que propicia el fenómeno migracional llamado campo-ciudad.

2.1.6. Importancia Sostenible del indicador. El rápido crecimiento que ha tenido la población urbana de los principales asentamientos humanos de Sinaloa, alerta sobre el riesgo que tiene el desarrollo urbano Sostenible sugerido en el

capítulo 7 de la agenda 21, pues para los gobiernos regional y nacional representa un gran desafío la atención cabal de los requerimientos de servicios urbanos de tierra, vivienda, electrificación; infraestructura ambiental que incluya abastecimiento de agua, saneamiento, desechos sólidos; así como salud, educación, empleo, entre otros servicios.

2.1.7. Conclusión. La población de la región en estudio se ha incrementado mas de ocho veces en el presente siglo, al pasar de 297 700 habitantes registrados en 1900 a 2 420 000 en 1995 (MARADIAGA, 1996). Esa persistente tendencia de crecimiento en términos absolutos, rebasa la capacidad de las autoridades para atender a plenitud los requerimientos de infraestructura.

Aunque por otra parte el crecimiento no disperso, es decir focalizado en centros urbanos, puede representar economías de escala en la provisión de servicios.

En cuanto a la evolución del proceso de urbanización, se observa que el incesante incremento de la urbanización de la población, definitivamente se estabiliza en términos relativos en la última década; siendo precisamente esta última la tendencia deseada.

2.2. Nombre del indicador: Tipo de materiales predominantes en los edificios para vivienda (%)

2.2.1. Descripción breve. Relaciona proporcionalmente los materiales predominantes con que se construyen los edificios utilizados para vivienda.

2.2.2. Identificación con la Agenda 21. Capítulo IV: Evolución de los Patrones de Consumo.

2.2.3. Objetivo Sostenible. La mayor parte de la edificación regional se destina a vivienda. En 1995 había 600 000 unidades (INEGI, 1998). Derivado de esta importancia, se desarrolla este indicador para valorar los materiales que se

usan con más frecuencia en la construcción de viviendas, en función de las características Sostenibles establecidas en el capítulo VIII en cuanto a durabilidad, procedencia, consumo de energía e impactos ambientales que propician durante el ciclo de vida.

2.2.4. Datos Estadísticos.

Tabla XI.2. Tipo de materiales predominantes en las viviendas de la región.
Fuente: (INEGI, 1995)

COMPONENTES DE LA VIVIENDA	TIPO DE MATERIALES	PROPORCIÓN DE VIVIENDAS
Techos	<i>Sólidos:</i> Loza de hormigón, ladrillo, Bloque	77%
	<i>Ligeros, naturales y precarios:</i> palma, madera, teja, láminas de asbesto o zinc, desechos	23%
Muros	<i>Sólidos:</i> ladrillos, block, piedra, hormigón	86%
	<i>Ligeros, naturales y precarios:</i> carrizo, palma, barro, madera, láminas de asbesto, zinc y cartón.	14%
Pisos	Hormigón o firme	59%
	Mosaico, otros recubrimientos	25%
	Tierra	16%

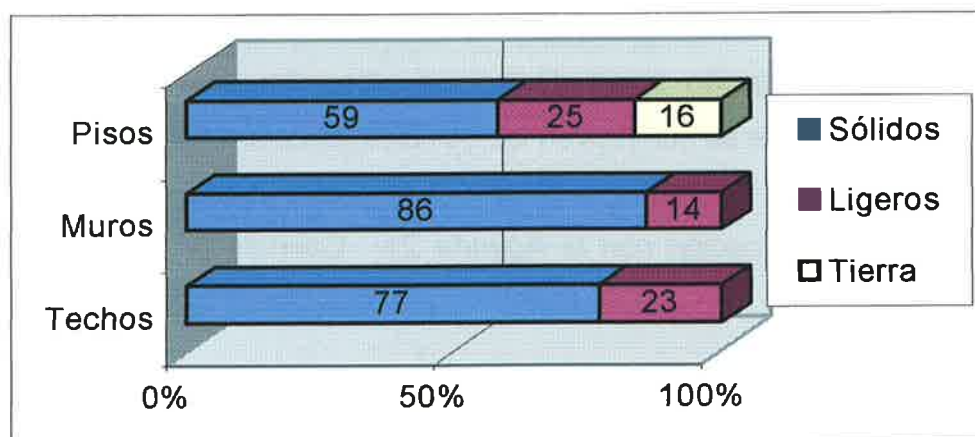


Figura XI.2. Materiales predominantes en las viviendas de la región.
Fuente: Tabla XI.2.

2.2.5. Interpretación de los datos.

La figura XI.2. muestra el predominio de materiales sólidos, es decir, hormigón, ladrillo y bloque de cemento en las tres principales partes componentes de los edificios (techos, muros y pisos).

Los materiales ligeros, frecuentemente de carácter local y natural, vale decir Sostenibles, se ubican en minoría y corresponden a las viviendas rurales y semi-urbanas. Esto es indicativo de que el fenómeno de urbanización ha traído aparejado cambios de patrones de consumo o uso de materiales, inclinando la balanza hacia los materiales menos Sostenibles

2.2.6. Importancia Sostenible del indicador. La gran proporción de materiales sólidos tiene significado para la Sostenibilidad en dos vertientes opuestas: por un lado se trata de materiales de larga duración, aspecto que le imprime un carácter Sostenible, pero por otra parte se trata de materiales cuya producción industrial propicia impactos ambientales importantes, lo cual se considera insostenible (este tema sobre materiales de construcción se detalló en el apartado VIII-2).

Al propio tiempo, se observa que el uso de materiales vernáculos recomendados por la Agenda 21 es la proporción menor en las viviendas. Es pertinente comentar que la elaboración de ladrillo para uso en viviendas continúa siendo de tipo artesanal en la región, lo cual propicia creación de empleos y menor contaminación que el elaborado en las factorías.

Los materiales locales de tipo Sostenible tales como palma, barro y carrizo son cada vez menos usados. En tanto que persiste el uso, aunque marginalmente, de materiales nocivos para la salud como el asbesto y el zinc.

2.2.7. Conclusión. Los materiales industrializados son de mayor uso que los de tipo tradicional en parte porque se les considera más eficientes, y también porque se les atribuye un mayor "status" social. En el medio rural pueden usarse

materiales locales económicos y acordes al clima cálido de la región, pero en ocasiones las familias hacen esfuerzos para utilizar los sucedáneos industriales por las razones que se acaban de anotar. Esto denota una desinformación catalogada como insostenibles por la Agenda 21 (Derecho a la Información).

Es menester trabajar en consecuencia, por ejemplo mediante campañas de orientación a la población en relación a las características Sostenibles de los materiales, y haciendo un seguimiento a la evolución con una frecuencia de 5 a 10 años.

Se carece de datos suficientes para conocer el comportamiento de la tendencia en el uso de materiales para construcción de vivienda, aunque puede asociarse la preferencia de esos insumos a la evolución de la urbanización de la población.

2.3. Nombre del indicador: Cambio del uso del suelo a través del tiempo (%).

2.3.1. Descripción breve. Proporción de suelo que ha cambiado de uso a lo largo de una serie de años. El propósito es mostrar los cambios evolutivos, para facilitar el desarrollo de políticas y la planificación del uso del suelo.

2.3.2. Identificación con la Agenda 21. Capítulo 10: Enfoque Integrado de la Planificación y de la Ordenación de los Recursos del Suelo.

2.3.3. Objetivo Sostenible. La información de este indicador es crítica para la planificación Sostenible del uso del suelo, mediante la identificación de oportunidades para protegerlo, o para futuras localizaciones de obras que proporcionen los mejores beneficios a la población.

2.3.4. Datos estadísticos.

Tabla XI.3. Distribución del uso del suelo y de la vegetación de Sinaloa.
Fuente: (INEGI, 1998).

TIPO DE SUELO Y VEGETACIÓN	CAMBIOS PROPORCIONALES A TRAVÉS DE LOS AÑOS (%)	
	1950	1997
Agricultura	21	35
Bosque	19	15
Matorral	6	3
Selva	45	40
Otros	9	7

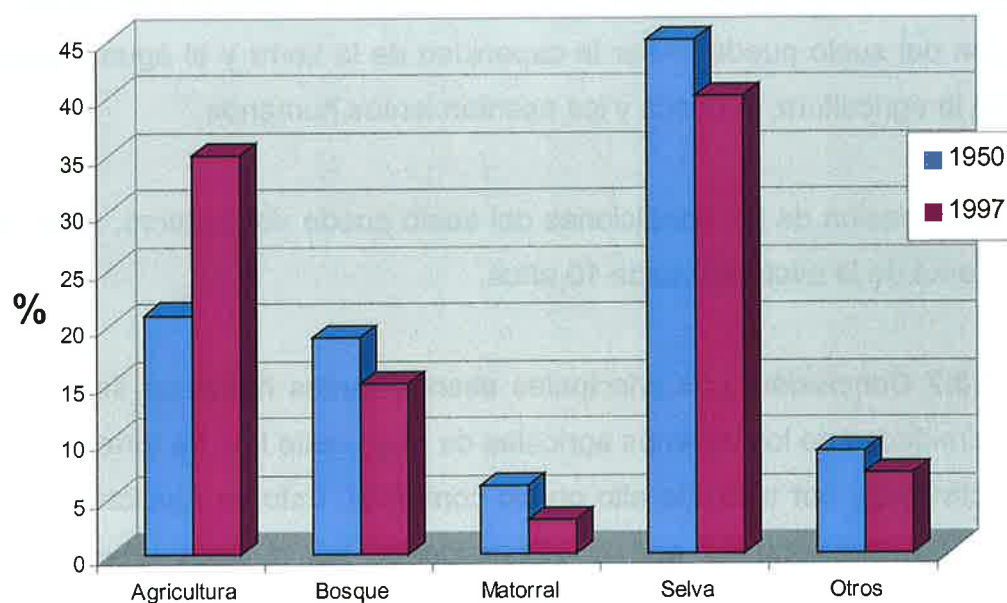


Figura XI.3 Variación de la composición del suelo,
Fuente: Tabla XI.3.

2.3.5. Interpretación de los datos. Aunque la disponibilidad de datos es limitada en cuanto a variedad de usos del suelo y a la serie de tiempo, se observa que en la segunda mitad del siglo XX hubo una disminución de los tipos de vegetación, en tanto que la superficie para agricultura se incrementó en casi 8 000 Km².

Ese aumento de suelo para fines agrícolas, fue ocasionado por las grandes obras de irrigación construidas en la región, a partir de la segunda mitad de este siglo.

2.3.6. Importancia Sostenible del Indicador. Los cambios que ocurran en la calidad y disponibilidad de los suelos impactan Sosteniblemente a la disponibilidad del recurso tierra, que es uno de los principales insumos para el Sector de la Construcción.

Los cambios pueden atribuirse a causas naturales o antropogénicas, pero independientemente del origen afectan al bienestar humano. Por ejemplo, la degradación del suelo puede limitar la capacidad de la tierra y el agua donde se desarrollan la agricultura, la pesca y los asentamientos humanos.

La variación de las condiciones del suelo puede visualizarse, si se hace un seguimiento de la evolución cada 10 años.

2.3.7 Conclusión. Los principales asentamientos humanos se localizan en las proximidades de los terrenos agrícolas de riego, este tipo de terrenos es de alta productividad y por tanto de alto precio comercial. Esto ha funcionado como una restricción, ocasionando que la expansión de los núcleos urbanos haya ocurrido en la tierra de menor rendimiento agrícola, es decir en la denominación de matorral y bosque.

Actualmente en las ciudades ubicadas contiguamente a las zonas de alto rendimiento agrícola, es patente la escasez de terrenos para el futuro crecimiento físico del Sector de la Construcción de edificios, situación que encarece la tierra y amenaza con utilizar al suelo agrícola para fines urbanos, lo

cual iría en sentido contrario por lo establecido en el Capítulo 7 de la Agenda 21, que establece la preservación del terreno agrícola para la producción de alimentos.

2.4. Nombre del indicador. Generación de empleo en el Sector de la Construcción (%).

2.4.1. Descripción breve. Proporción de trabajadores del Sector de la Construcción con respecto al total de trabajadores, que son registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que es la institución de seguridad social vinculante del país.

2.4.2. Identificación con la Agenda 21. Capítulo 7: Promoción del Desarrollo de Asentamientos Humanos Sostenibles.

2.4.3. Objetivo Sostenible. Determinar el grado de contribución del Sector de la Construcción a los propósitos de la Sostenibilidad, a través de la generación de empleo.

2.4.4. Datos estadísticos.

Tabla XI.4 Empleados registrados en el IMSS.
Fuentes: (IMSS, 2000; INEGI 1998).

CONCEPTO	CANTIDAD DE EMPLEADOS REGISTRADOS POR AÑO						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Total Regional	321 276	343 122	340 690	344 075	349 015	332 658	357 252
Sector de la Construcción	36 851	46 881	47 721	44 250	37 098	25 319	31 456
Permanentes	4 802	4 959	4 971	4 896	5 346	4 999	5 283
Eventuales	32 049	41 922	42 750	39 624	31 752	20 319	26 173
%Eventuales del Sector de la Construcción	9.98	12.22	12.55	11.52	9.10	6.11	7.33

2.4.5. Interpretación de los datos. De hecho el número real de trabajadores debe ser mucho mayor que el registrado, por la razón que se explica en el párrafo de conclusiones.

La figura XI:4 muestra una tendencia descendente debido a que la actividad constructora normalmente tiene un comportamiento cíclico, derivado de la política de construcción de obra pública y habitacional que acontece en cada período de gobierno. También es suficientemente notoria la gran proporción de empleados temporales en relación a los permanentes.

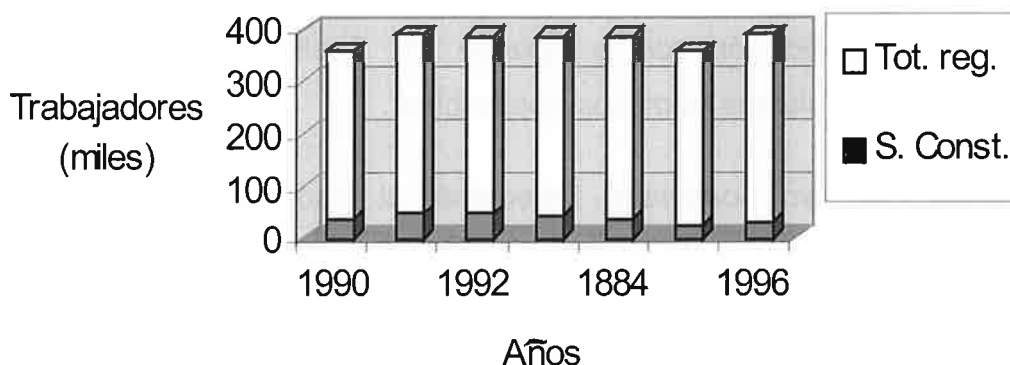


Figura XI.4. Empleos generados en el Sector de la Construcción de Sinaloa.

Fuente: Tabla XI.4

2.4.6. Importancia del indicador para la Sostenibilidad. El Capítulo 7 de la Agenda 21 señala que, especialmente en los países en desarrollo, sería muy conveniente el uso intensivo de mano de obra mediante la utilización de tecnologías que propicien empleo, asimismo recomienda la creación de fuentes de trabajo para los habitantes donde se realicen las obras y en la operación y mantenimiento. En la Cumbre de Río de Janeiro, uno de los nueve grandes temas identificados fue la elevación del bienestar y de las condiciones de trabajo de los estratos más pobres de la población, (para mayor amplitud véanse los apartados II.3 y II.4).

2.4.7. Conclusión. Los datos mostrados corresponden únicamente a los empleados que fueron registrados en el IMSS. Adicionalmente, es importante comentar que estos empleos directos inducen la creación de empleos en la producción y el transporte de insumos para la construcción, así como en el funcionamiento y mantenimiento de las obras, los cuales son registrados en otros sectores productivos y de servicios.

La alta proporción de empleados temporales en relación a los permanentes es indicativo de inestabilidad en el empleo. Sin embargo, la utilización intensiva de mano de obra en las construcciones, propicia que el 10% de la población económicamente activa menos calificada encuentre ocupación en el Sector de la Construcción, lo que representa un soporte socio-económico para la región, calificado como Sostenible por la Agenda 21, pues la utilización de mano de obra sustituye maquinaria que consume combustibles no renovables y que contamina. Los obreros suplen a las grúas y brazos mecánicos para carga, mezcladoras y bombas para hormigón, excavadoras, etc.

En algunas zonas deprimidas se han implementado obras públicas con la clara intención de generar empleos. Ha sido el caso, por ejemplo, de la construcción de caminos rurales en los que se emplea a obreros locales para trabajar con herramientas manuales, prescindiendo en gran medida de las máquinas. Al parecer esta política Sostenible será mantenida y ampliada, pues las autoridades locales han manifestado su disposición de que las obras públicas sean un medio para incrementar el empleo “promovido y compartido desde la inversión pública, sumada a la privada y social” (SINALOA, 1999).

El desarrollo del resto de los indicadores propuestos se efectuó en forma similar a los cuatro casos que se acaban de exponer. La tabla XI.5 contiene el resultado de dicho desarrollo, con las particularidades y excepciones que se comentan.

Tabla XI.5. Resumen de indicadores de Sostenibilidad en el Sector de la
Construcción de Sinaloa.

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	NOMBRE DEL INDICADOR		VALO- RACIÓN	COMENTARIO
A. Conservación	A.1	Contratistas con experiencia en obras que hayan incluido la variable ambiental.	-	-
	A.2	Tipos de materiales predominantes en los edificios para vivienda.	I	El uso intensivo de hormigón y ladrillo ha desplazado rápidamente a los materiales vernáculos y tradicionales.
	A.3	Cantidad de proyectos con instalaciones eficientes de energía y economizadoras de agua.	I	Se empieza a considerar la proyección de edificios "inteligentes".
	A.4	Cambios de usos del suelo a través del tiempo.	I	Es notoria la falta de información sobre este tema
B.Minimización de residuos	B.1	Cantidad de residuos sólidos generados en el proceso de construcción.	I	Las iniciativas para estimar este concepto solo existen a nivel académico.
	B.2	Re-uso y reciclaje de materiales para construcción.	I	Se intenta hacerlo a muy baja escala.
	B.3	Reuso de aguas depuradas en jardines e instalaciones que no requieren agua tratada.	I	Los casos conocidos son incipientes.
C. Protección de la Naturaleza	C.1	Control del ruido, polvo, vibraciones y partículas durante la construcción de obras.	I	No hay control adecuado de las normas existentes.
	C.2	Evolución del proceso de urbanización.	S	Se ha estabilizado en el último lustro en términos relativos (no absolutos).
	C.3	Rehabilitación post-explotación de minas y bancos de extracción de materiales.	I	Las pocas iniciativas conocidas son insuficientes.
D. No tóxicos	D.1	Uso de químicos tóxicos, compuestos volátiles y solventes en las obras.	I	Los constructores locales requieren mucha información para concienciarse sobre el tema.
	D.2	Uso de materiales peligroso (asbesto, PVC, otros).	I	Particularmente se está consciente de las restricciones del asbesto. El PVC se usa masivamente.
	D.3	Identificación de casos del "síndrome del edificio enfermo".	N	El uso casi permanente de aire acondicionado provoca comentarios sobre el tema, pero no hay estudios, ni preocupación sobre el particular.

E. Calidad de vida humana a través de la construcción	E.1	Protección a obreros de la construcción (equipo de seguridad, letrinas portátiles, charlas de orientación).	I	Se intenta mejorar la situación prevaleciente, sobretodo por parte de instituciones externas al Sector de la Construcción.
	E.2	Generación de empleo en el Sector de la Construcción.	S	Aunque más del 90% del empleo es de carácter temporal, se considera que el sector es un alto contribuidor a la creación de empleo
	E.3	Diseño y construcción de vivienda de interés social apropiada para el clima de la región.	I	Sobre todo la vivienda de interés social es mala en ese sentido.
	E.4	Retribución a vertederos para residuos de la construcción.	I	Hasta ahora no se cobra por el vertido y a menudo es descontrolado
	E.5	Adhesión de empresas del Sector de la Construcción a las normas ISO 14000	I	No existe información y por tanto interés por la gran mayoría de las empresas, que son de tamaño muy reducido.
	E.6	Donaciones de empresas de la construcción para el mejoramiento de l salud y del incremento de la calidad de vida.	-	-

Leyenda:

S: Con tendencia hacia la Sostenibilidad.

I : Con tendencia hacia la insostenibilidad o insostenible.

N: Neutral o ambigüo.

- Sin datos disponibles.

De los 19 indicadores propuestos para valorar las variables regionales según los principios de la Construcción Sostenible, solo dos indican que el Sector de la Construcción de Sinaloa tiene cierta orientación hacia la Sostenibilidad (C.2 y E.2); uno es neutral o ambiguo (D.3); dos variables no pudieron ser valoradas por falta de información (A.1 y E,6) y los trece restantes manifiestan insostenibilidad.

Este resultado general de la primera valoración mediante indicadores debería significar una inducción a la aplicación de criterios de Sostenibilidad en las actividades y decisiones del Sector de la Construcción. Los cuatro capítulos de la tercera parte de la tesis (Construcción Sostenible), representan el inicio de un

apoyo documentado en ese sentido. Independientemente de si se toman algunas medidas, para los efectos de un diagnóstico Sostenible se asume que los indicadores tienen la utilidad de orientar el criterio para conocer con cierta objetividad el comportamiento de las variables involucradas durante determinado tiempo. Tomando en cuenta que la sociedad está cambiando constantemente, en la región de Sinaloa necesariamente deberían hacerse mediciones posteriores a través del mismo tipo de indicadores, lo cual permitiría conocer la evolución de las variables consideradas.

Estas valoraciones periódicas ocasionan que el establecimiento de indicadores sea un procedimiento lento, en el que se requiere tiempo y es imprescindible hacer partícipe a diversos grupos de representación ciudadana (FARREL, 1998; SUSTAINABLE SEATTLE, 1998; FORO,1998). En el caso del Sector de la Construcción deberá trabajarse con asociaciones de Ingenieros, Arquitectos y otros profesionales afines, gremio de la construcción, representantes de los sectores público y privado relacionados con el negocio de la construcción, académicos, organizaciones no gubernamentales y en general con miembros de la sociedad civil interesados en el tema en cuestión.

El seguimiento de los indicadores Sostenibles de una región contempla aspectos operativos como los siguientes:

- Es de singular importancia que las autoridades locales comprendan el proceso de Sostenibilidad y se integren a él (Capítulo 28 de la agenda 21).
- Se requiere la participación de la comunidad para que contribuya con opiniones al trabajo de actualización y refinamiento de los indicadores.
- Entre todos los participantes deben acordarse plazos para la revisión periódica del conjunto de indicadores.
- Establecer un sistema administrativo apropiado para llevar a cabo la medición y el reporte del progreso de respuesta y estado.
- En lo posible, es conveniente crear un sistema de información para la actualización de los multicitados indicadores.

El grupo de indicadores de Sostenibilidad para el Sector de la Construcción de Sinaloa no es exhaustivo, no es posible que algún grupo lo sea, como tampoco existen indicadores de este tipo que hayan sido probados científicamente, pues no se conocen antecedentes de alguna sociedad Sostenible que sea un modelo a seguir. No obstante, representan el comienzo de una iniciativa que debería continuarse.

CAPÍTULO XII

VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS. ESTUDIO DE UN CASO

- 1. Características generales del proyecto para vivienda unifamiliar a estudiar**
- 2. Selección y explicación del método para valoración quasi-Sostenible**
- 3. Aplicación del método BEES**
- 4. Obtención e interpretación de resultados**
- 5. Resultado de la valoración quasi-Sostenible de los materiales para construcción**

Introducción. Para continuar con un mayor acercamiento al propósito de aplicar los principios de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción, lo expuesto en este capítulo se deriva del resultado de los indicadores desarrollados en el capítulo inmediato anterior. En consecuencia se plantea un ejercicio más pragmático y a menor escala que la de dichos indicadores, el cual consiste en la valoración Sostenible de los materiales para construir un edificio unifamiliar típico de la clase media urbana de la región en estudio.

Se hace referencia al medio urbano y a vivienda, por la importancia que significa el hecho de que 64% de la población regional sea urbana y que la gran mayoría de los edificios se utilizan para vivienda (más de 600 000), según se desprende respectivamente de los indicadores A-2 y C-2.

El proyecto a analizar se bosqueja en el siguiente apartado; posteriormente se selecciona y explica el método más apropiado para escoger los materiales para construir el edificio, tomando en cuenta los principios Sostenibles propuestos en el apartado VI-3; al final del capítulo se aborda el aspecto social, lo cual complementa los resultados del método.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR A ESTUDIAR

A continuación se incluye la distribución arquitectónica del proyecto objeto de estudio, Figura XII.1, el cual se construirá en la región de Sinaloa. Se ha adoptado un proyecto convencional existente en vista de que los objetivos de la tesis están fuera del alcance de la elaboración de un diseño arquitectónico Sostenible *ad hoc*.

Los datos generales son: 167 m² de area construida, distribuida en dos plantas; tres recámaras, terreno plano, cimentación de hormigón reforzado en arcillas expansivas, muros de carga, sujeto a las especificaciones y restricciones del reglamento de construcción de la región.

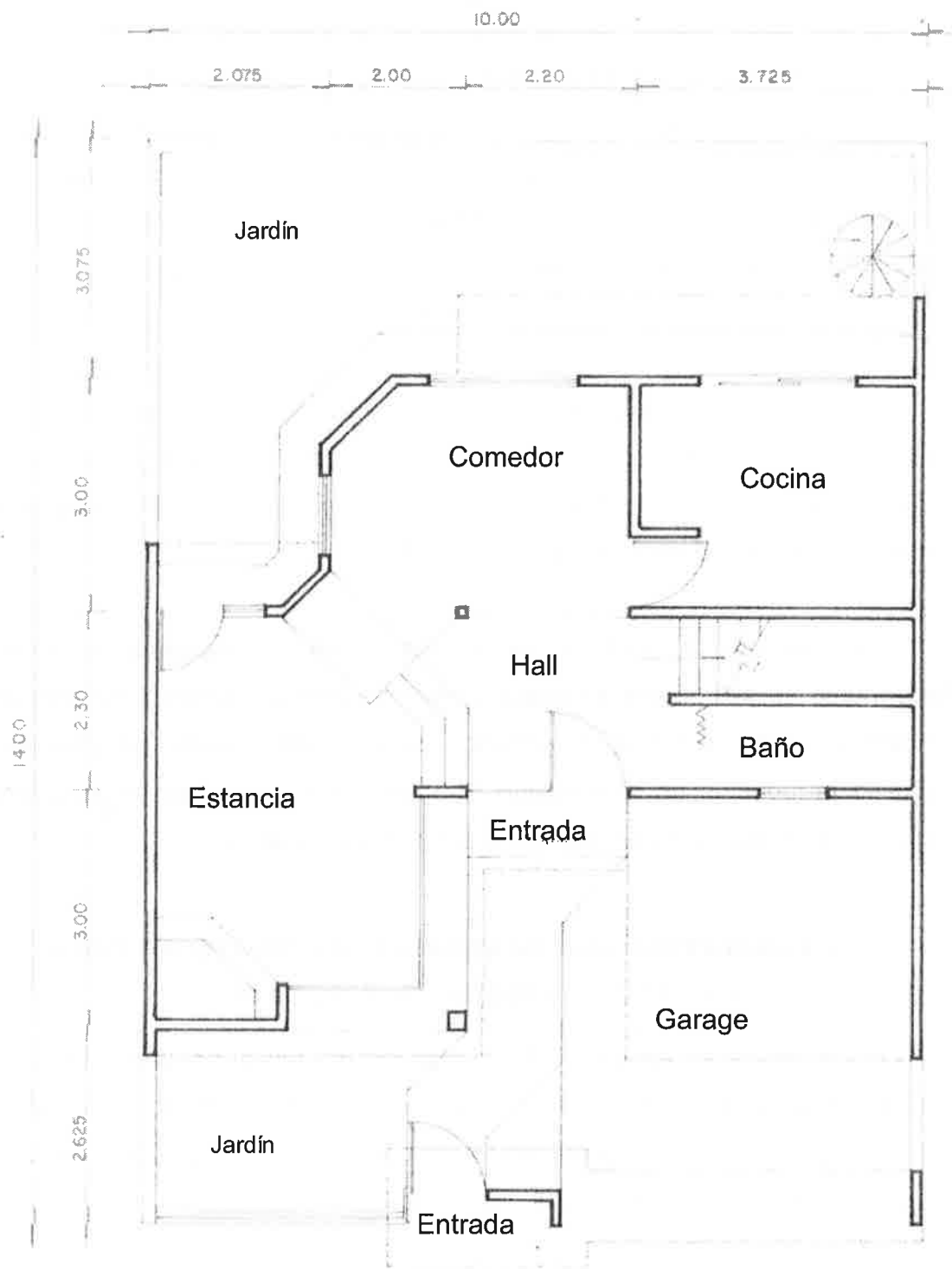


Figura XII.1. Edificio a estudiar: Primer Piso



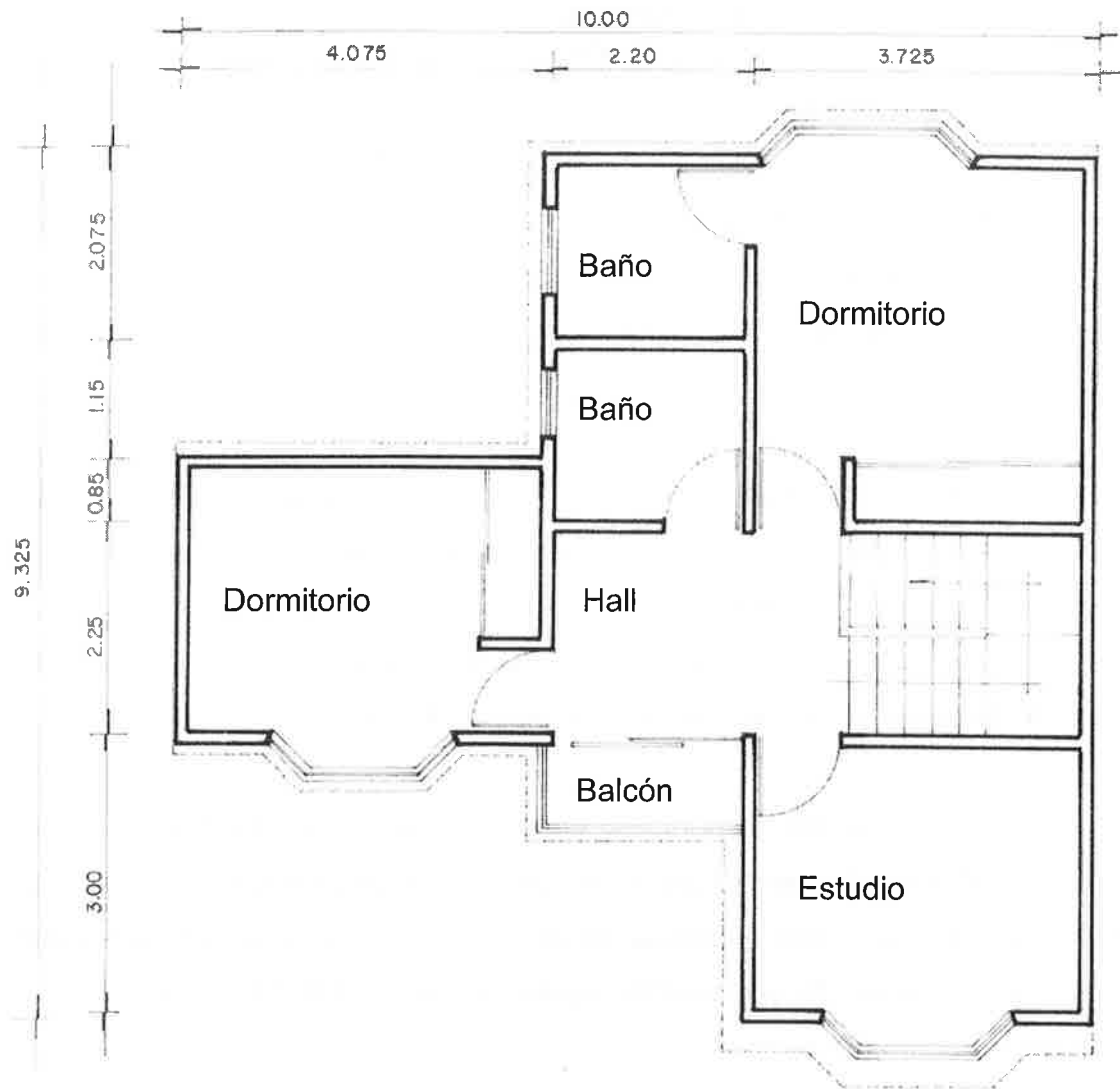
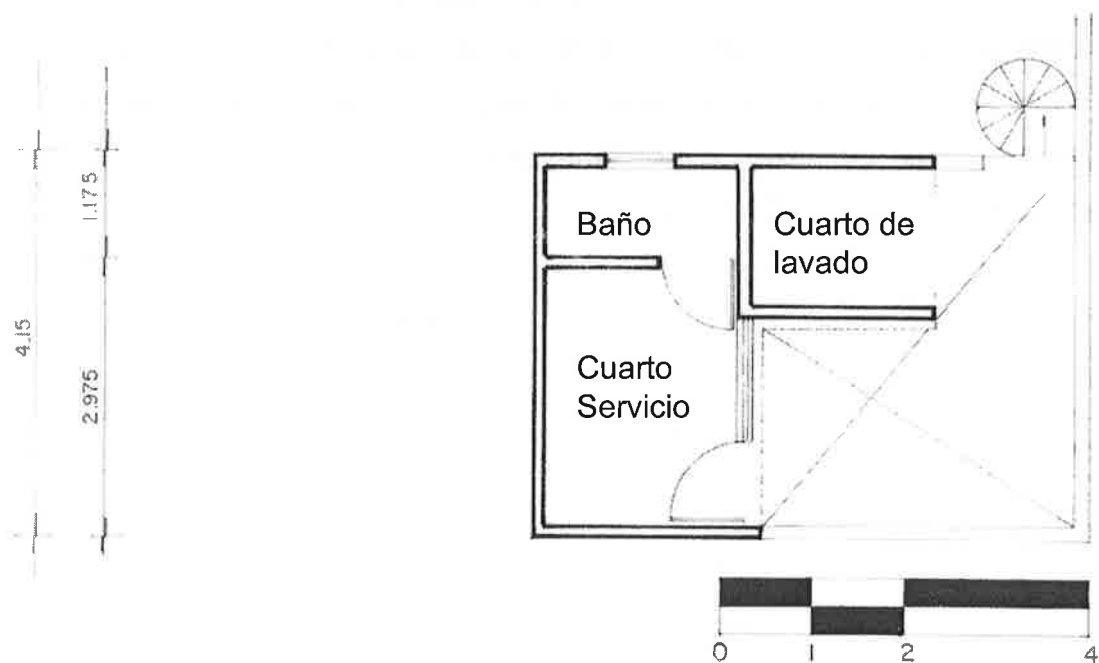


Figura XII.1. Edificio a estudiar: Segundo Piso



2. SELECCIÓN Y EXPLICACIÓN DEL MÉTODO PARA LA VALORACIÓN SOSTENIBLE

Para argumentar la afirmación de que los edificios son causa de grandes y graves problemas ambientales, en el capítulo VIII se analizó un grupo de materiales y productos para la construcción de uso frecuente en las obras, que incluye la potencialidad de los impactos adversos atribuidos a los materiales y productos para construcción.

A dichos impactos se les anteponen los principios Sostenibles, que también han sido expuestos previamente. Empero, para enfrentar Sosteniblemente los citados impactos deben conocerse sus magnitudes, lo cual conduce a la necesidad de valorarlos o medirlos, para cuya finalidad se han empezado a desarrollar recientemente algunos métodos.

De los métodos disponibles públicamente, se ha hecho un análisis comparativo de las principales características y alcances para definir él (o los) que podrían utilizarse con más ventajas en el proyecto presentado en el apartado anterior. Del resumen de ese análisis contenido en la tabla XII.1, se derivan los comentarios generales siguientes:

- Una característica común es que todos los métodos están en evolución, ya sea por que requieren refinar su metodología, expandir su alcance para cubrir un mayor número de impactos o tipo de edificios, o incluso algunos son de desarrollo tan reciente que aún están en la fase de primera valuación de resultados prácticos.

- La gran mayoría utiliza información de tipo cualitativa y cuantitativa.

Tabla XII.1. Resumen comparativo de métodos para valoración quasi-Sostenible de materiales para construcción de edificios.

NOMBRE DEL MÉTODO	OBJETIVO	PAÍS DE ORIGEN	COMENTARIOS
ATHENA	Proporcionar información para reducir los impactos ambientales de los edificios	Canadá	Utiliza modelos computacionales, orientados principalmente a determinados elementos de los edificios
BEARS (Building Environmental assesment and rating system)	Está enfocado a edificios para oficinas en relación a los impactos globales, locales y del ambiente interior.	para Africa	Se basa en el método Breeam y en los sistemas de U.S. Green Building Council. Es parte de un programa de edificios verdes para Africa.
BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability)	Seleccionar productos para la construcción, balanceando los impactos ambientales y los costes económicos.	Estados Unidos	Combina varios métodos tales como el Análisis del Ciclo de Vida de Materiales, normas ISO 14000, Decisiones Multicriterio, para sugerir alternativas prácticas.
BREEAM (Building Research establishment environmental assesment method)	Proporcionar información ambiental a propietarios y ocupantes, así como asesorías especializadas para diseñar y remodelar edificios.	Inglaterra	Proporciona orientación general sobre impactos ambientales, la aplicación se hace a través de asesorías que deben ser pagadas. Hay varias versiones para diferentes tipos de edificios.
ECOPROFILE	Cubre ambientes interno y externo de edificios existentes y uso de recursos	Noruega	No considera aspectos globales como calentamiento global y daños a la capa de ozono.
ECO PROP	Apoya los requerimientos para el diseño, aunque también valora la calidad ambiental de la construcción de edificios	Finlandia	Se ha probado en diferentes tipos de edificios, pero aún no están disponibles los resultados de la primera evaluación.
ECO- QUANTUM	Estima los efectos ambientales en todo el ciclo de vida de los edificios	Holanda	Es un método comercial que está disponible por Internet.
GREEN BUILDING CHALLENGE 98	Valora la calidad ambiental del diseño de edificios y después de construcción	Canadá	Se dispone de versiones para edificios multi-residenciales, oficinas y escuelas. Continúa desarrollándose.
PIMNAQ	Medir la calidad ambiental de edificios y parcelas durante diseño y la operación	Finlandia	Por ahora solo es recomendado para edificios residenciales.

- Casi todos se enfocan a la valoración de edificios para oficinas, desde el punto de vista ambiental.

Tomando en cuenta que el proyecto en el que se aplicará el método se ubica en la región de Sinaloa, donde la mayoría de los edificios se utilizan para vivienda, de entrada los métodos de mayor posibilidad de aplicación son BEES y BREEAM.

BREEAM es el método más antiguo y conocido de los enlistados en la tabla XII.1., ha sido desarrollado en el "Centre for Sustainable Construction" Inglaterra. Durante los diez años que se ha estado aplicando ha tenido bastante aceptación en su país de origen, al grado de que el 25% de los edificios nuevos para oficinas se han evaluado con dicha metodología (BALDWIN, 1998). Es una herramienta de gestión medioambiental acondicionada a la realidad del Norte de Europa, que enfatiza la componente ambiental de la Sostenibilidad.

Además para utilizar BREEAM debe pagarse una licencia, y en ocasiones se requiere una asesoría especializada que causa honorarios.

Por su parte BEES trasciende el ámbito ambiental, pues utiliza una metodología sistémica para seleccionar productos para construcción balanceados ambiental y Económicamente.

Esta cobertura a dos de las tres principales componente de la Sostenibilidad y las características que se mencionan más adelante, las cuales tienen mayor similitud con la región de Sinaloa que ningún otro método, inducen la selección de BEES para aplicarlo en el proyecto para vivienda unifamiliar mostrado.

BEES se empezó a desarrollar en 1994 bajo el patrocinio del "National Institute of Standars and Technology" (NIST), de Estados Unidos de América (USA); por consiguiente, la información que utiliza ese método es representativa de los procesos industriales para productos y materiales de este país, asimismo

considera precios, distancias de transporte y tipos de combustibles para las condiciones estadounidenses, aunque la literatura utilizada en la fase de investigación proviene de más de 15 países.

Así pues, el método se nutre de información y datos promedio de productos genéricos que en términos rigurosos pueden no representar con exactitud a algunos productos individualmente, sin embargo debe tomarse en consideración que se trata de una simulación para obtener elementos de juicio en apoyo a la toma de decisiones sobre productos y materiales a utilizar en la construcción Sostenible de edificios, lo cual debe ser motivo de flexibilidad.

En otro orden, el límite norte de la esta región de Sinaloa, donde se construirá el edificio, dista 350 Kms de la frontera con Estados Unidos y tal como se asentó en el apartado X.1, la interrelación comercial entre Sinaloa y USA es intensa y de gran cuantía. La región importa productos para construcción de la nación vecina, y recibe inevitablemente efectos demostración sobre el mismo tema que influyen en el sector de referencia. Por su parte México también exporta productos para construcción a USA (cemento, entre otros), lo cual debe influir marginalmente en algunas de las consideraciones que debieron haberse hecho en el desarrollo de BEES. Ese mismo tipo de productos exportados, además de los importados que se refirieron arriba, son los insumos que utiliza el Sector de la Construcción de Sinaloa.

Las transacciones comerciales se cotizan y pagan en dólares, que obviamente es la unidad monetaria que emplea el método en cuestión.

Con fundamento en las anteriores consideraciones se concluyó que el método más conveniente para seleccionar materiales para construcción ambientalmente benignos es BEES, sin omitir tomar en cuenta las particularidades de Sinaloa, tales como la no disponibilidad comercial de algunos subproductos reciclables (e. g. cenizas volantes y vidrio de parabrisas), así como la diferencia tecnológica para la fabricación de algunos productos (ladrillo industrial y ladrillo artesanal).

Descripción Metodológica. Tratar de seleccionar los insumos para construcción que menos impactos ambientales produzcan sin ninguna motivación económica, no parece comercialmente realista. Sobre el particular, los fabricantes de productos y los proyectistas de edificios concientizados tienen la posibilidad de balancear los aspectos ambiental y económico combinando dichas componentes de la Sostenibilidad, para ponderar el cuidado al entorno y los precios que garanticen los márgenes de ganancia esperados.

La Figura XII.2. representa esquemáticamente el proceso metodológico para la valoración balanceada de productos para construcción.

Componente ambiental. El método BEES utiliza información y datos ambientales y económicos de 22 productos para construcción, esta información es procesada mediante el análisis del ciclo de vida (ACV), con fundamento en las normas ISO 14 000. En el capítulo V se expusieron estas herramientas de apoyo a la Sostenibilidad, y se comentó que toda la familia de Normas ISO continúa desarrollándose, incluida la serie 14 040 que agrupa a las normas especificadas para el ACV.

El método considera por ahora solo seis impactos ambientales, los cuales son relacionados en este ejemplo con los principios de Sostenibilidad identificados en el Sector de la Construcción (apartado VI.3).

La comparación de las unidades de expresión heterogéneas (figura XII.2, tercera columna) de este tipo de impactos, requiere un procedimiento que permita combinar peras y manzanas, como se diría coloquialmente. De varias alternativas que ofrecen las técnicas de decisión multiatributo o multicriterio, el proceso analítico de jerarquización (AHP, por sus siglas en inglés) (SAATY, 1996) es el método considerado más apropiado para homogeneizar dichas unidades; además de que existe soporte informático comercial (EXPERT, 2000).

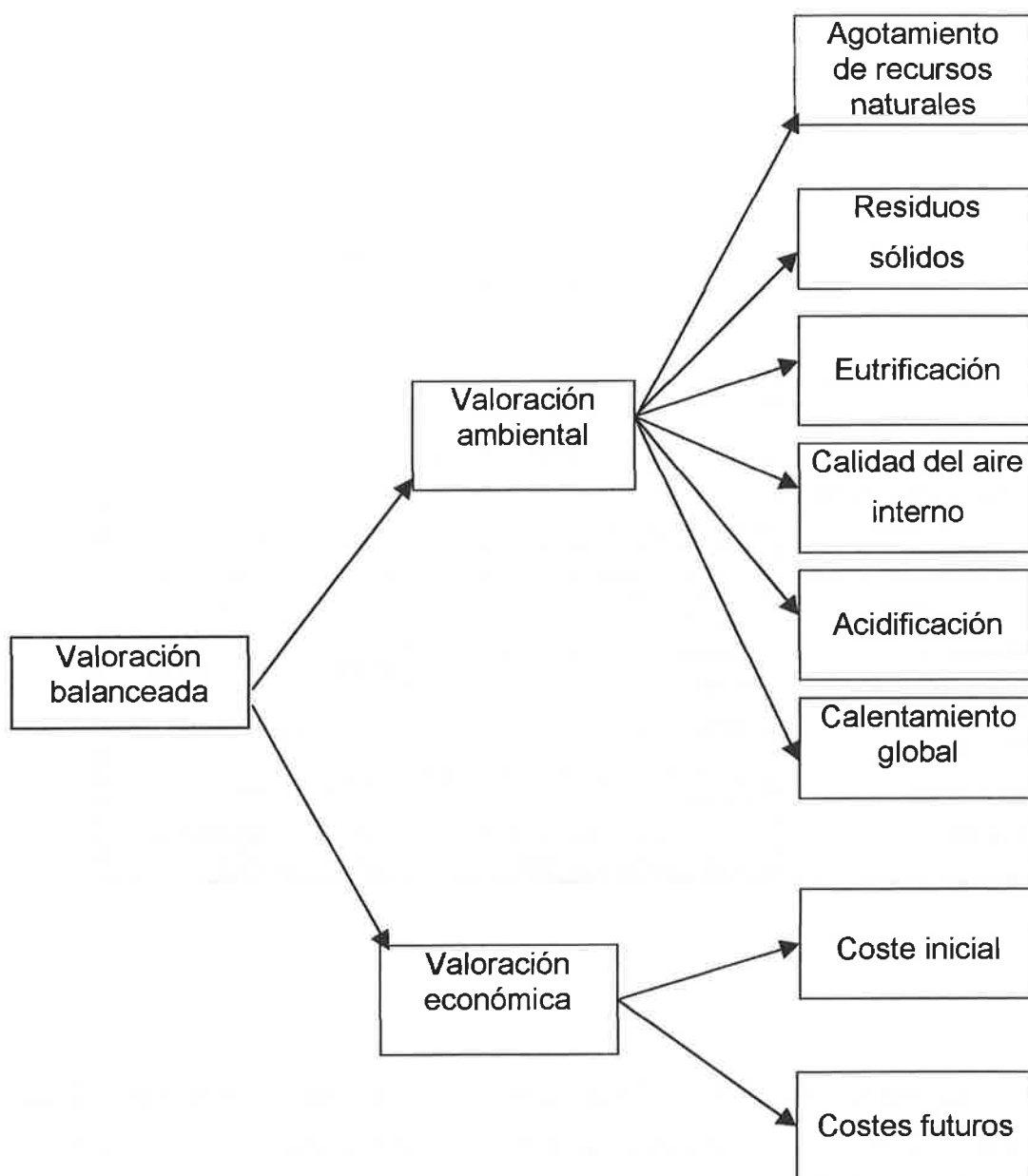


Figura XII.2. Esquema del modelo para la valoración ambiental-económica de productos y materiales para construcción.

Fuente: adaptado de (LIPPIATT, 1998).

Tabla XII.2. Identificación de las categorías de impacto ambiental del Método BEES con los principios de Construcción Sostenible.

PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	IMPACTOS AMBIENTALES	
	Categorías (según BEES)	Unidades de expresión
Conservación	agotamiento de recursos naturales	Años de reserva
Minimización de residuos	Generación de residuos sólidos	Volumen no reciclado
Protección a la naturaleza	Eutricación	Fosfato equivalente
No tóxicos	Deficiente calidad del aire interno	Adimencional
Calidad	Acidificación o lluvia ácida	Hidrógeno equivalente
	Calentamiento global	Carbono equivalente

La incorporación del AHP en el método en cuestión permite la valoración de impactos ambientales de varios tipos de materiales, que se pueden utilizar en una misma función del edificio que se analiza. El usuario (el autor, para el caso) puede asignar pesos a cada tipo de impacto de acuerdo a la importancia relativa que se advierta en el análisis, como el presentado en el apartado VIII.2 de esta tesis. Véanse las columnas de *impactos ambientales* de las tablas del mencionado apartado.

Valoración Económica. A diferencia de la componente ambiental, la económica es relativamente más simple de valorar, pues existen varios métodos probados durante muchos años que facilitan la tarea.

Para contrastar los pesos ambientales con los económicos, el BEES utiliza el procedimiento del Coste del Ciclo de Vida (CCV), que se fundamenta en el valor presente de las inversiones inicial, operación, mantenimiento, reposición y disposición final de los productos y materiales; a lo largo de un período de estudio económico, asumido para 50 años.

El CCV toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, utilizando una tasa de descuento (comercial) para convertir los costes futuros a valor presente. La fórmula general en que se basa es:

$$CVC_j = \sum (C_t / (i + d)^t)$$

Donde:

CVC_j = Coste del Ciclo de Vida a valor presente para la alternativa j (en U.S. dólares)

C_t = Suma de todos los costes, menos flujos de caja positivos ocurridos en el año t

n = Número de años del período de estudio.

d = Tasa de descuento (interés)

Después de haber aportado las características operativas del método BEES, a continuación se expone el procedimiento de aplicación y los resultados obtenidos en el proyecto del edificio considerado.

3. APLICACIÓN DEL MÉTODO BEES

El balance, o valoración ambiental-económica, de productos para construcción mediante el método BEES, consta de las etapas generales siguientes.

- Establecimiento de los parámetros de estudio.
- Selección de los productos para construcción, del acopio disponible en el modelo de simulación del método.
- Ejecución del programa de balance o valoración ambiental-económica y obtención de resultados.

A continuación se explican brevemente estas etapas las cuales se desarrollan una vez que ha sido instalado el programa en el ordenador o computadora.

Establecimiento de los parámetros de estudio. En la ventana de *análisis de parámetros* se introduce el porcentaje representativo del peso que el usuario le atribuye a las componentes ambiental y económica. En el ejemplo se intentaron algunas variaciones al peso atribuido a estos dos conceptos, pero finalmente se asignó idealmente tanta importancia al aspecto ambiental (impactos negativos) como al económico (coste de productos); es decir, se otorgó 50% a cada una de las dos componentes.

En esta etapa también se requiere la selección de la preferencia relativa del analista, expresada en el peso relativo que se otorga a cada una de las seis categorías de impacto ambiental que considera el método (estos impactos son los listados en la tabla XII.2).

Al respecto, se dispone de cuatro alternativas para optar por una de ellas, éstas son: la propuesta por la agencia de Protección Ambiental de estados Unidos, el estudio realizado por la Universidad de Harvard, la de pesos iguales para todas las categorías de impacto y la que defina el propio usuario. Se ha optado por esta última porque su flexibilidad permite considerar la importancia relativa de cada impacto, en función de las características de la región y del proyecto particular que se estudia. De esta manera, los pesos asignados son:

Agotamiento de los recursos naturales.....	18 %
Generación de residuos sólidos.....	15
Eutrificación.....	16
Calidad ambiental Interna.....	20
Acidificación o lluvia ácida.....	16
Calentamiento global.....	<u>15</u>
	100 %

Por último en esta etapa se requiere introducir la tasa real de descuento (tasa de interés menos tasa de inflación). Para este ejemplo se ponderó en 3.0%, después de una consulta que se hizo a B. Lippiat, autora del método BEES.

Selección de los productos para construcción, del acopio disponible en el modelo de simulación del método. Los elementos que constituyen los edificios han sido clasificados en cuatro grandes jerarquías según el proceso analítico AHP, los cuales se incluyen en la tabla XII.3. Cada nivel jerárquico se desagrega de izquierda a derecha en grupos de conceptos constructivos, relacionándose en la tercera columna los elementos particulares del edificio, para los que se seleccionarán los materiales.

El modelo de simulación analiza, en forma simultánea, las componentes ambiental y económica de cada producto disponible en el método. Deben compararse al menos dos productos para cada elemento a analizar.

Al propio tiempo, se asume una distancia de transporte de estos productos desde la fábrica donde se producen hasta el sitio de construcción. La selección de productos para construcción que se hace en este paso, tiene efectos en el resultado que el programa informático otorga a los impactos de agotamiento de recursos naturales, calentamiento global y acidificación.

Tabla XII.3. Clasificación de componentes de edificios a que se aplica el método de selección balanceada de los productos para construcción.

COMPONENTES PRINCIPALES	GRUPOS DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	ELEMENTOS PARTICULARES
Acondicionamiento del sitio de construcción	Urbanización de la parcela	Estacionamiento y aceras
Subestructura	Cimentación y sótano	Muros de cimentación y de sótano
Hamazón	Estructura Techo Cerramiento exterior	Vigas Columnas Estructura en azotea Aislamiento de techo Recubrimiento de azotea Acabado de muros Aislamiento de muros Recubrimiento de muros externos
Interiores	Acabado de interiores	Recubrimiento de pisos

Ejecución del programa de balance ambiental-económico de productos para construcción. Una vez introducidos los parámetros mencionados en el subapartado anterior, el programa computa las instrucciones y presenta resultados para cada elemento particular y para los productos de construcción seleccionados. Los resultados son expresados en gráficas, agrupadas en valoración ambiental, valoración económica, valoración balanceada (ambiental-económica), impactos ambientales, consumo de energía, entre otras.

Para todas las gráficas es válido que entre más grande sea la representación de cualquier concepto, más adverso es el comportamiento ambiental del producto, o su precio es más alto, y por tanto es más desfavorable el impacto ambiental-precio de los productos para construcción en estudio.

4. OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO DE CONSTRUCCIÓN

Urbanización de la parcela
Estacionamiento y aceras

Comparación de materiales

Hormigón con 0% de cenizas volantes
Hormigón con 15% de cenizas volantes
(Resistencia a la compresión: $210 \text{ kg/cm}^2 = 3\ 000 \text{ lb/pulg}^2$)

Resultado del balance

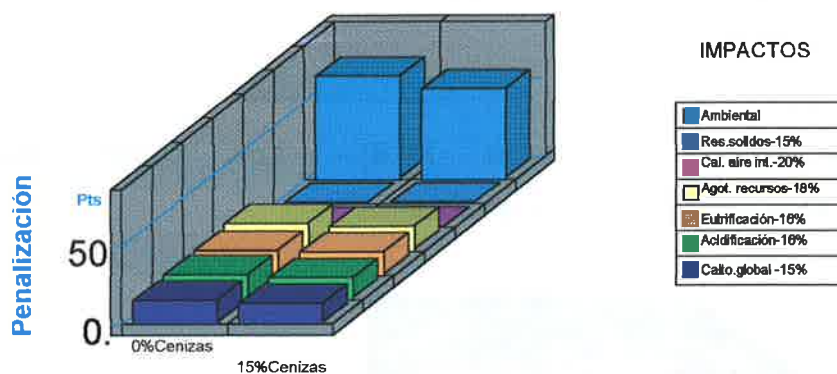


Figura XII.3. Valoración ambiental del hormigón para estacionamiento y aceras.

Valoración ambiental (figura XII.3).– Se observa que el comportamiento ambiental del hormigón con 15% de cenizas volantes en sustitución de cemento, es claramente mejor o con menor impacto ambiental que el hormigón convencional, puesto que su penalización es menor.



Hormigón con:

15% Cenizas

0% Cenizas

Figura XII.4. Valoración económica del hormigón para estacionamiento y aceras.

Valoración económica (figura XII.4).— Los costes favorecen ligeramente(1%) al hormigón con cenizas volantes.

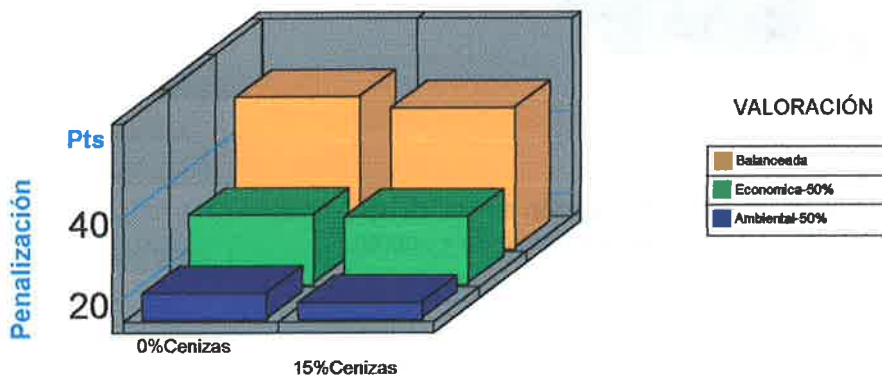


Figura XII.5. Valoración balanceada del hormigón para estacionamiento y aceras.

Valoración balanceada (figura XII.5).— El contraste ambiental–económico, o valoración balanceada, indica que en función de costes existe una ligera preferencia por el hormigón con cenizas volantes; dicha preferencia aumenta desde el punto de vista ambiental , puesto que cuatro impactos (calentamiento global, acidificación, eutrificación, y agotamiento de recursos) son menos adversos si se usara hormigón con cenizas. Empero, la no disponibilidad

comercial, por ahora, de ese tipo de hormigón conduce a la selección del hormigón tradicionalmente utilizado.

4.2. SUBESTRUCTURA

Cimentación y sótano Muros de cimentación y sótano

Comparación de materiales

Hormigón con 0% de cenizas volantes ($210\text{Kg/cm}^2 = 3000\text{lb/pulg}^2$)

Hormigón con 15% de cenizas volantes

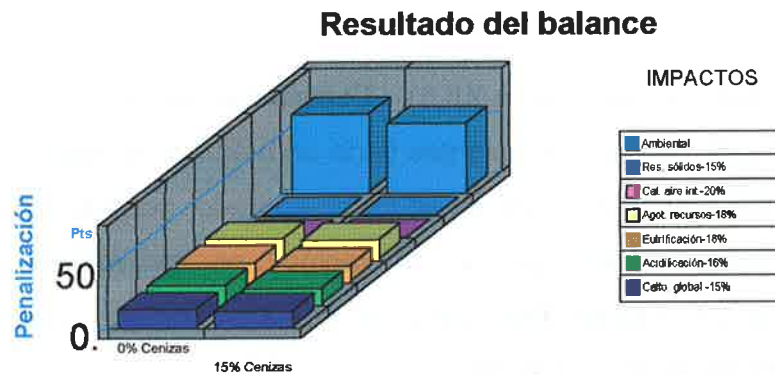


Figura XII.6. Valoración ambiental del hormigón para muros de cimentación y sótano.

Valoración ambiental (figura XII.6).— La alternativa de hormigón que contiene 15% de cenizas volantes es la que representa menores impactos ambientales.

Valoración económica (figura XII.7).— El coste inicial favorece la alternativa de hormigón con cenizas volantes (2.4% menor).

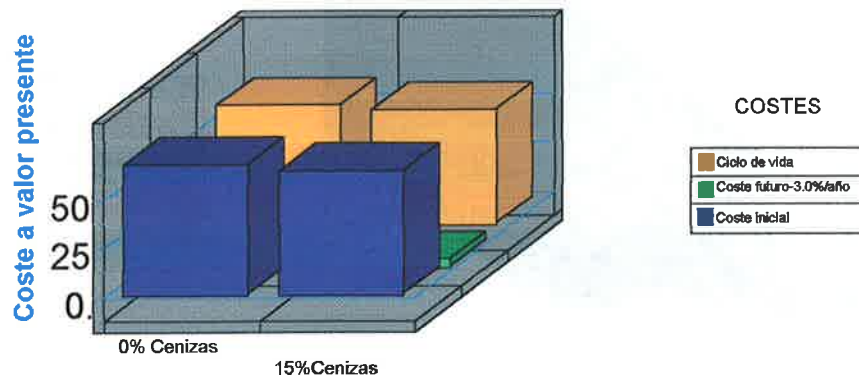


Figura XII.7. Valoración económica del hormigón para muros de cimentación y sótano.

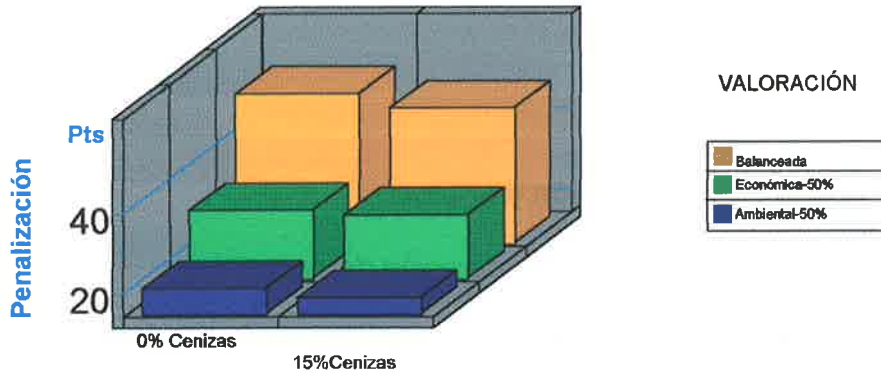


Figura XII.8. Valoración balanceada del hormigón para muros de cimentación y sótano.

Valoración balanceada (figura XII.8).– El Balance muestra que la alternativa de hormigón con 15% de cenizas volantes tiene un mejor desempeño ambiental y un menor coste. Sin embargo, como ya se ha comentado, deberán propiciarse las condiciones comerciales para que en la región se aprovechen las cenizas volantes que se sub-producen. Por tanto, se utilizará hormigón convencional en los elementos constructivos en cuestión.

**Cimentación y sótano
Lozas de cimentación**

Comparación de materiales

Hormigón con 0% de cenizas volantes
Hormigón con 15% de cenizas volantes

Resultados del balance

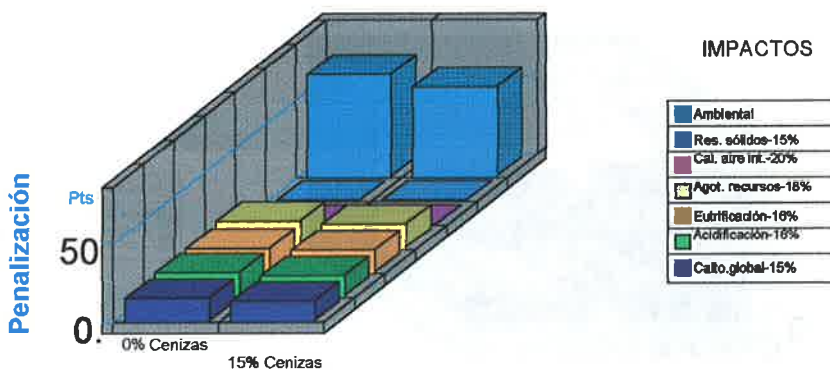


Figura XII.9. Valoración ambiental del hormigón para losas de cimentación.

Valoración ambiental (figura XII.9).– La alternativa de hormigón que contiene 15% de cenizas volantes representa menores impactos ambientales.

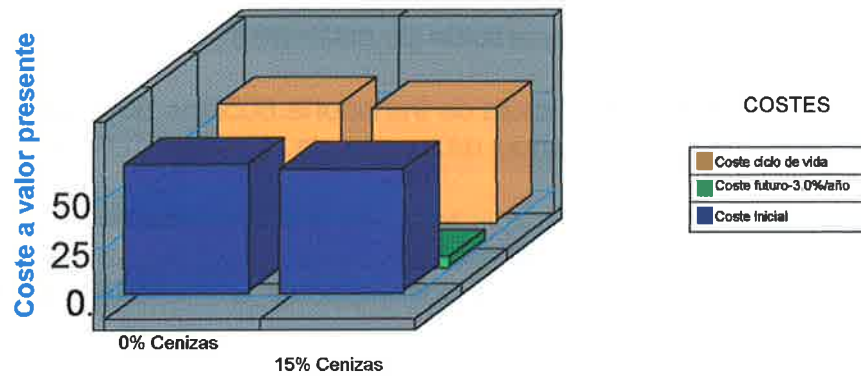


Figura XII.10. Valoración económica del hormigón para losas de cimentación.

Valoración económica (figura XII.10).– El coste inicial (2.4% menor) favorece a la alternativa de hormigón con cenizas volantes.

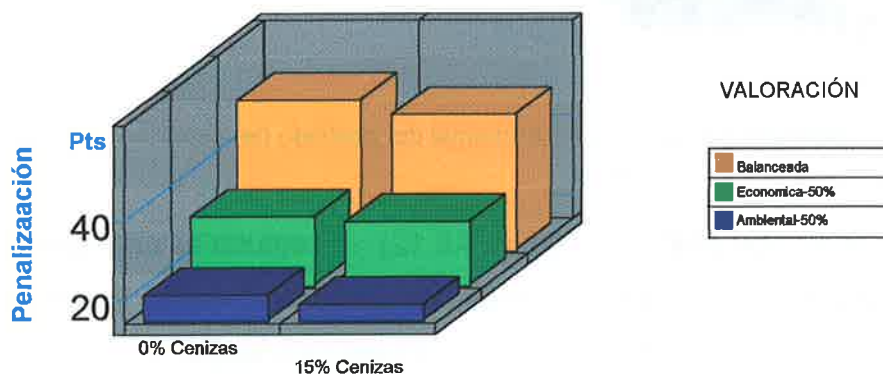


Figura XII.11. Valoración balanceada del hormigón para losas de cimentación.

Valoración balanceada (figura XII.11).– El balance indica que la alternativa de hormigón con 15% de cenizas volantes es mejor desde los puntos de vista ambiental y económico. Sin embargo ante la no disponibilidad comercial de ese tipo de hormigón, se selecciona hormigón convencional.

4.3. ARMAZÓN (O ESTRUCTURA)

Cerramiento exterior Acabado de fachadas

Comparación de materiales

Ladrillo industrial (distancia de transporte:805km= 500 millas)
Estuco (distancia de transporte: 161Km= 100 millas)

Nota: como ya se comentó, la aplicación del método exige la comparación de al menos dos productos; por tanto, junto con el estuco se ha incluido al ladrillo industrial para mostrar los impactos ambientales que propicia este producto.

Resultados del balance

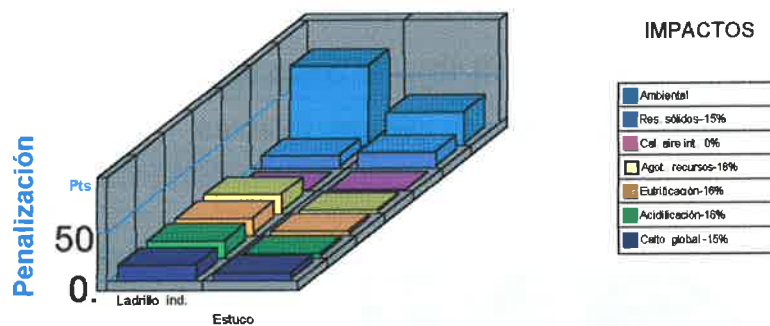
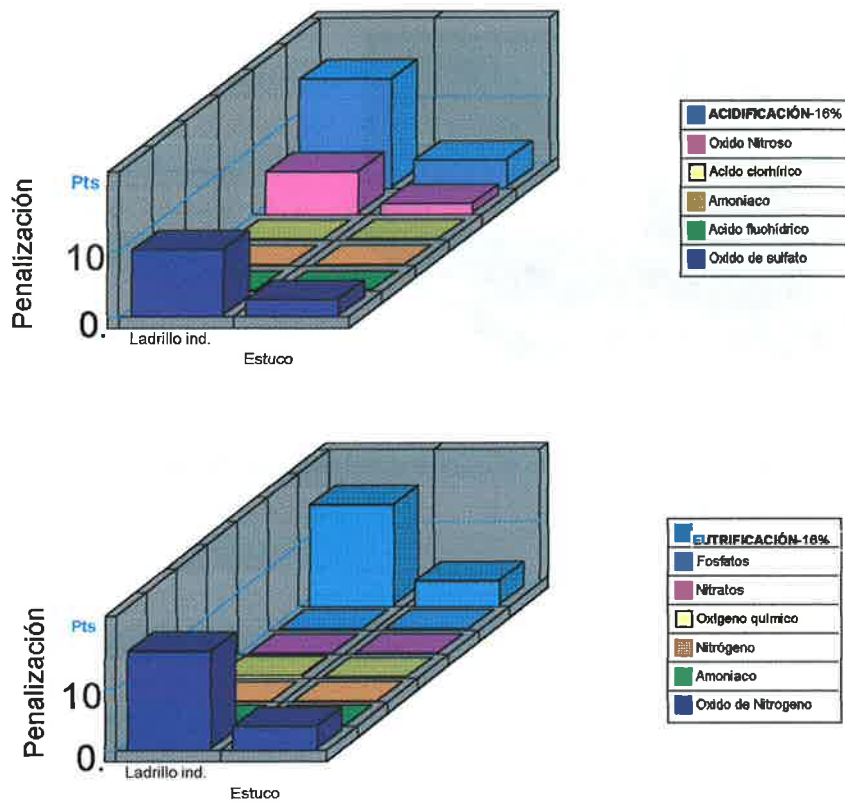


Figura XII.12. Valoración ambiental del acabado de muros externos.

Valoración ambiental (figura XII.12).– El estuco es un material notablemente menos impactante en comparación al ladrillo industrial, excepto que produce ligeramente más residuos sólidos.

Tal como se explicó en el capítulo X, la economía de la región de Sinaloa es eminentemente agrícola y pesquera, por lo que los impactos por acidificación y eutrificación que propicia el ladrillo industrial adquieren especial significación. Al respecto, en las dos gráficas siguientes se puede observar la magnitud de estos impactos.



Valoración económica (figura XII.13).– El coste del acabado con estuco es, también, notablemente más bajo, tal como se observa en la figura de referencia.

Valoración balanceada (figura XII.14).– Por ser el estuco más conveniente, tanto ambiental como económicamente, es comprensible que la valoración balanceada se incline también por dicho material, como el más apropiado para el acabado de los muros externos.

La comparación de los impactos ambientales ocasionados por el ladrillo industrial, que considera el método BEES, y el ladrillo artesanal que se utiliza mayoritariamente en Sinaloa, será hecha en el sub-apartado 4.5 de este capítulo.

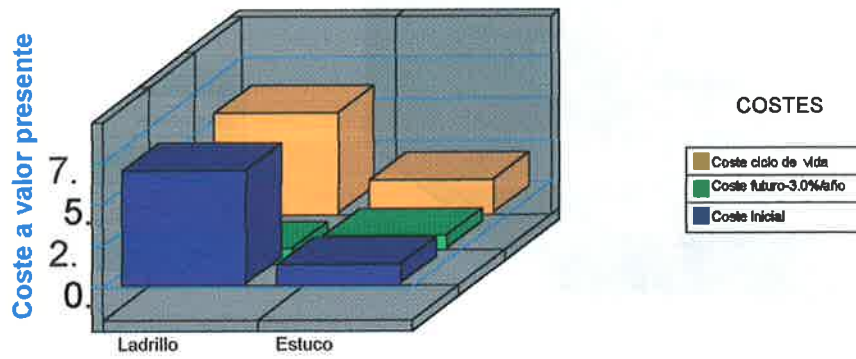


Figura XII.13. Valoración económica del acabado de muros externos.

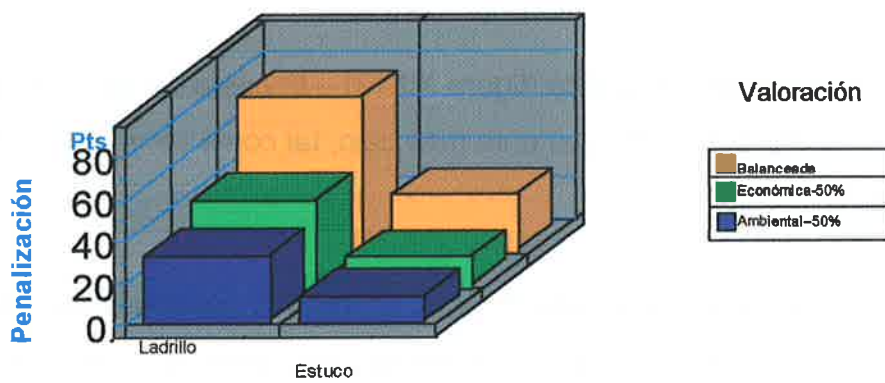


Figura XII.14. Valoración balanceada del acabado de muros externos.

**Cerramiento exterior
Aislamiento de muros**

Comparación de materiales

Celulosa industrial(R13) (distancia de transporte desde la
Fibra de vidrio (R15) fábrica al sitio de construcción:
Lana mineral(R12) 483 Km=300millas).

Resultados del balance

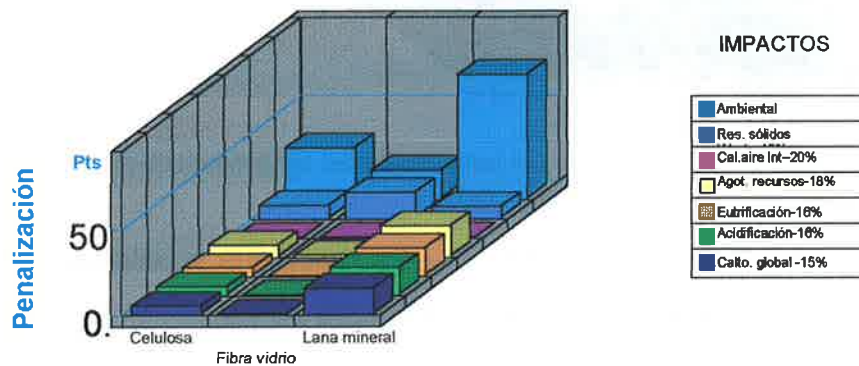


Figura XII.15. Valoración ambiental del aislamiento de muros externos.

Valoración ambiental(figura XII.15).– Aún cuando la fibra de vidrio produce más residuos sólidos al final de su vida útil, es el producto más recomendable desde el punto de vista ambiental y el menor consumidor de energía en su producción industrial.



Figura XII.16. Valoración económica del aislamiento de muros externos.

Valoración económica (figura XII.16).— El coste inicial o de adquisición también es más atractivo en el caso de la fibra de vidrio, y lo es más en cuanto al coste del ciclo de vida.

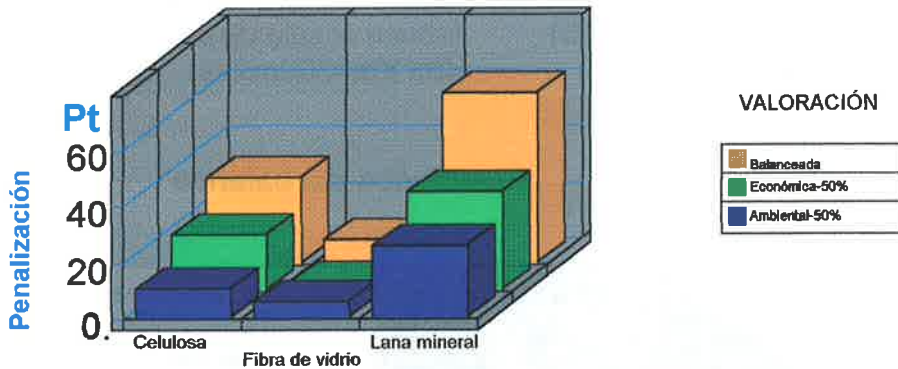


Figura XII.17. Valoración balanceada del aislamiento de muros externos.

Valoración balanceada (figura XII.17).— Es lógico que el balance ambiental-económico también favorece, notablemente a la fibra de vidrio.

**Cerramiento exterior
Recubrimiento de muros**

Comparación de materiales

Láminas metálicas (distancia de transporte 805 Km)
 Aglomerado (distancia de transporte 161km)

Nota: El método BEES considera aglomerado de madera, pero para el caso en análisis se asume el uso de aglomerado de subproductos de caña de azúcar, que se fabrica localmente con menos aditivos químicos que el de madera.

Resultados del balance

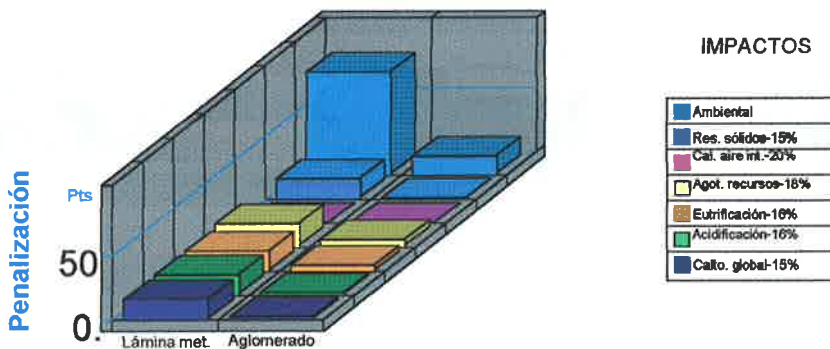


Figura XII.18. Valoración ambiental del recubrimiento de muros externos.

Valoración ambiental (figura XII.18).– En todos los impactos ambientales considerados, el material más conveniente es el aglomerado.

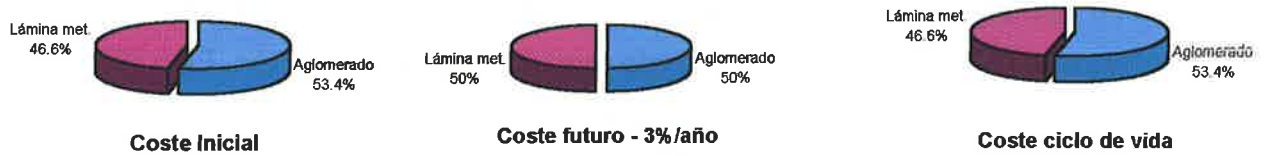


Figura XII.19. Valoración económica del recubrimiento de muros externos.

Valoración económica (figura XII.19).– En la información que utiliza BEES, el recubrimiento con láminas metálicas resulta ser 6.8/% más barato que el aglomerado de madera. Sin embargo, en la región en estudio hay producción local de aglomerado a base de sub-productos agroindustriales que abaratan costes (40%), por lo que es apreciablemente más barato la utilización de aglomerado a base de sub-productos, situación que es coincidente con la Agenda 21 (capítulo 7), en relación con la recomendación de utilizar materiales de construcción locales.

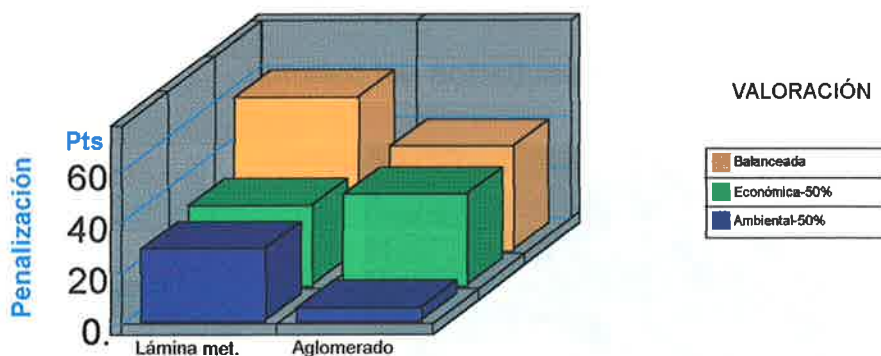


Figura XII.20. Valoración balanceada del recubrimiento de muros externos.

Valoración balanceada (figura XII.20).– Al comparar los materiales en cuestión, el resultado indica que el aglomerado es el más conveniente para recubrir los muros externos que no forman parte de la fachada, (la cual se recubrirá con estuco). Esto ha sido determinado fundamentalmente por el ventajoso comportamiento ambiental del material local, por el uso de materia prima renovable y por el ahorro de energía que requiere la fabricación. Esto último se puede observar con claridad en la siguiente figura.

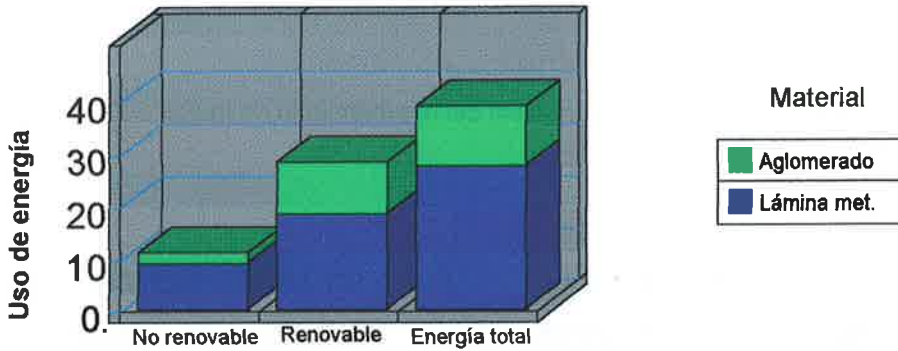


Figura XII.20'. Uso de energía para fabricación de aglomerado y láminas metálicas.

**Techo
Aislamiento (impermeabilización) del techo**

Comparación de materiales

Celulosa (R30)
Fibra de vidrio (R30)
Fibra mineral (R30)

(distancia de transporte desde la fábrica al sitio de construcción: 483km=300millas).

Resultados del balance

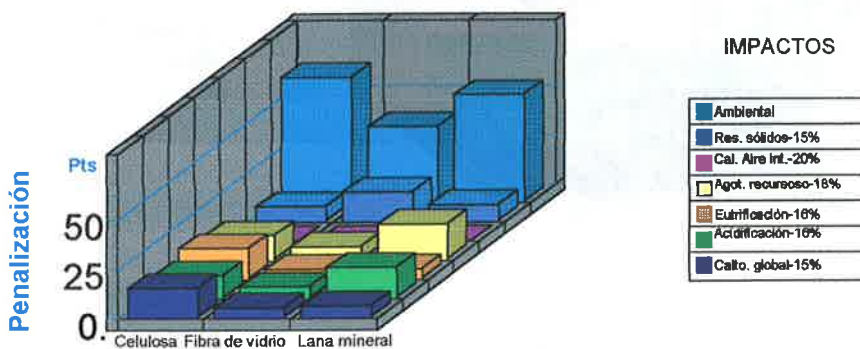


Figura XII.21. Valoración ambiental de la impermeabilización del techo.

Valoración ambiental (figura XII.21).– El producto más benigno ambientalmente de los tres analizados, es la fibra de vidrio, con la salvedad de que es más productora de residuos sólidos al final del ciclo de vida.

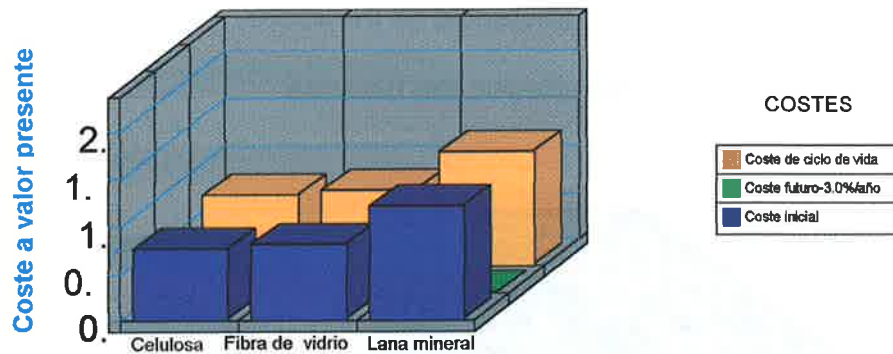


Figura XII.22. Valoración económica de la impermeabilización del techo.

Valoración económica (figura XII.22).– El coste inicial y el coste del ciclo de vida, son ligeramente menores en el caso de la celulosa (1.8%) con relación a la fibra de vidrio, en tanto que la lana mineral es más cara comparativamente con los otros dos materiales.

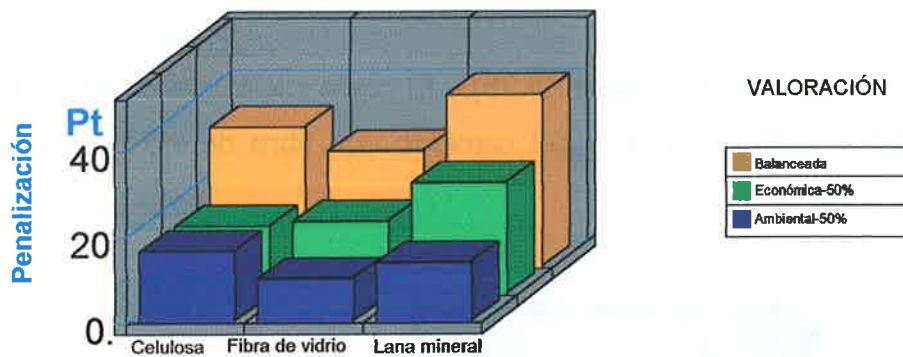


Figura XII.23. Valoración balanceada de la impermeabilización del techo.

Valoración balanceada (figura XII.23).– En términos generales, la fibra de vidrio es el producto más conveniente de los tres materiales comparados.

**Techo
Recubrimiento de azotea**

Comparación de materiales

Asfalto (distancia de transporte: 1609km=1000 millas)
 Lozeta de cerámica (distancia de transporte: 805km=500 millas)
 Cemento con fibra (distancia de transporte: 805km=500 millas)

Resultados del balance

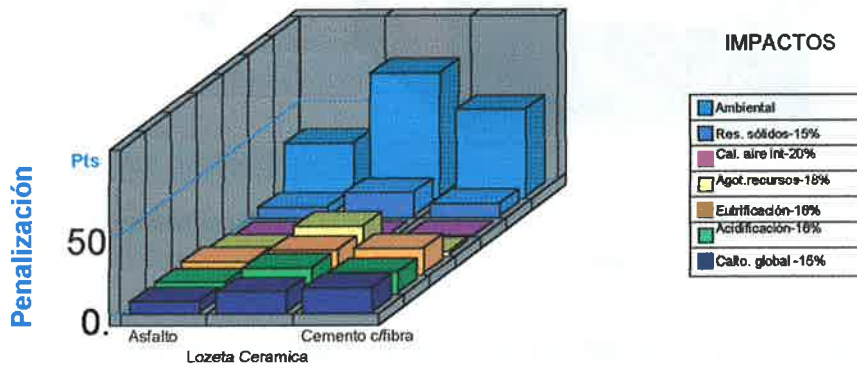


Figura XII.24. Valoración ambiental del recubrimiento de la azotea.

Valoración ambiental (figura XII.24).– En todos los impactos considerados, el asfalto es el menos dañino ambientalmente.

Valoración económica (figura XII.25).– El coste inicial y el coste de ciclo de vida favorecen al asfalto, seguido del cemento con fibra de vidrio que tiene el menor coste futuro.

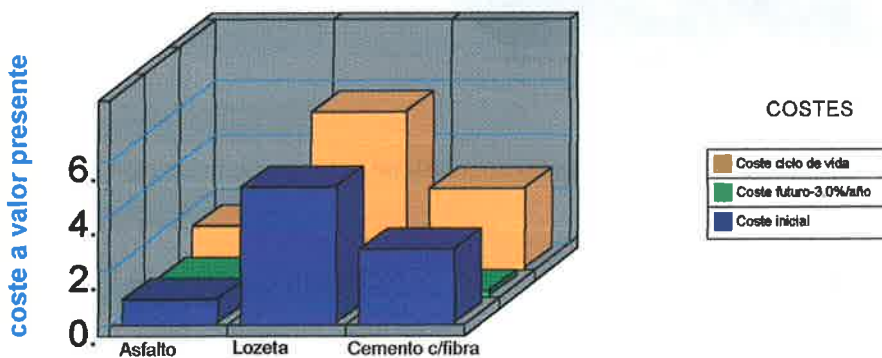


Figura XII.25. Valoración económica del recubrimiento de la azotea.

Valoración balanceada (figura XII.26).– Sin duda, el asfalto es el producto más conveniente para el recubrimiento final o acabado de la azotea, pues es menos impactante y más barato que las otras alternativas.

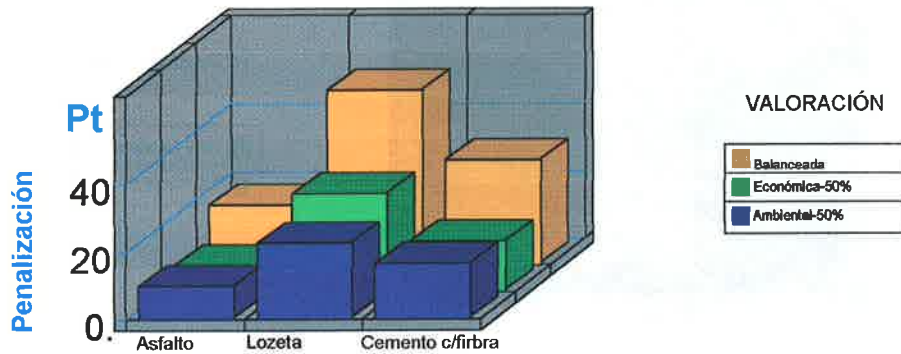


Figura XII.26. Valoración balanceada del recubrimiento de la azotea.

Estructura
Vigas, columnas y techumbre de azotea

Comparación de materiales

Hormigón con 0% de cenizas volantes ($350\text{kg}/\text{cm}^2=5000\text{lb}/\text{pulg}^2$)
Hormigón con 15% de cenizas volantes "

Resultado del balance

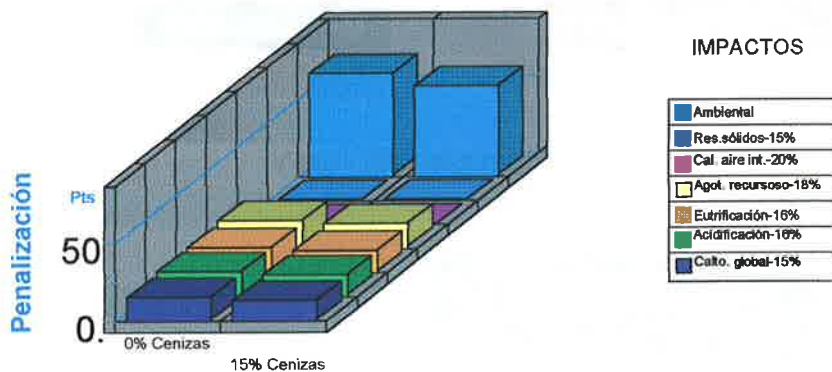


Figura XII.27. Valoración ambiental para vigas y columnas.

Valoración ambiental (figura XII.27).–El hormigón con cenizas volantes tiene un mejor comportamiento ambiental que el hormigón convencional. Sin

embargo, ambos impactan considerablemente los recursos naturales, principalmente los de condición no renovable, según se puede observar en la siguiente figura (XII-.27´).

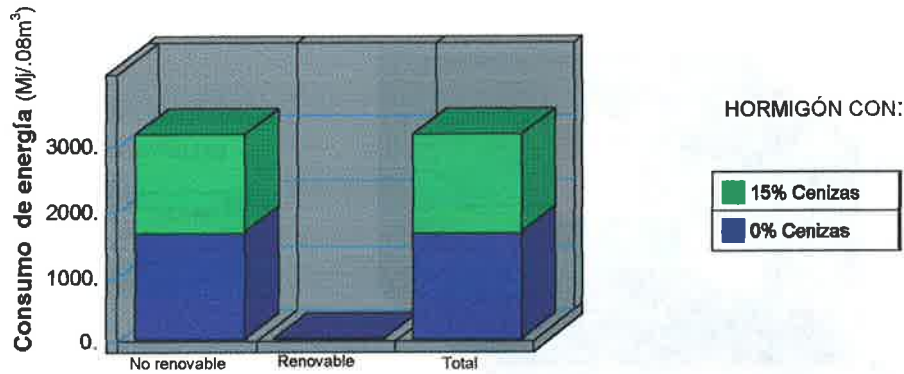


Figura XII.27´. Consumo de energía del hormigón para vigas y columnas.

Valoración económica (figura XII.28).– El coste inicial del hormigón con cenizas volantes es ligeramente más económico que el del convencional.

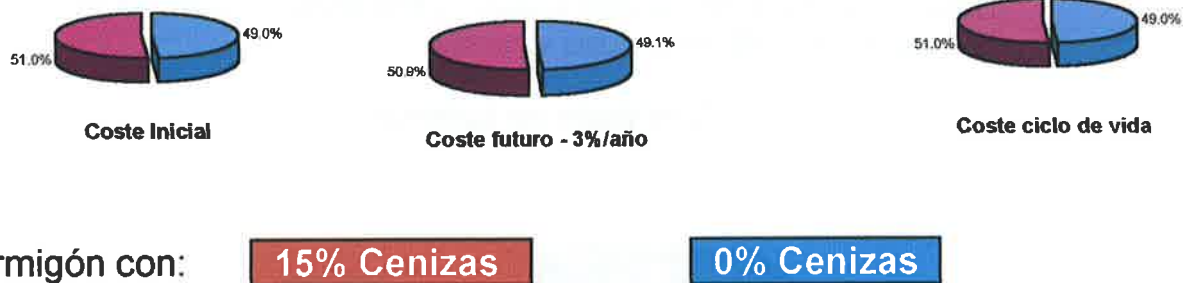


Figura XII.28. Valoración económica del hormigón para vigas y columnas.

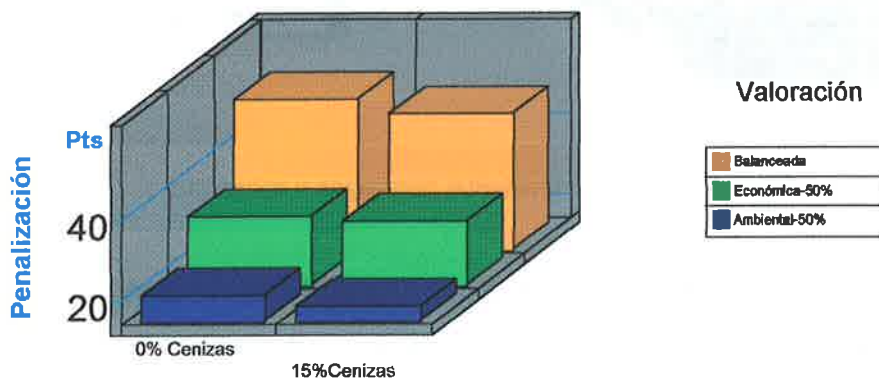


Figura XII.29. Valoración balanceada del hormigón para vigas y columnas.

Valoración balanceada (figura XII.29).– El resultado obtenido para los elementos estructurales en cuestión, es similar a otros elementos constructivos analizados previamente, es decir, sería de utilidad ambiental y económica la utilización de cenizas volantes como sucedáneo parcial del cemento portland, por lo que habría que incentivar el uso del mencionado sub-producto de la industria eléctrica.

4.4. INTERIORES

Acabado de interiores Recubrimiento de pisos

Comparación de materiales

Mosaico de vidrio reciclado (dist. Transporte:805km=500millas)
 Loseta vinílica (distancia de transporte:1609km=1000millas)
 Linóleoum (distancia de transporte:1609km=1000millas)

Resultados del balance

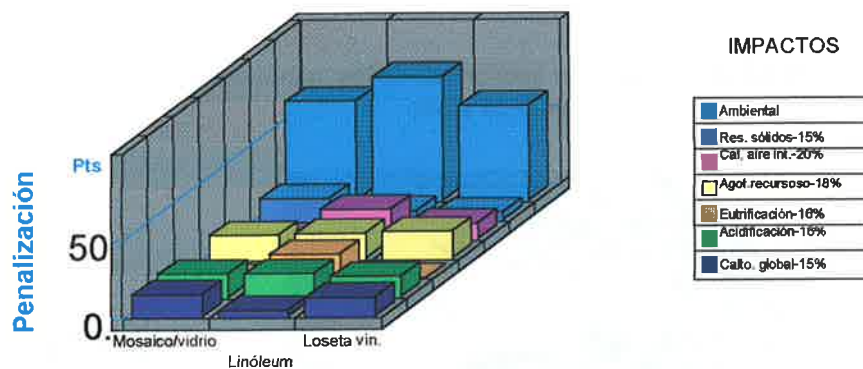


Figura XII.30. Valoración ambiental de materiales para recubrimiento de pisos.

Valoración ambiental (figura XII.30).– En términos generales y debido a su contenido de vidrio reciclado, el mosaico es el material más conveniente desde

el punto de vista ambiental, excepto por su mayor impacto en la generación de residuos sólidos, tal como puede observarse en la gráfica siguiente.

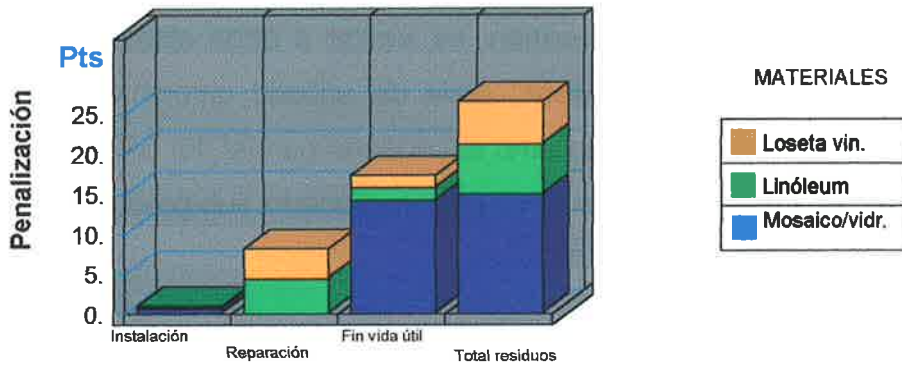


Figura XII.30'. Residuos sólidos generados por los materiales para recubrimiento de pisos.

Valoración económica (figura XII.31).– Los costes son fehacientemente menores en el caso de la loseta vinífica.

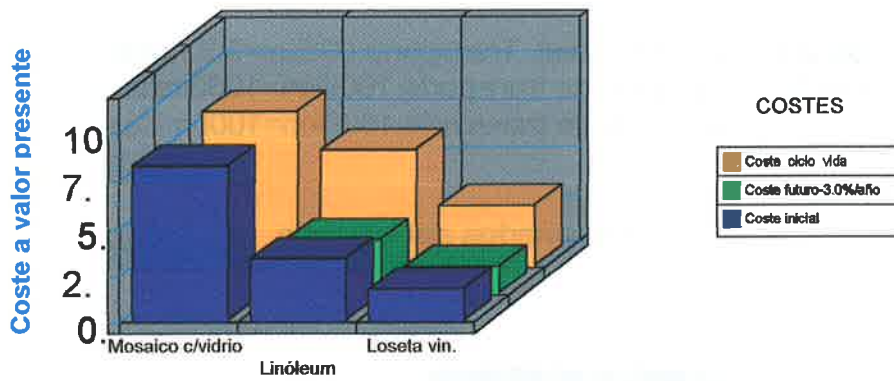


Figura XII.31. Valoración económica de los materiales para recubrimiento de pisos.

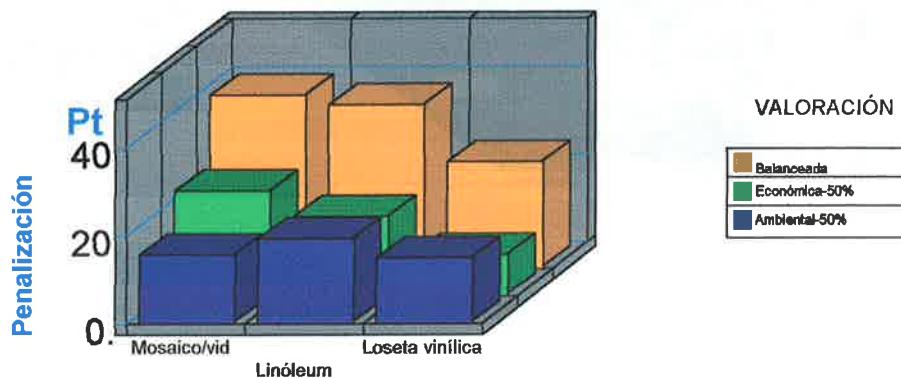


Figura XII.32. Valoración balanceada de los materiales para recubrimiento de pisos.

Valoración balanceada (figura XII.32).— El balance indica que los costes son notoriamente menores para la loseta vinílica y también los impactos ambientales son ligeramente favorables a este material, por lo cual es seleccionado para el recubrimiento de pisos.

4.5 SELECCIÓN COMPLEMENTARIA DE PRODUCTOS Y MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL METODO.

Concluida la aplicación del método BEES, es pertinente puntualizar que no ha sido tomado en cuenta el concepto de pinturas, pero el impacto directo que tienen en la calidad del aire interior del tipo de edificio en análisis (vivienda) está implícito en el alto peso relativo que se le ha asignado al aire interno (20%), por lo que en concordancia con lo expuesto en el apartado VIII-1 se seleccionan pinturas y selladores naturales, de los que existen antecedentes de uso y pueden ser adquiridos en la región.

El ladrillo industrial considerado por el método es mucho menos Sostenible que el ladrillo artesanal elaborado en Sinaloa (véase figura XII.33). El proceso típico de producción de este material en Estados Unidos incluye arcilla (electricidad y diesel para la extracción y procesado de esta materia prima), gas natural, carbón, serrín (electricidad para aserrar), fuel oil y agua. Los considerables impactos ambientales que propicia este producto industrial se puede deducir de la comparación que se hace en la figura, entre la fabricación de esta clase de ladrillo y el ladrillo artesanal producido en Sinaloa. Los impactos ambientales adversos más relevantes son atribuibles al consumo de energía para producir ladrillo industrial, cuyo desglose es el siguiente:

<u>Tipo de combustible o energía</u>	<u>Energía requerida</u>
Carbón	9.6%
Gas natural (y metano)	71.8%
Fuel oil	7.8%
Electricidad	10.8%
TOTAL	2.88 MJ/Kg

Es destacable la importancia sostenible que la fabricación de ladrillo en Sinaloa continúe siendo mayoritariamente artesanal, para lo cual se utiliza arcilla, paja, agua, leña o subproductos agrícolas para la cocción a cielo abierto (prescindiendo de hornos) y mano de obra con herramientas. Es, pues, una actividad generadora de empleo, que utiliza materiales vernáculos tradicionales, que seca los adobes al sol y que tienen una baja carga de contaminantes (quema de leña).

Por tanto, se recomienda el uso de ladrillo artesanal en los muros del edificio en estudio.

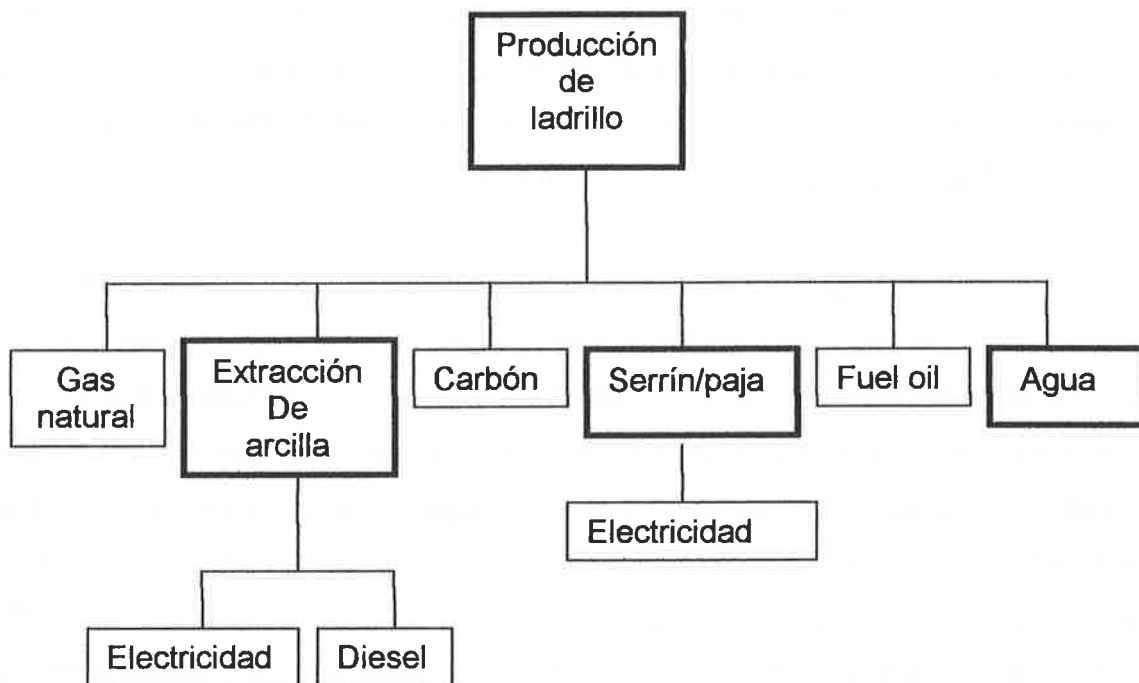


Figura XII.33. Comparación de los procesos de producción de ladrillo industrial en USA y el ladrillo artesanal en Sinaloa.

(Las celdas **remarcadas** corresponden al proceso del ladrillo artesanal, al que solo habría que agregar mano de obra intensiva y leña).

Se asume que los elementos constitutivos del edificio que no han sido considerados por el método, serán construidos con los productos convencionales

más benignos ambientalmente que se consigan en la región, y los de menores requerimientos de capital de energía.

En la tabla XII.4 se resume la selección de productos y materiales a utilizar en el edificio en análisis, tanto los balanceados mediante el método BEES como los escogidos complementariamente.

Tabla XII.4. Productos para construcción seleccionados a través del método BEES y complementados en forma empírica.

ELEMENTOS PARTICULARES DEL EDIFICIO	PRODUCTOS SELECCIONADOS
<i>Seleccionados por el método BEES</i>	
Pisos de estacionamiento y aceras	Hormigón convencional* (300 Psi=210Kg/cm ²)
Muros de cimentación y sótano	Hormigón convencional* (300 Psi=210Kg/cm ²)
Losa de cimentación	Hormigón convencional * (300 Psi=210Kg/cm ²)
Vigas	Hormigón convencional * (400 Psi=280Kg/cm ²)
Columnas	Hormigón convencional * (400 Psi=280Kg/cm ²)
Estructura de azotea	Hormigón convencional * (300 Psi=210Kg/cm ²)
Aislamiento de techo	Fibra de vidrio (R-30)
Recubrimiento de azotea	Asfalto
Acabado de fachadas	Estuco
Aislamiento de muros	Fibra de vidrio (R-15)
Recubrimiento de muros externos	Aglomerado (producción local a base de sub-productos de caña de azúcar)
Recubrimiento de pisos	Loseta vinílica
<i>Selección complementaria</i>	
Muros	Ladrillo artesanal
Area a pintar	Pintura y sellador natural
Otros elementos constructivos	Productos convencionales, en lo posible benignos ambientalmente

*El resultado del análisis sugirió usar hormigón con 15% de cenizas volantes en sustitución de cemento (con menores impactos ambientales y más barato), empero la no disponibilidad comercial del subproducto indujo la selección de hormigón convencional.

5. CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN SOSTENIBLE DE LOS MATERIALES

La aplicación del método BEES conduce a algunas conclusiones generales, tales como la conveniencia ambiental (un tanto lógica) e incluso económica, de utilizar sub-productos como las cenizas volantes para la elaboración de hormigón con igual resistencia al convencional, lo que confronta con la no disponibilidad comercial en algunas regiones como Sinaloa. El resultado, sin embargo, muestra la oportunidad de negocio en ese mercado potencial que induce la Sostenibilidad en el Sector de la Construcción.

También se clarifican otros asuntos no tan lineales, como la ventaja que representa el vinil sobre el linóleoum. En este caso se puede suponer a priori que el vinil sería ambientalmente más desventajoso (por ser un derivado de petróleo) al compararse con el linóleoum (el cual es un producto agrícola); sin embargo, el método toma en cuenta el contenido inorgánico del vinil (caliza) y el hecho de que el linóleoum tiene componentes que han sido cultivados con fertilizantes que propician impactos como el de eutricación, además de que requiere una gran cantidad de combustibles fósiles en su fabricación y transporte de materias primas de Europa, América y Asia.

Ocurre el caso de que algunos productos pueden tener componentes de alto impacto negativo, pero si éste representa una pequeña proporción del producto su incidencia también es menor; tal es el caso de la proporción de petróleo que tiene el vinil, o el cemento que es señalado por su contenido intensivo de energía, pero si se considera que únicamente representa el 10–15% de la masa del hormigón, la agresividad ambiental real de ese producto no es tan grande como generalmente se le atribuye.

Algunos productos de bajo coste inicial y de corta vida resultan ser menos convenientes, al comparárseles con otros que tienen un mayor precio inicial pero están exentos de mantenimiento y son más durables.

En otro orden, es oportuno comentar que el método utilizado está en pleno proceso de expansión y refinamiento, y según su autora, en el futuro próximo se incrementará el número de productos que contiene el modelo de simulación, asimismo se analizarán más impactos ambientales y más elementos constitutivos de los edificios, se considerarán a las características particulares de algunas regiones (que enfrentan escasez de agua, por ejemplo), el usuario tendrá opción de ingresar al modelo aún más datos propios, entre otras adecuaciones. Todo lo cual lo hace encaminarse a ser un cabal método de valoración Sostenible de edificios.

Valoración social de la construcción del edificio unifamiliar. El aspecto social que debe complementar la valoración Sostenible del caso en análisis, lo constituye la inclusión del indicador sostenible E-2 (tabla XI. a) desarrollado en el capítulo precedente, el cual se refiere a la generación de empleo en el Sector de la Construcción de la región Sinaloense.

En efecto, la modalidad de construcción de la región demanda el uso intensivo de mano de obra sustitutiva de maquinaria, lo cual propicia empleo y seguridad social, y evita los impactos que acarrearía el consumo de combustibles fósiles.

El empleo que se genera permite ingresos económico en un estrato social poco capacitado para trabajar en otras actividades que no sean las de construcción y las agrícolas; de acuerdo a la ley también propicia el acceso a la seguridad social tanto a los trabajadores como a sus familias, quienes de otra manera estarían desprotegidos puesto que en México no existe seguro al desempleo, o algún otro sistema de ayuda similar.

Se estima que la construcción de un edificio del tipo y dimensiones como el que se estudia requiere 3500 horas-hombre, que pueden convertirse en 20 meses de empleo para un trabajador y seguridad social para él, su cónyuge y sus hijos menores.

Por otra parte, cuando se adopta el criterio Sostenible en construcciones como la que nos ocupa, se establece una solidaridad inter e intrageneracional tanto por la creación de empleo como por la selección más adecuada de los materiales, y con toda seguridad esa actitud se trasladará a la etapa de funcionamiento y mantenimiento del edificio.

En otro orden, como conclusión de la utilización de este tipo de modelos de valoración, es oportuno comentar que derivado de su incipiente creación y desarrollo, por ahora no aportan información definitiva para la toma de decisiones, pero sí permiten revisar diferentes escenarios para acercarnos a los problemas y a las posibles alternativas de solución. Por tanto, pueden considerarse como una herramienta de apoyo al analista, quien debe aplicar criterio, experiencia y conocimiento en cada caso en particular para obtener sus propias conclusiones.

QUINTA PARTE

**COMPENDIO DE LA APROXIMACIÓN DE
LOS PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD AL
SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

CAPÍTULO XIII

CONCLUSIONES Y EXTENSIÓN DE RESULTADOS

- 1. Verificación de las hipótesis de trabajo**
- 2. Conclusiones, sugerencias y comentarios**
- 3. Principales aportes hechos a través de la tesis**

EPÍLOGO

Introducción. En la *aproximación metodológica* expuesta en el capítulo I, se planteó la socialización de los resultados como última fase del estudio. Con esa finalidad, y a manera de colofón, se retoman las hipótesis de trabajo, se extractan las conclusiones que se consideran más representativas de cada una de las cinco partes que integran la tesis y se hacen algunas sugerencias, se resumen los aportes hechos a través de este trabajo académico y se termina con una reflexión final que se hace en el epílogo.

1. VERIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se estima pertinente iniciar esta última parte de la tesis revisando las hipótesis de trabajo establecidas al inicio de la investigación, (véase el capítulo I), las que en síntesis presuponían que:

1. La polémica que existe con relación al significado dual de la expresión Desarrollo Sostenible, está propiciando el uso del término *Sostenible* en una visión individual.
2. Ante la falta de consenso para que se acepte una sola definición de Desarrollo Sostenible, los principios de Sostenibilidad se adecuarán y aplicarán a cada caso en particular.
3. La puesta en práctica de esos principios, aun sea en proyectos aislados, le acarreará más adeptos a la Sostenibilidad que el eventual perfeccionamiento del concepto teórico.

Las hipótesis relacionadas con la evolución operativa y semántica de la Sostenibilidad, no se pueden probar ni son verificables en el corto plazo que ha durado la elaboración de esta tesis; tal como pudo haber ocurrido con un experimento de laboratorio, por ejemplo, (GARCIA, 1995); pues se trata de observar la dinámica de un concepto emergente, en el seno de una sociedad, que podría tardar años en mostrar el derrotero que seguirá.

Sin embargo, es posible adelantar algunos comentarios deducidos del acontecer en el medio profesional y académico, y de los materiales analizados en la investigación y escritura de la tesis, lo cual se hizo durante varios meses después de que se establecieron las hipótesis de referencia.

Para entrar en el tema, se recuerda que para ayudar a poner en práctica los propósitos contenidos en la Agenda 21, en la Conferencia de Río de Janeiro se acordó que la ONU propiciara la creación de un grupo de indicadores, con la finalidad de monitorear el progreso de las iniciativas Sostenibles. A partir de esa determinación, y acentuadamente en los años más recientes, se han publicado varias propuestas de indicadores de Sostenibilidad.

Algunos de los grupos más conocidos hoy por hoy, iniciaron sus trabajos sobre Sostenibilidad proponiendo indicadores (CITY OF WINNIPEG, 1998; FCBS, 1998; SUSTAINABLE SEATTLE, 1998; XARXA, 1998). Se trata de proyectos de dimensión local o de comunidades, y no necesariamente se inscriben en programas y planes de Desarrollo Sostenible que implicarían coberturas amplias de espacio y en ocasiones de tiempo; aunque es pertinente aclarar que sí han obtenido motivación y guía de la Agenda 21.

En esas propuestas no se habla de indicadores de Desarrollo Sostenible, sino de indicadores de Sostenibilidad. Se trata, pues, de proyectos no globales o regionales para los que se ha interpretado y adecuado la noción de Sostenibilidad en función de los requerimientos de cada caso en particular, habiendo obtenido aceptación por parte de la sociedad con la que se ha trabajado y de agencias oficiales pertinentes.

Las iniciativas para desarrollar esos proyectos, a relativamente pequeña escala, apuntan a la independencia del término *Sostenibilidad* de la (para algunos) expresión contradictoria de Desarrollo Sostenible, lo cual avanza en la dirección establecida por la hipótesis de la tesis.

Las definiciones de Sostenibilidad para casos reales concretos, han contribuido a modificar opiniones escépticas sobre la supuesta palabra vacía de contenido (PEZZEY, 1992). Son también guía útil para definir políticas a instrumentar en el futuro (FARREL, 1998), al propio tiempo que han hecho más comprensible para el gran público el concepto en cuestión.

Por otra parte, en la mayoría de las fuentes consultadas en la fase de investigación, no se habla tanto de Desarrollo Sostenible sino de Sostenibilidad. Algunas de esas fuentes son las 120 referencias anexas al final de la tesis. Por cierto que más del 60% de la bibliografía sobre Sostenibilidad data del año 1997 a la fecha, sin que se haya decidido seleccionar únicamente material reciente, lo cual corrobora la apreciación de que previo a ese año no existía la cuantía de literatura sobre el tema, como la hay en los años más recientes. Esto se interpreta como demostración del interés que ha surgido últimamente por el multicitado tema de la Sostenibilidad.

La omnipresencia de este término en los medios de comunicación y en el sector académico, no denota debilidad por la carencia de una definición consensuada; más bien, la contradicción que se le atribuye al Desarrollo Sostenible parece radicar en las afirmaciones de que algo tan “vago” y “contrapuesto” esté ganando cada vez más notoriedad y sea más conocido.

El hecho de carecer del consenso antes mencionado, le ha otorgado una especie de flexibilidad que pudiera ser motivo de su popularidad creciente, pues parece ser que el aporte al significado del concepto hecho por diversos autores, agrega cierta incertidumbre que se traduce en que todas esas contribuciones parecen apropiadas (incluso por conveniencia), lo cual puede estar contribuyendo a la mencionada popularidad en los medios citados.

La flexibilidad también representa una importante fortaleza en un mundo tan plural en el que vivimos. La gente de diversas partes difiere en las condiciones ambientales, económicas y sociales en las que tienen que vivir y

pudiera ser impráctico e inaceptable intentar aplicar una sola definición a esa diversidad.

Resumiendo, no hay y quizás no es conveniente que haya una definición universal de Desarrollo Sostenible, lo que es más lógico e incluso productivo según avances observados en los proyectos e iniciativas conocidos, cuyos promotores no esperaron a que hubiera consenso del significado del término para intentar hacerlo operativo, llevándolo a la práctica según su entender, y no precisamente como una modalidad de desarrollo, sino esforzándose por poner en práctica los principios de Sostenibilidad. Esta es la visión que se previó en la hipótesis 2.

Se espera que a través de ese procedimiento de proyectos aislados y a pequeña escala, la Sostenibilidad y su aplicación continúen ganando notoriedad y sumando adeptos; de ocurrir así, habría coincidencia con la hipótesis 3.

Entre tanto, el debate sobre Desarrollo Sostenible continúa y se insiste en la contradicción del significado de los términos que lo componen. La connotación Bizantina de la polémica parece apartarse de la corriente pragmática que obtiene y publica resultados objetivos.

2. CONCLUSIONES, SUGERENCIAS Y COMENTARIOS

A lo largo de este trabajo académico se han abordado aspectos concluyentes de los temas que se han tratado en cada oportunidad. Por consiguiente, en esta fase de conclusiones y resultados solo se enfatizan los aspectos que se estiman de utilidad para potenciar los objetivos de la tesis (capítulo I).

La exposición se agrupa en función de cada una de las partes que integran este trabajo, y paralelamente se proponen sugerencias y/o se hacen comentarios relacionados a esas conclusiones.

PRIMERA PARTE: Marco teórico conceptual de la Sostenibilidad.

CONCLUSIONES	SUGERENCIAS Y COMENTARIOS
<p>C-1) La Sostenibilidad ha nacido como un concepto ético, expresado por la relación que debería haber entre la generación actual y las generaciones futuras. Es comprensible, entonces, que como muchas otras iniciativas, al principio se tenga que asumir en forma voluntarista. La Sostenibilidad requiere del compromiso personal de sus simpatizantes. La voluntad de ser Sostenible, por tanto, hace las veces de variable básica para propender al éxito de la propuesta.</p>	<p>SC-1) Los países industrializados más ricos buscan mantener su posición protagonista en la economía global y el relativo alto nivel de vida que han alcanzado. Por ahora no hay señales de que adoptarán un modelo de desarrollo diferente al que están acostumbrados. Al parecer esos países están convencidos de que su forma de desarrollo, con algunas adecuaciones, puede ser el modelo para el Desarrollo Sostenible. Esto se intuyó a lo largo de la revisión y análisis de la literatura sobre Sostenibilidad. Lo anterior también está implícito en el formato y contenido de los documentos de congresos, en el discurso de las reuniones de trabajo, en la orientación de los proyectos que se desarrollan y en la composición de los grupos que actualmente trabajan en el tema de la Sostenibilidad. Consecuentemente, al propio tiempo que se reconoce la importancia de que los representantes de los países en vías de desarrollo tengan una mayor presencia y participación en las reuniones internacionales de trabajo, se enfatizan algunos contenidos del informe Brundtland, en relación a que para alcanzar el Desarrollo Sostenible se requiere una amplia participación de los países y personas en la toma de decisiones, nuevas formas de cooperación internacional, remoción de barreras artificiales de comercio, entre otros aspectos que incluyan a los países en desarrollo.</p>
<p>C-2) Parece obvio pensar que entre las realidades de tipo físico (naturales) y las de tipo político (asumidas por los humanos), éstas últimas acabarán cediendo terreno. Entonces, supuestamente como una alternativa lógica, la sociedad mundial podría hacer su tránsito hacia la Sostenibilidad.</p>	<p>SC-2) La creatividad humana y la vitalidad de las comunidades no parecen tener límites, por lo que se alberga la esperanza de que se potencie vigorosamente ese proceso ahora incipiente que se ha iniciado para mejorar la vida sobre la tierra, tomando en consideración que existen límites que en ocasiones son impuestos por la naturaleza, y en otras ocasiones dependen del comportamiento humano, pero que en ambos casos pueden ser gestionados Sosteniblemente, si se tiene la voluntad necesaria para ello. Por estas razones, la Sostenibilidad más que una meta puntual a alcanzar debe ser una actitud humana permanente.</p>
<p>C-3)El incesante crecimiento poblacional en los países en desarrollo, va aparejado a una permanente demanda de edificación y de infraestructura de servicios. Es tal la magnitud del crecimiento que aún cuando se hiciera de inmediato una gestión ambiental radicalmente más eficiente, tal vez sería insuficiente</p>	<p>SC-3) Según las proyecciones de la ONU, Latinoamérica tendrá 810 millones de habitantes en el año 2050, lo que significa 300 millones adicionales a los que tiene hoy día, lo cual representaría el límite de su capacidad demográfica estimada. Se tiene así, el serio reto de pasar de una economía cuasi-tradicional a un modelo de desarrollo equilibrado, justo y equitativo, es decir a un Desarrollo Sostenible, en menos de medio siglo. Es imprescindible entonces, que aparejado a ese desafío</p>

<p>para balancear la demanda de construcción y los impactos ambientales negativos.</p> <p>C-4) Las componentes social y económica de la Sostenibilidad requieren ser mas desarrolladas, pues se observa una tendencia clara de hablar y de hacer más actividades en el campo ecológico ambiental, considerándolos en ocasiones como sinónimos de Sostenibilidad; lo cual no es extraño, considerando que el movimiento del Desarrollo Sostenible tiene sus orígenes en el movimiento ambientalista.</p> <p>C-5) Las iniciativas tendentes a operativizar el concepto de Sostenibilidad apenas comienzan. Se requiere aún mucho trabajo de investigación, divulgación, concientización, organización y de mover voluntades para que se afronten decisiones difíciles y complejas en relación al tema.</p>	<p>debe buscarse una mayor disminución del crecimiento demográfico en la región, así como también de las tasas de consumo y una mayor eficiencia de la gestión ambiental asociada a las actividades humanas.</p> <p>SC-4) El tema del medio ambiente no debe ser tratado en forma independiente de la Sostenibilidad, ni puede constituir un objetivo en sí mismo. Para ser creíbles las políticas ambientales de hoy día, requieren elaborarse e implementarse en el marco de los principios de la Sostenibilidad.</p> <p>SC-5) La previsión de algunos de estos requerimientos se hacen en la Agenda 21, al referirse a las capacidades de la comunidad científica para abordar la investigación científica y tecnológica (capítulo 35), a las autoridades locales para que apoyen la instrumentación de los principios de la Sostenibilidad (capítulo 28) y a la educación y concientización públicas (capítulo 36). Pero además ha de pedirse a la sociedad civil su participación para que oriente sus actitudes hacia la Sostenibilidad y para reconstruir los aspectos hoy por hoy insostenibles. Se insiste en que involucrar al gran público es crucial para la aceptación y apoyo de las iniciativas que se hagan. A este empeño deberán sumarse, también, los formuladores de políticas y regulaciones, asociaciones de profesionales y empresarios, medios de comunicación social, grupos ambientalistas, gremios de trabajadores, estudiantes y maestros, líderes sociales... Encabezar los trabajos puede corresponderle a las autoridades civiles, aunque también es frecuente que lo hagan organizaciones no gubernamentales.</p>
--	---

SEGUNDA PARTE: Apoyos técnicos e instrumentales.

CONCLUSIONES	SUGERENCIAS Y COMENTARIOS
<p>C-6) Paralelamente a los intentos de operativización de la Sostenibilidad, las técnicas de apoyo a este nuevo paradigma están iniciándose, partiendo en algunos casos de la adecuación de las ya existentes. Aunque también algunas herramientas de gestión específicas están en pleno desarrollo, son los casos del análisis del ciclo de vida (ACV), de</p>	<p>SC-6) En el capítulo 35 de la Agenda 21, se establece que el sector científico y tecnológico es elegible para apoyar la investigación para desarrollar métodos de evaluación de riesgos. Sugiere también que los países lleven a cabo actividades para el desarrollo, aplicación e institucionalización de las herramientas que se necesiten para una mejor gestión de recursos y para la medición del medio ambiente que se requiere sea sano. Esta y otras sugerencias del capítulo 35 incluyen enfáticamente a los países en vías de desarrollo, los cuales podrán recibir asistencia de las organizaciones internacionales.</p>

<p>las normas ISO 14 000, el desarrollo de indicadores de Sostenibilidad, métodos para abatir las causas de los edificios enfermos, entre otras.</p> <p>C-6') Aún cuando alcancen su cabal desarrollo, algunas técnicas como el análisis del ciclo de vida y su utilidad para la evaluación en la Construcción Sostenible continuarán adecuándose a lo largo del tiempo, pues a medida que las tecnologías (en este caso para la construcción) evolucionan, pueden cambiar también los elementos clave de la Sostenibilidad, razón por la cual los investigadores y estudiosos del tema seguramente estarán pendientes de tales cambios para introducir las adecuaciones pertinentes.</p> <p>C-6'') Y, por supuesto, en este momento existe la necesidad de crear nuevas técnicas para hacer más operativa la Sostenibilidad. Con relación al campo que cubre esta tesis, se requieren enfoques más particulares para el diseño de construcciones más complejas, que los relativamente simples edificios genéricos que se han analizado; también se necesitan procedimientos de apoyo a los instrumentos de decisión; e.g. remodelado y cambio de uso de las construcciones nuevas.</p>	<p>Por tanto, el perfeccionamiento y la creación de nuevas herramientas y técnicas de apoyo a la Sostenibilidad, como las ejemplificadas en las tres conclusiones de esta segunda parte, podrían continuar desarrollándose al amparo del compromiso de los países que se solidarizaron con los acuerdos de la Cumbre de Río de Janeiro.</p>
---	---

TERCERA PARTE: La Construcción Sostenible.

CONCLUSIONES	SUGERENCIAS Y COMENTARIOS
<p>C-7) Las decisiones más importantes que afectan a los edificios ocurren en las primeras etapas de la concepción y el diseño. Empero, persiste la tendencia de que el Arquitecto se ocupe del diseño arquitectónico y el Ingeniero haga lo suyo con los servicios, aparejado a una mínima preocupación por otros asuntos que no sean los de sus respectivos</p>	<p>SC-7) No será sencillo cambiar la inercia de esta mentalidad mercantil, pero podría contemplarse la posibilidad de hacer vinculantes (cuando proceda), algunos aspectos como los sistemas pasivos (explicados en el cuerpo de esta tesis) y otros sistemas eficientes similares, simultáneamente a la cabal aplicación de las normas ambientales vigentes.</p> <p>En tanto, los estudiosos de las prácticas Sostenibles tienen la tarea de encontrar mecanismos para integrar las estrategias arquitectónicas estructurales y de servicios, sobre la base de los costes del ciclo de vida.</p>

<p>campos. Esta es una muestra de la, generalmente, poca comunicación que existe entre ambas disciplinas. Para estos especialistas, hasta ahora una de las preocupaciones centrales ha sido el bajo coste, ignorando o dejando de lado el ciclo de vida de los materiales y los impactos ambientales.</p> <p>C-8) La industria de la construcción de edificios es una de las mayores impactadoras del entorno. Sus residuos ocupan una proporción mayoritaria en los vertederos; la emisión de sustancias nocivas de los materiales recién colocados, el polvo, las partículas sólidas y otros contaminantes en suspensión propician problemas de salud en los ocupantes; por otra parte, los proyectos de construcción demandan altos porcentajes de materiales vírgenes y energía.</p> <p>C-9) Los integrantes del Sector de la Construcción y sus clientes, requieren recibir información y apoyos para hacer viable la toma de medidas, que conduzcan a disminuir y paliar los impactos negativos que causan las actividades de edificación.</p> <p>C-10) Las normas de calidad ambiental privilegian a las etapas previas a la operación y mantenimiento de los edificios, en desmedro de la calidad de los ambientes internos donde los ocupantes en ocasiones permanecen hasta el 90% de su tiempo.</p> <p>C-11) Una de las estrategias de tipo estructural que requiere la aproximación a la Construcción Sostenible, es la educación de los profesionales que llevan a cabo esta actividad de la manera tradicional. La estructura aludida cubre también a las nuevas generaciones que ahora se están formando en las instituciones de educación superior, lo cual implica</p>	<p>SC-8) En efecto, los responsables de la construcción de edificios deben responder con buenas prácticas en aspectos como la gestión de recursos naturales, transporte, reducción de residuos sólidos, reducción de contaminación y remediación de espacios impactados con prácticas tradicionales (ha sido típico el vertido de aguas negras a los cauces de los ríos).</p> <p>AC-9) Para propiciar la adopción de los principios de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción de edificios, se debe empezar a resolver algunos de los múltiples factores que se extienden desde el apoyo gubernamental a través de políticas que incluyan información, promoción, legislación, incentivos, fomento a la investigación y desarrollo; así como también debe existir la disposición de propietarios y ocupantes de los edificios, para respaldar los mencionados principios.</p> <p>SC-10) Se requiere que las autoridades del ramo de la construcción, presten mayor atención a la creación de normatividad y a la regulación de la calidad del ambiente interno de los edificios.</p> <p>AC-11) Los estudiantes de Ingeniería y Arquitectura requieren aprender el funcionamiento de los edificios después de construidos, y no únicamente que se les exija un buen aspecto de los dibujos y los cálculos de los proyectos que hacen. Es decir, debe instruírseles que además de una buena creación de edificios se requiere una gestión responsable, basada en la eficiencia de los recursos naturales y en criterios ecológicos desde la extracción de los materiales, hasta el vertido de los residuos de las construcciones demolidas por obsolescencia. Para lograr estos propósitos educativos</p>
---	---

<p>modernizar los currículos de estudio.</p> <p>C-12) Los propietarios y diseñadores de edificios de nuestro medio aún no consideran importante la posibilidad de re-usar o utilizar materiales reciclables, pues no están conscientes de la potencialidad de este tipo de materiales, o creen que tendrían un resultado inferior a los materiales nuevos; Aunque también se debe a la falta de tradición y de motivación.</p> <p>C-13) Los compradores y usuarios de los edificios generalmente no tienen acceso a la toma de decisiones de aspectos tan importantes como los procesos constructivos, calidad del ambiente interno, selección de materiales y productos para la construcción, siendo los integrantes del Sector de la Construcción quienes deciden por aquellos.</p> <p>C-14) En ocasión de que propietarios y diseñadores hayan coincidido en el propósito de construir una obra con la orientación Sostenible, sería imprescindible negociar y sensibilizar al contratista de obras, para que acepte aportar su trabajo en forma integrada al equipo de trabajo del proyecto.</p>	<p>será menester introducir cambios cualitativos en los planes de estudio, que posibiliten una mayor vinculación de los futuros profesionales con las necesidades sociales.</p> <p>SC-12) Como parte de una labor de convencimiento, sería de utilidad efectuar monitoreos de la trayectoria que siguen algunos elementos residuales de la construcción, demostrando que los materiales convenientemente separados para re-usar y reciclar son sanos y eficientes. Al mismo tiempo, ese monitoreo ayudaría al equipo de trabajo del proyecto a evaluar el coste-beneficio de los residuos a enviar al vertedero, con relación a los residuos a re-usar y reciclar. Por otra parte, tendría que incentivarse un auténtico surgimiento del mercado de materiales para construcción de "segunda mano".</p> <p>SC-13) Ante esa exclusión observada hasta ahora, son los proyectistas, financieros, promotores y contratistas quienes tienen la grave responsabilidad de considerar la introducción de adecuaciones a los procedimientos de construcción que ocasionan graves consecuencias al medio ambiente, y frecuentemente a los ocupantes de los edificios. Las autoridades del sector de la construcción tienen una responsabilidad alícuota fundamental, para asesorar y encauzar los requerimientos de los "consumidores" de la construcción. En tanto que la Universidad puede, y debe, abordar estudios que conduzcan a la producción de información comprensible y accesible a compradores y usuarios.</p> <p>SC-14) Además de sensibilizar al contratista de obras mediante los atractivos económicos que algunas prácticas Sostenibles le pueden representar, también es menester buscar más oportunidades que motiven su interés a través de beneficios que puede obtener, por ejemplo conviniendo el re-uso y reciclaje de materiales y productos provenientes de otros proyectos donde esté involucrado. Así como la conveniencia para todas las partes de asegurar la exclusividad del contratista en la realización de futuros trabajos similares. Así también es un hecho que los contratistas que tengan experiencia en proyectos Sostenibles, estarán en ventaja sobre sus competidores para realizar trabajos similares en el futuro.</p>
---	--

CUARTA PARTE: Hacia la medición de la Sostenibilidad.

CONCLUSIONES	SUGERENCIAS Y COMENTARIOS
<p>C-15) En la síntesis metodológica de la tesis se planteó el desarrollo del trabajo en un ciclo retro-alimentante, y tal como lo requiere el mediano o largo plazo de evolución de la Sostenibilidad,</p>	<p>SC-15) Se justifica así la identificación y desarrollo de indicadores de Sostenibilidad, los cuales deben ser revisados, consensuados y actualizados periódicamente para observar las tendencias hacia (o en sentido contrario) la Sostenibilidad. El propósito de medición, actividad con la que se</p>

<p>debe actualizarse periódicamente con información proveniente de mediciones hechas a través de indicadores locales y regionales, e incluso de proyectos puntuales como los edificios.</p>	<p>identifican plenamente los colegas de la ingeniería, deberá desarrollarse aún mucho más, tanto en la rama de los indicadores de Sostenibilidad, como en los procedimientos para medir la Sostenibilidad en los edificios.</p>
<p>C-16) Según las experiencias que han tenido los grupos que se han iniciado en proyectos con la orientación Sostenible, sin una participación significativa de la ciudadanía, el esfuerzo para desarrollar cabalmente aspectos básicos como los indicadores de Sostenibilidad a nivel local, no tendrá mayor avance ni apoyo posterior.</p>	<p>SC-16) Sería interesante tomar en cuenta que esas mismas experiencias locales han probado que, la formulación de indicadores son de gran valor porque han fijado la atención de la gente en el tema de la Sostenibilidad. La mayoría de las comunidades que han adoptado indicadores de Sostenibilidad, comenzaron con una noción rudimentaria del concepto y sus implicaciones para la vida de la comunidad. Sin embargo las dificultades para seleccionar esos indicadores, han motivado a los ciudadanos para examinar no solo los aspectos ambientales, económicos y sociales sino también varios otros valores; como resultado, mucha gente ha obtenido un conocimiento intuitivo del significado de la Sostenibilidad, y de lo que ésta representa para ellos, como individuos y como comunidad.</p>
<p>C-17) El ejercicio de plantear indicadores de Sostenibilidad para la Región de Sinaloa, México, podría representar un aporte (aunque incipiente) para un activismo cívico y para futuros trabajos sobre políticas regionales oficiales, lo que propiciaría una vinculación con el movimiento Sostenible que se advierte en varias partes del mundo.</p>	<p>SC-17) Con la propuesta de indicadores de Sostenibilidad que aquí se ha hecho, se aspira a incentivar la conciencia ciudadana y de las autoridades de la Región Sinaloense, una vez que se haga la promoción y seguimiento por parte del suscrito, mediante la socialización del contenido de la tesis, a través de los centros de investigación y de actualización profesional del Instituto Politécnico Nacional (de México) que existen en la región.</p>
<p>C-18) En tanto la iniciativa de valorar o medir las componentes de la Sostenibilidad en proyectos puntuales de Ingeniería, es una afirmación de la posibilidad de desagregar los principios del tema en cuestión a niveles de detalle como el caso de pequeños edificios, lo cual no necesariamente requiere sacrificar costes o seguridad estructural.</p>	<p>SC-18) Aún cuando las técnicas y métodos para medir la Sostenibilidad son muy recientes, la evolución que han tenido denota que continuarán perfeccionándose para adecuar su uso a regiones y casos específicos, con mayor precisión a la lograda hasta ahora.</p>
<p>C-19) La selección de productos y materiales que sean benignos ambientalmente, es una de las vías que conducen a la Construcción Sostenible. Pero en términos reales cualquier diseñador, fabricante o propietario consciente de la importancia de la Sostenibilidad,</p>	<p>SC-19) Para facilitar y apoyar técnicamente, y propiciar la decisión a favor de los productos para la construcción de menor impacto ambiental, se están desarrollando métodos para contrastar o balancear los impactos ambientales adversos con los costes económicos. Aquí se ha ejemplificado esa valoración Sostenible aplicando un método que está en desarrollo, el cual una vez que sea perfeccionado (lo cual se ha calendarizado a</p>

<p>concepto. A través de la aplicación del método BEES, en este trabajo se ha mostrado que algunos productos tienen menor potencial de impacto ambiental, y son de similar o menor coste económico que los de mayor impacto.</p>	
--	--

QUINTA PARTE: Magacén de la Sostenibilidad.

CONCLUSIONES	SUGERENCIAS Y COMENTARIOS
<p>C-20) En el capítulo inicial se planteó la socialización del resultado de esta tesis, como parte inmanente de los objetivos de aproximar los principios de la Sostenibilidad a los integrantes del Sector de la Construcción y público en general. Para llevar a cabo ese propósito, deberán plantearse y realizarse una serie de actividades de difusión del tema y la extensión de las conclusiones de este trabajo académico.</p>	<p>SC-20) Las acciones mínimas propuestas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Divulgar el tema de la Sostenibilidad en las escuelas, centros de investigación y actualización del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.), de México. ▶ Enviar ejemplares de la tesis a bibliotecas y centros de información. ▶ Hacer extractos del tema de tipo divulgativo para las revistas, boletines y publicaciones del I.P.N. y de otros centros de educación superior. ▶ Hacer exposiciones a grupos de académicos y estudiantes. ▶ Participar en congresos y reuniones técnicas ad hoc, ▶ Sensibilizar a autoridades del ramo, cámaras de construcción, asociaciones de profesionales y comerciantes, agrupaciones de trabajadores y otros grupos. ▶ Aprovechar los convenios de colaboración vigentes como medio de penetración a los grupos que se acaban de mencionar. ▶ Proseguir la retroalimentación y actualización de los indicadores de Sostenibilidad y la valoración de impactos y balance ambiental-económico-social de productos para la construcción; principalmente a través de proyectos de investigación y trabajos con estudiantes de posgrado.

3. PRINCIPALES APORTES HECHOS A TRAVÉS DE LA TESIS

En concordancia con el título y los objetivos de esta tesis Doctoral, a continuación se resumen los aportes más destacables , a juicio del autor.

▸ Si el Desarrollo Sostenible, y por consiguiente el concepto de Sostenibilidad, han de ser algo más que la descripción de un conjunto de aspiraciones, se requiere trasponer la fase de criterios expuestos en la Agenda 21 y en el Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (Informe Brundtland), para acceder a casos vinculados con la realidad.

Esta asunción inductiva del autor, debe ser válida para cualquier actividad o sector productivo que se trate desde el punto de vista Sostenible. Por eso, después de exponer el concepto subjetivo de Sostenibilidad en la primera parte de la tesis, se ha aproximado la operatividad del concepto al Sector de la Construcción, mediante la interpretación y aplicación de los principios de Sostenibilidad en las etapas de diseño, construcción , mantenimiento y desconstrucción de los edificios (capítulos VI, VII, VIII y IX).

El planteamiento para hacer posible la convergencia de la abstracción que significa la Sostenibilidad con el pragmatismo de las actividades de construcción, es uno de los aportes a considerar.

▸ Cuando se deciden los productos para construcción que se utilizarán en determinado proyecto, pocas veces es posible determinar *a priori* si un material es ambientalmente benigno o Sostenible.

Partiendo de ese requerimiento implícito de evaluación en los proyectos con orientación Sostenible, con ninguno de los métodos de valoración de edificios conocidos hoy día es posible llevar a cabo una selección Sostenible de los productos y materiales para construcción, debido a que casi todos ellos utilizan solo variables ambientales, y aún cuando los de más reciente aparición incluyen

incluyen variables ambientales y económicas, no se puede considerar que sean métodos de valoración Sostenible.

Se precisa, por tanto, el concurso de alguno de los métodos disponibles y de la voluntad-concientización Sostenible del diseñador de edificios. Solo con esa sinergia es posible la selección Sostenible de productos y materiales para construcción; es decir, solo así se puede asegurar la inclusión de las componentes ambiental, económica y social, al menos en los materiales de uso más común y masivo de la construcción de edificios.

La concientización del diseñador invocada, puede provenir del conocimiento de la conceptualización sobre la Sostenibilidad como la expuesta en los capítulos II y III, así como del dominio de las técnicas de apoyo a la Sostenibilidad explicadas en el capítulo V.

El método quasi-Sostenible (significa que está cerca de ser un método Sostenible, puesto que incluye dos de las tres componentes de la Sostenibilidad: ambiental y económica) utilizado en el capítulo XII, se ha decantado de un grupo de nueve métodos analizados, y posteriormente se le ha adecuado a las condiciones de la región en estudio, al tiempo que se le ha traducido al castellano para comodidad de los usuarios potenciales.

La variable social se ha ejemplificado con el criterio Sostenible del autor argumentando la selección de un producto vernáculo (ladrillo artesanal) que genera empleo, en lugar de otro de uso generalizado y propiciador de impactos ambientales (ladrillo industrial).

La verificación experimental de esta manera, de los principios de Sostenibilidad en el Sector de la Construcción, es otro de los aportes que se hacen a través de la tesis Doctoral.

Epílogo

El mundo de hoy dispone de ciencia y tecnología suficientemente desarrolladas, ahora se requiere entrelazar esos enormes avances con una filosofía humanística de vida, más sencilla en el caso de los países industrializados y más posible en los países en desarrollo. Al invento más reciente para intentar amalgamar estas aspiraciones se le ha llamado Desarrollo Sostenible.

Empero, haciendo referencia a lo leído y escuchado durante la realización de este trabajo académico, ese tipo de desarrollo y más concretamente la Sostenibilidad, no pueden ser considerados como panaceas, pues a nuestro entender se trata de un instrumento emergente para intentar hacer viable un proceso socioeconómico, en un espacio más o menos determinado, en el mediano y largo plazos. Tampoco puede implicar una duración indefinida como lo sugieren algunas definiciones; en este sentido, sería un gran logro si se pudiera franquear Sosteniblemente el siglo XXI, a finales de cuya centuria las Naciones Unidas esperan el inicio de la estabilización del insostenible crecimiento de la población mundial.

Señales provenientes de algunos países parecen indicar que las exigencias de un mercado cada vez más consciente ambientalmente, harán que las empresas que ofrezcan alternativas limpias, seguras, y que además lo certifiquen imparcialmente, serán las que sobrevivan y progresen en el mercado.

Como hecho explicativo de esta interpretación se pueden citar dos clases de empresas o industrias Sostenibles por antonomasia, las de **alimentos orgánicos** y las de **energías renovables**. Este tipo de negocios está registrando crecimientos inusitadamente rápidos; y consecuentemente,

las dificultades por ser innovadoras no se hacen esperar; ambos tipos de empresas confrontan rivales mucho menos ecológicas pero completamente consolidadas, como lo son las transnacionales agroindustriales y las que explotan combustibles fósiles. Pero incluso éstas últimas, visionarias como siempre, también están incursionando en el negocio de las energías renovables.

Es deseable que los vientos de cambio Sostenible que soplan en algunos sectores alcancen también a la construcción, para lo cual se requiere una labor de promoción ardua, pues el Sector de la Construcción no se destaca precisamente por fomentar innovaciones estructurales, y más bien es cauteloso y lento en la inclusión de los cambios que le induce el progreso.

Algunas de las razones que pueden explicar esa característica son el comportamiento cíclico de la Economía de la construcción (advertida en el indicador de Sostenibilidad E-2), y por otra parte, el casi inexistente interés de la sociedad por exigir garantías de que las obras como autopistas, edificios, abastecimiento de agua, entre otras componentes esenciales de la infraestructura pública, funcionen con seguridad y eficiencia acordes al progreso tecnológico antes mencionado. Como integrantes de esa sociedad, propietarios y compradores de la construcción generalmente desinformados, han propiciado que sean los proyectistas y constructores quienes decidan como y con qué construir a través de prácticas inerciales.

Seleccionar productos y materiales para construcción ambientalmente benignos o amigables, en ocasiones no cuesta más caro (tal como se corrobora en el capítulo XII), por lo que los integrantes del Sector deben tener la información, en ocasiones la indicación-presión de sus clientes, y a menudo la disponibilidad comercial de esa clase de materiales, a propósito de lo cual surge la oportunidad de negocio en el **mercado de materiales ambientales**.

Por otra parte, también es pertinente comentar que la parsimonia innovadora aludida representa alguna ventaja desde el punto de vista Sostenible, al menos en Latinoamérica y en particular en la región Mexicana donde se ha

ejemplificado la valoración de la Sostenibilidad. Dicha ventaja radica en el empleo de fuerza humana de trabajo en lugar de maquinaria en obras pequeñas y medianas, lo cual propicia empleo, evita contaminación y aporta seguridad social para los empleados y sus familias.

Las evidencias ambientales y socio económicas observadas a lo largo de este estudio, indican que la humanidad está transitando paulatinamente de la era industrial a ultranza, hacia una etapa que por lo menos puede denominarse ecológica, lo cual es difícil de aceptar por los principales agentes mercantiles del Sector de la Construcción.

Sobre el particular, en el medio científico y técnico, cada vez son mejor conocidos y entendidos los impactos ambientales adversos provocados por la industria de la construcción (contribución a la deforestación, contaminación del agua y del aire, producción de grandes cantidades de residuos sólidos, daños a la capa estratosférica de ozono, agotamiento de recursos, calentamiento global), lo cual induce a revisar la producción de materiales y los métodos de diseño y construcción, para ayudar a resolver y/o a atemperar la problemática ambiental y a desarrollar nuevos productos y materiales.

No obstante, los integrantes del Sector parecen estar satisfechos con los resultados de las prácticas de construcción tradicionales, pues les interesan los aspectos ambientales cuando pueden representarles restricciones al negocio. Por tanto, el desafío que deben enfrentar los **miembros del Sector que están concientes** de la importancia y de la oportunidad que significa la Sostenibilidad, es trabajar por la creación de un mercado que incorpore las prácticas de diseño y construcción Sostenibles, que en algunos países ya se han iniciado con perspectivas de ganancias atractivas.

En relación a esa oportunidades de negocio se citan los casos de Alemania, donde las ciudades importantes cuentan con almacenes que expenden materiales ecológicos de una variedad creciente, y el de la mayor empresa constructora de Japón que ha reducido el desperdicio de materiales para

edificación y embalaje hasta en 70%, como resultado de la adopción de un compromiso que toma en cuenta los aspectos ambientales de sus actividades.

En forma menos localizada se hace referencia al nuevo mercado de edificios eficientes en el uso de energía que empieza a emerger, algunas industrias manufactureras buscan reducir la contaminación para satisfacer las exigencias ambientales de sus clientes y la posibilidad de que se creen fondos internacionales para la construcción de edificios con beneficios ambientales.

Por consiguiente, esos miembros concientizados del Sector también podrían realizar algunas acciones que coadyuvarían para tratar de cambiar la inercia tradicional que se ha comentado, tales como mostrar casos reales de negocios de Construcción Sostenible exitosos, ganar legitimidad a través del apoyo de promotores y empresas constructoras prestigiosas, y promover las oportunidades que representan para la iniciativa privada los proyectos del sector público en los que se puede promover la Sostenibilidad.

Por su parte el **sector universitario** puede ayudar a la creación de conciencia sobre el tema en cuestión, al menos en dos vertientes simultáneas: una es a través de la **actualización y educación para la Sostenibilidad** de sus egresados y de las nuevas generaciones de constructores, lo cual implicaría reconsiderar el contenido de la curricula de las carreras de Ingeniería Civil, Arquitectura y ramas afines.

La otra es mostrando mediante **estudios e investigaciones** convincentes, la posibilidad de incluir los principios de Sostenibilidad en los proyectos de diseño y construcción sin menoscabo de los objetivos tradicionales, incluido el de las ganancias económicas, lo cual puede ser probado mediante análisis que comparen los aspectos ambientales con los económicos.

Las finanzas generalmente inestables de las empresas de construcción, sobre todo las del llamado Tercer Mundo, no les permiten invertir en **investigación y desarrollo**; ante esa situación cíclica, las universidades y

centros de educación superior también podrán hacer su aporte estableciendo convenios de colaboración específicos con cámaras y agrupaciones de empresarios de la industria de la construcción, para llevar a cabo investigaciones en nuevas tecnologías, como por ejemplo las que mejoren la calidad del ambiente interno de los edificios, reducción y reaprovechamiento de residuos sólidos, diseño estructural que incorpore el análisis de ciclo de vida, acondicionamiento de dispositivos ahorradores de agua y energía, desarrollo y adecuación de técnicas de medición Sostenible en la construcción, etc.

Asimismo, las instituciones educativas apoyarían para integrar dichas tecnologías a trabajos prácticos, a través de sus centros y unidades de investigación aplicada.

Desde el importante liderazgo que les corresponde, **los gobiernos** podrían contribuir a las prácticas Sostenibles a través de políticas fiscales que son de su competencia, por ejemplo, gravando en lugar de subsidiar la extracción de recursos del ambiente, promoviendo el diseño eficiente de productos de consumo y de sustitución de materias primas por materiales recobrados (re-uso, reciclaje), y poner el ejemplo incorporando los principios de Sostenibilidad en algunas de las obras públicas.

Las **autoridades civiles y educativas** deben abordar en forma conjunta campañas de **concientización y educación** para la Sostenibilidad. Huelga decir que algunos gobiernos, deben destacar una mayor proporción de recursos financieros para fines de investigación y desarrollo, cuyos beneficios abarcaría la Construcción Sostenible.

A través de esta sinergia propuesta se podría avanzar por ese camino voluntarista que hasta ahora es la Sostenibilidad, y mostrar a quienes deciden en el Sector de la Construcción que este nuevo paradigma, además de representar oportunidades de negocio, no necesariamente significa mayores costes, o detrimento de calidad o seguridad de los elementos constructivos.

Se concluye, como última reflexión, que la alternativa Sostenible, la que puede asegurarle un porvenir al planeta, no se impondrá por si misma, pues tiene que enfrentar las múltiples ideologías que inspira el dinero. Sin embargo, el despertar de una conciencia mundial de la solidaridad humana y de la naturaleza ya ha comenzado, cuenta con una filosofía de respaldo y empieza a tener adeptos en la práctica. Para la Ingeniería de la Construcción, adherirse a este reto significa mucho trabajo de convencimiento y de investigación, empero como se ha comentado antes la Sostenibilidad, como la creación, es un proceso no un acto.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

AGUILAR, Alfonso (1998,23 de mayo): *Reciclado de Materiales de Construcción. Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Internet,URL<<http://habitat.aq.upm.es> (fecha de actualización: 01 septiembre de 1997).

ALAVEDRA, Pere et al. (1997): *La Construcción Sostenible. El estado de la cuestión. Informes Técnicos de la Construcción*, del Instituto Eduardo Torroja. Madrid.

ANGLIOTTI, Robert et al. (1997): *Twenty Four Criteria for Design and Constructing Buildings in Sustainable Development Principles*. Second International Conference Building and the Environment. 9-12 June, Paris.

ANINK, David et al. (1996): *Handbook of Sustainable Building*. James and James (Science Publishers). London.

BALDWIN, R. et al (1998): *BREEAM 98 for offices. An environmental assessment method for office buildings*. Building Research Establishment. London.

BARBA-ROMERO, Sergio y **POMEROL**, Jean-Charles (1997): *Decisiones Multicriterio*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.

BELL, Simon and **MORSE**, Stephen (1999): *Sustainability Indicators, Measuring the immeasurable*. Earscan Publishing. London.

BERENGUER S, María José (1996): *El Síndrome del Edificio Enfermo*. Primeras Jornadas de Construcción y Desarrollo Sostenible. 7-18 de mayo, Barcelona.

BRANTLEY, L. Reed and **BRANTLEY** Ruth (1996): *Building Materials Technology, Structural Deformance and Environmental Impact*. McGraw Hill Inc.; New York.

CARPENTER, Stanley L. (1995): *Development and "Strong Sustainability"*. International Conference of Technology, Sustainable Development and Imbalance. 14-16 december. Terrasa, Spain.

CARTA de Aalborg (1994): *Carta de los Pueblos y Ciudades de Europa Hacia la Sostenibilidad*. Conferencia Europea Sobre Ciudades Sostenibles. 27 de mayo. Aalborg, Dinamarca.

CASADO Martínez, Natividad (1997): *La Enseñanza de la Arquitectura y del Medio Ambiente*. Programa LIFE e Instituciones de Cataluña. Barcelona.

CESD (Center of Excellence for Sustainable Development) (1998, 21 September): Internet, URL<<http://www.sustainable.doe.gov/>

CIB (International Council for Research and Innovation in building and Construction) (1998): *Proceedings of "CIB World Building Congress 1998"*. 7-12 June. Gävle, Sweden.

CIB Task Group 8 (1997): *Proceedings of "Buildings and the Environment"*, Second International Conference Buildings and the Environment. 9-12 June. Paris.

CIB W82 (1998): *Sustainable Development and the Future of the Construction*. A Comparison of Visions from Various Countries. CIB publication 225. Rotterdam.

CIB W100 (1999): *Internal communication group w 100*, 21 July.

CITY of Winnipeg (Strategy Planning Division) (1998): *City of Winnipeg Quality of Life Indicators*. Comunicación personal con Valentine Kaltchev del IISD, junio de 1999.

CLEMENTS, Richard B. (1997): *Guía Completa de las Normas ISO 14 000*. Gestión 2000. Barcelona.

COHAT, Elisabeth et **STOFFEL** Raymond (1988): *Buffon (Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon)*. Imprimerie Nationale.París.

CONESA, Fdez.-Vítora V. (1997): *Instrumentos de la Gestión Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.Madrid.

CONSTANZA, R. and **PATTEN**, B. (1995): *Defining and Predicting Sustainability*. Ecological Economics 15, pp 193-196.

CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas) (1992): *Nuestro Futuro Común*. Editorial Alianza. Madrid.

DALY, Herman E. (compilador) (1989): *Economía, Ecología, Ética. Fondo de Cultura Económica*. México, D.F.

DALY, Herman E. (1990): *Toward Some Operational Principles of Sustainable Development*. Ecological Economic 2, pp 1-6.

DALY, Herman E. et al. (editor) (1997a): *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Editorial Trotta. Madrid.

DALY, Herman E. et al. (1997b): *Crisis Ecológica y Sociedad*. Editorial Germania. Barcelona.

DEMKIN, Joseph A. (Editor) (1996): *Environmental Resource Guide*. The American Institute of Architects.Publisher by John Wiley & Sons. New York.

DICCIONARIO DE USO DEL ESPAÑOL (1997): Editorial Gredos. Madrid.

DIPUTACIÓ DE BARCELONA (1997): *La Xarxa de Ciutats i Pobles Cap a la Sostenibilitat, a les comarques de Barcelona*. Compilación de varios documentos utilizados en el Foro ECOMED, celebrado el 1º de marzo. Barcelona.

ENVIRO International magazine on the environmental (1997): *Agenda 21 in Sweden*. Enviro special issue, no. 22, June. Stockholm.

ENVIRONMENT 97 (2000, 25 January): Principles and Challenges of Sustainable Design and Construction. Internet, URL<<http://www.environment97.org>

ETXEZARRETA, Miren (1997): *La Sostenibilidad en el Modelo Económico actual*. Area: Revista de Debates Territoriales, no. 5, junio, pp. 92-108. Barcelona.

EXPERT CHOICE (2000,7 february): *Analytical Hierachy Process, Decision-making Methodology*. Internet, URL<<http://www.expertchoice.com>

FARREL, Alex and **HART**, Maureen (1998): *What does Sustainability Really Means?, the Search for Useful Indicators*. Journal Environment, vol. 40, no. 3, November, pp 4-9 and 26-31. Washington, D.C.

FAUCHEUX, Sylvie et al. (editors)(1996): *Models of Sustainable Development*. Edward Elgar Publishing. Cheltenham, U. K.

FAUCHEUX, Sylvie and **O'CONOR**, Martin (editors) (1998): *Valuation for Sustainable Development, Methods and Policy Indicators*. Edward Elgar Publisher. Cheltenham, U. K.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- FCBS** (Foro Cívico Barcelona Sostenible) (1998): *Indicadors de Sostenibilitat*. Barcelona.
- FORUM** Vauban (1999): *A Journey Through the Model District Vauban*. Brochure published by ICLEI and Forum Vauban. Freiburg, Germany.
- FIKSEL**, Joseph (1996): *Ingeniería de Diseño Medioambiental*. Mc Graw-Hill. Madrid.
- FOLCH, R.; CLEVELAND, C.; MARTI, F.** (1997): *Sostenibilidad*. Revista Medi Ambient, no.17, abril. Barcelona.
- FULLANA, P. y PUIG, R.** (1997): *Análisis del Ciclo de Vida*. Rubes Editorial. Barcelona.
- GARCIA R., José Luis** (1995): *Como Elaborar un Proyecto de Investigación*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Alicante. Alicante.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas** (1971): *The Entropy Law and the Economics Process*. Harvard University Press. Cambridge, MA.
- GIBBS, J. Willard** (1961): *The Scientific Papers of J. Willard Gibbs*. Volume one. New York.
- GOODLAND, Robert y DALY, Herman** (1997): *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Editorial Trotta. Madrid.
- GOVERNMENT OF IRELAND** (1997): *Sustainable Development. A strategy for Ireland*. Government Publications. Dublin.
- GRAAF, H.J. et al.** (1996): *Sustainable Development: Looking for new Strategies*. Ecological Economics 16, pp 205-216.
- GRAHAM, John D.** (1997): *The Greening of the Industry*. Harvard University Press. London.
- GREENPEACE, España** (1997): *Ocho Argumentos para Rechazar el PVC*. Revista Worldwatch edición en Español, no. 2, enero. Madrid.
- GUY, G. Grandley and KIBERT, Charles J.** (1997): *Development Indicators of Sustainability*; U. S. Experience. Second International Conference Building and The Environment. 9-12 June. Paris.
- HILL, Richard C. and BOWEN, Paul A.** (1997): *Sustainable Construction; Principles and a Framework for Attainment*. Construction Management and Economics, vol. 15, pp 223-239.
- HUETE, Ricardo et al.** (1998): *Minimización y Reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición*. Revista "Residuos" no. 43, julio-agosto (el caso de Sevilla). Bilbao.
- ICLEI** (International Council for Local Environmental Initiatives) (2000, 28 January): Internet, <http://www.iclei.org>
- IISD** (International Institute for Sustainable Development) (1998, 29 May): *Definicions and General Information*. Internet, URL < <http://iisd1.iisd.ca/>
- IMSS** (Instituto Mexicano del Seguro Social) (2000, 11 de febrero): *Trabajadores Asegurados en el IMSS-Delegación Sinaloa*. Comunicación personal con la Sra. Yolanda Jiménez V., funcionaria administrativa.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática) (1998): *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. México.
- INEGI** (2000,4 February): *Principales indicadores de las Empresas Constructoras*. Internet, URL < <http://www.inegi.gob.mx>

ISO 14 000 (1998, 12 December): *ISO 14 001 and Sustainable Development*. Internet, URL<
<http://www.trst.com/sustainable.htm>

IVAM Environmental Research (1998,6 October): *What is IVAM, LCA Data*. Internet, URL<
<http://www.ivambv.uva.nl/product/1cadata.html>

IUCN (Conservation of Nature and Natural Resources), **UNEP** (United Nations Environment Programme), and **WWF** (World Wildlife Fund) (1980): *World Conservation Strategy. Living Resource Conservation for Sustainable development*.

IUCN, UNEP and WWF (1991): *Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable Living*. Glan, Switzerland.

JACOBS, Michael (1996): *La Economía Verde. Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y la Política del Futuro*. Editorial Icaria. Barcelona.

JANSSON, A. et al. (1994): *Investing in Natural Capital*. Chapter by De Groot, R., "Environmental Functions and the Economic Value of Natural Ecosystems. Islands Press. Washington, D.C.

JAQUENOD, Silvia (1997): *Derecho Ambiental. Información, Investigación*. Editorial Dykinson. Madrid.

JIMENEZ H., Luis (1996): *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. Editorial Síntesis. Madrid.

JHON, V.M. and TINKER, J.A. (1998): *Recycling Waste as Building Materials*. An Internet Database. CIB World Congress. 7-12 June. Gävle, Sweden.

JUNTA de residus (1995): *Manual de Desconstrucció*. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya i Generalitat de Catalunya. Barcelona.

JOU, D. y LLEVOT, J. E. (1989): *Introducción a la Termodinámica de Procesos Biológicos*. Editorial Labor. Barcelona.

KERRY, R. et al. (1994): *Environmental Economic, an Elemental Introduction*. Editorial Earthscan, London.

KIBERT, C.J. (1994a): *Prefacio*. First International Conference on Sustainable Construction. 6-9 November. Tampa, Fla.

KIBERT, C.J. (1994b): *Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction*. First International Conference on Sustainable Construction. 6-9 November. Tampa, Fla.

KORDEJ-de VILLA, Zeljka (1997): *Framework for Sustainable Development of Human Settlements*. Second International Conference Building and the Environment. 9-12 June. Paris.

LAMPRECHT, James L. (1997): *ISO 14 000, Directrices para la Implantación de un Sistema de Gestión Medioambiental*. Publicación de la Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid.

LAPONCHE, Bernard (1997): *Inventing a Model for Sustainable Development*. Ecodecision, autoum. Montreal.

LEWIS, T.M. (1998): *Education of Construction Engineers for Sustainability*. CIB World Building Congress. 7-12 June. Gävle, Sweden.

LIDDLE, Brandley T. (1994): *Construction for sustainability and the Sustainability of the Construction Industry*. First International Conference on Sustainable Construction. 6-9 November. Tampa, Fla.

LIPPIATT, C. Barbara (1998): *Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)*. Technical Manual and User Guide. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburgh, U.S.A.

MADARIAGA Ceceña, J. Santos (1996): *Perfil Socioeconómico del Estado de Sinaloa y sus Municipios*. Aula Magna UAS, Culiacán, Sinaloa, México.

MEADOWS, Donella H. et al. (1994, 3ª edición): *Más allá de los Límites del Crecimiento*. Ediciones El País/Aguilar. Madrid.

MEADOWS, Donella (1998) *Indicators and Systems for Sustainable Development*. Published by the Sustainable Institute. Hartland Four Corners, VT, U.S.A.

MINISTRY of Environment Norway (1994): *Symposium Report: Sustainable Consumption*. 19-20 January. Oslo.

MIYATAKE, YASUYOSHI (1996): *Technology Development and Sustainable Construction*. Journal of Management in Engineering, vol. 12, no. 4, pp 22-27. Washington, D. C.

NAREDO, J. M. (1998, 10 de abril): *Sobre el Origen, el Uso y el Contenido del Término Sostenible*. Internet, URL < <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1993): *OECD core set of Indicators Environmental Performance Reviews*. Environment Monographs number 83. Paris.

OSSO, Annette (Project Manager)(1996): *Sustainable Building Technical Manual*. U. S. Department of Energy, U.S. Green Building Council, U.S. Environmental Protection Agency and Public Technology Inc.; U.S.A.

PEARCE, David et al. (1993): *Blueprint 3. Measuring Sustainable Development*. Earthscan Publications. London.

PEREZ M., E. (1998, 2 de octubre): *Curso de Termodinámica Irreversible*. Internet, URL < <http://www.geocities.com.capecanaverall/hangar/2976/termirre/html>

PEZZEY, John (1992): *Sustainable Development Concepts*. World Bank Environment paper number 2. Washington, D.C.

PHILLIPS, E. M. and **PUGHS**, D. S. (1994): *How to get a Ph. D.; a book for students and their supervisors* (2nd edition). Open University Press. Buckingham, U. K.

PLAN de Lisboa (1996): *El Plan de Acción de Lisboa: De la Carta a la Acción*. II Conferencia Europea Sobre Ciudades Sostenibles. 6 al 8 de octubre. Lisboa.

PRIGIOGINE, Ilya (1997): *Las Leyes del Caos*. Editorial Drakotos-Crítica. Barcelona.

PRUGH, Thomas (1995): *Natural Capital and Human Economic Survival*. ISEE Press. Solomons, MD.

RED de Desarrollo Sostenible (1998, 3 september): *Acceso a Base México, con "links" al resto de los países Latinoamericanos que cuentan con conexión a la Red*. Internet, URL < <http://www.rds.org.mx/>

RENNINGS Klaus and **WEIGGERING**, Hubert (1997): *Steps Toward Indicators of Sustainable Development: Linking Economic and Ecological Concepts*. Ecological economics 20, pp 25-36.

RESS, William and **WACKERNAGEL**, Mathis (1996): *Our Ecological Footprint, Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers. Gabriola Island, B.C., Canada.

RICO, Francisco (prologuista) (1997): *Gran Diccionario de la Lengua Española*. Editorial Larousse Planeta. Barcelona.

RIFKIN, Jeremy (1990): *Entropía. Hacia el Mundo Invernadero*. Ediciones Urano. Barcelona.

ROCK, Peter A. (1989): *Termodinámica Química*. Editorial Vicens-Vives. Barcelona.

ROMM, J. And **BROWNING**, W. (1994): *Greening the Building and the Bottom Line: Increasing Productivity Through Energy-Efficient*. Rocky Mountain Institute. Snowmass, Colo., USA.

ROODMAN, D. M. and **LENSEN**, N. (1995): *A building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction*. Worldwatch paper 124. Washington, D.C.

SAATY, Thomas L. (1996): *Multicriteria Decision Making. The Analytical Hierarchy Process*. RWS Publications. Pittsburgh.

SANTAMARTA, José (1997): *Grandes Presas, Grandes Problemas*. Revista Worldwatch, edición en Español, no. 2, enero. Madrid.

SARJA, Asko (1998): *Integrated Cycle Design of Materials and Structure*. CIB Building Congress. 7-12 June. Gävle, Sweden.

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (1993): *Guidelines for Life-Cycle Assessment: a "Code of Practice"*. Brussels.

SEOÁNES CALVO, Mariano (1996): *El Gran Diccionario del Medio Ambiente y de la Contaminación*. Coediciones Mundi-Prensa. Madrid.

SIERRA, B. R. (1996): *Tesis Doctorales y Trabajos de Investigación Científica*. Editorial Paraninfo. Madrid.

SINALOA (1999, 27 de diciembre): *Información General del Estado de Sinaloa*. Internet, URL <<http://www.sinaloa.gob.mx>

SJÖSTRÖM, Christer (1998): *Magazine Information Editorial*, (edited by the CIB General Secretariat) no. 3/98, May/June. Rotterdam.

SORONIS, G. and **MAKENYA**, A. Raphael (1998): *Towards a New Integrated ISO-Standard for Sustainable Building*. CIB World Building Congress, 7-12 June. Gävle, Sweden.

SOSTENIBLE (1998): *Xarxa de Ciutats i Pobles Cap a la Sostenibilitat*. Editorial de la revista de la Xarxa no. 1. Barcelona.

SUSTAINABLE SEATTLE (1998): *Indicators of Sustainable Community*. Media and Publicity. Seattle, U.S.A.

SYCHEV, V.V. (1981): *Complex Thermodynamic Systems*. MIR Publishers. Moscow.

TAMAMES, Ramón (1995): *Ecología y Desarrollo Sostenible*. Alianza Editorial. Madrid.

TURNER, R. Kerry et al. (1994): *Environmental Economics*. Harvester wheatsheaf. London.

UNCED (The United Nations Conference on Environment and Development) (1992): *Earth Summit '92. Agenda 21*. Río de Janeiro.

UN (The United Nations) (1998, 12 October): *Indicators of Sustainable Development*. Internet, <http://un.org/esa/sustdev/isd.htm>

UN (The United Nations) (1999, 23 August): *Information on Mexico*. Internet, URL <<http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/index.htm>

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

UNCHS (United Nations Centre for Human Settlements) (1996): *The Habitat Agenda: Goals, Principles, Commitments and Plan of Action*. U.N. Conference on Human Settlements (Habitat II). 3-14 June. Istanbul, Turkey.

UNDP (The United Nations Development Program) (1998, 17 October): *World Population Projections 2150*. Internet, <http://www.undp.org>

URQUIDI, Víctor (1997): *México ante la Globalización. Condiciones y Requisitos de un Desarrollo Sostenible y Equitativo*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

VAN DIEREN, Wouter (editor) (1995): *Taking Nature Into Account. A Report to the Club of Rome*. Ed. Copernicus. New York.

WEIZSÄCKER, Ernest Von et al. (1997): *Factor Four. Halving Resource Use*. Earthscan Publishing. London.

WELFORD, Richard (1998): *Toward Sustainable Production and Consumption: a Literature Review and Conceptual Framework for the Service Sector*. Eco-management and Auditing, vol. 5, no. 1, March. Huddersfield, U. K.

WCED (World Commission on Environment and development) (1987): *Our common future*. Oxford university Press. Oxford.

WORLD BANK (1997): *Expanding the Measure of Worth*. Paper series no. 17. Washington.

WYATT, D.P. and **GILLEARD**, J.G. (1994): *Deconstruction; an Environmental Response for Construction Sustainability*. First International Conference on Sustainable Construction (CIB TG 16). 6-9 November. Tampa, Fla., U.S.A.

XARXA de Ciutats i Pobles Cap a la Sostenibilitat (1998): *Proposte de 50 Indicadors de Sostenibilitat*. Barcelona.

APÉNDICES

APÉNDICE A: Abreviaturas, siglas y símbolos

BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability.
BRE	Building Research Establishment.
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method.
SDC	Comisión para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.
CESD	Center of Excellence for Sustainable Development (por sus siglas en Inglés).
CFCs	Clorofluorcarbono (s), gases que afectan a la capa estratosférica de ozono.
CIB	Internacional Council on Building Research Studies and Documentation (por sus siglas en Francés). Ultimamente también conocido como International Council for Research and Innovation Building and Construction.
CMMAD	Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (siglas en Inglés:WCED).
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
dfe	Design for the Environment.
DIT	Dublin Institute of Tecnology.
e.g.	Del latín “exempli gratia”, por ejemplo.
ETSECCPB	Escola Técnica Superior d'Enginyers de Camins i Ports de Barcelona.
g	Gramos.
GHG	Gigagramos.
GIS	Geographical Information Systems.
Ha	Hectáreas.
hab	Habitantes.

i.e.	Del latín, "id est", esto es.
IISD	International Institute for Sustainable Development.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización (por sus siglas en Francés).
IUCN	International Union for the Conservation of Natural Resources; hoy día se hace llamar: World Conservation Union, pero conserva las siglas originales.
Km	Kilómetros.
Km²	Kilómetros cuadrados.
Kw	Kilowatts.
Lt, l	Litros.
m	Metros.
m²	Metros cuadrados.
mg	Miligramos.
MJ	Mega Juls.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
per se	Por sí mismo (a).
PIB	Producto Interior Bruto o Producto Interno Bruto.
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
pobl	Población.
ppm	Partes por millón.
PVC	Cloruro de Polivinilo.
s	Entropía.
tons	Toneladas.
UAB	Universidad Autónoma de Barcelona.
UB	Universidad de Barcelona.
UCD	University College of Dublin.

UN	The United Nations.
UNCED	The United Nations Conference on Environment and Development (en castellano CMMAD).
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya.
USEPA (EPA)	United States Environment Protection Agency.
vs	Versus; contra, en contraposición.
%	Por ciento, porcentaje.
‰	Por mil , por millar.
\$	Dólares, dinero.
>	Mayor que.
<	Menor que.

APÉNDICE B: Glosario.

En este apéndice se incluyen algunos términos de uso frecuente que no han sido explicados previamente y responden a los requerimientos de la tesis.

Acidificación.- Algunos productos químicos como el sulfuro, el amoníaco y los óxidos de nitrógeno, comúnmente utilizados en la agricultura, propician importantes cambios en la composición de los suelos y pueden afectar la flora y las aguas subterráneas.

Agenda 21.- (Agenda para el siglo XXI) , También conocida como Programa 21, es el documento más connotado de los que se firmaron en la Conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, celebrada en Río de Janeiro, en 1992. En este documento se establecen las recomendaciones para propender la Sostenibilidad global.

Areas Marrones.- Espacios o propiedades industriales abandonadas, susceptibles de rescate y reaprovechamiento.

Areas Grises.- Superficie baldía donde estuvo una construcción que ha sido demolida.

Biodiversidad.- Tendencia de los ecosistemas, que no son perturbados, a tener una gran variedad de especies que forman una red compleja de interacciones.

Calidad del aire interior.- Término utilizado para definir el ambiente interno de los edificios, el cual incluye una introducción y distribución de aire adecuado para la ventilación central de los contaminantes aéreos y el mantenimiento de la temperatura y humedad relativa aceptables, de tal forma que las personas expuestas a éstas no sientan insatisfacción.

Capa de Ozono.- Se localiza en la estratosfera, a 20-40 Km sobre la tierra, su espesor ha disminuido 5-10 % desde que se empezaron a tomar datos. El ozono tiene la propiedad de absorber los rayos ultravioletas, los cuales amenazan la existencia de la flora y la fauna y potencian el cáncer de la piel en las personas. Los principales gases que le afectan son los clorofluorocarbonos (CFCs).

Capacidad de carga.- En términos genéricos, es el número máximo de individuos de una especie definida, que puede soportar determinado ambiente en el largo plazo. La noción de límites es fundamental para definir el concepto en cuestión. Sin embargo, el poco conocimiento que se tiene de los sistemas complejos no lineales propicia incertidumbre en el cálculo de la capacidad de carga relacionada con la especie humana.

Capital natural.- Es una extensión de la noción económica de capital, para el caso de bienes y servicios ambientales, la cual se refiere a reservas ("stock") de

activos naturales que tienen funciones tales como la asimilación de residuos, control de la erosión e inundaciones, protección de la radiación ultravioleta.

Se divide en capital natural renovable (especies vivas), de reposición (aguas subterráneas, capa de ozono) y no renovable (combustibles fósiles).

Cenizas Volantes.- Partículas finas asociadas a los gases efluentes producidos por la combustión de carbón, en las fundiciones o por la incineración de residuos.

Comisión Brundtland.- Con este nombre se conoce frecuentemente a la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (WCWED, por sus siglas en Inglés) de la Naciones Unidas, que fue presidida por la Sra. Gro Harlem Brundtland; estudió las tendencias globales del medio ambiente, la Economía y los aspectos sociales y publicó en 1987 el Informe denominado "Nuestro Futuro Común", más frecuentemente conocido como informe Brundtland.

Construcción.- En esta tesis generalmente se refiere a los edificios, e implica la secuencia de actividades que parten del diseño de un proyecto a materializar, y tiene como resultado la erección de una estructura y las instalaciones complementarias.

Consumo Sostenible.- El uso de bienes y servicios que resuelven las necesidades básicas y propician una mejor calidad de vida, al tiempo que se minimiza el uso de recursos naturales, de materiales tóxicos y la emisión de residuos y contaminantes. La producción Sostenible se fundamenta en los mismos principios.

Crecimiento.- Se asocia al concepto económico para significar expansión de producción, empleos y ganancias; es decir implica un aumento cuantitativo, que no puede mantenerse indefinidamente en un planeta de dimensiones finitas.

Cumbre de la Tierra.- Se conoce con este nombre a la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo que organizó y llevó a cabo las Naciones Unidas, en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. Esta ha sido la ocasión en la historia de la humanidad en que se han reunido la mayor cantidad de jefes de gobierno y de estado.

Cuna a la Tumba, Análisis de la.- Es el estudio de los impactos ambientales que causa determinado producto desde el proceso de extracción de materias primas, a través de su vida útil y hasta la deposición de los residuos en que finalmente se convierte. El término incluye también reciclaje y reuso de los materiales al final de su primera vida útil.

Deductivo.- Término epistemológico que indica que el movimiento de la razón es lógicamente ascendente, es decir que a partir de enunciados más cercanos a la experiencia, se eleva a conclusiones más abstractas y generales.

Desarrollo.- En términos muy generales, involucra las posibilidades de crecimiento y cambio. Frecuentemente se usa la frase *desarrollo económico* para señalar una expansión de oportunidades económicas y sociales que promueven el progreso humano y la calidad de vida. Lograr estos beneficios no necesariamente causa aumento en el consumo de recursos, es decir, el desarrollo puede ser Sostenible.

Desarrollo Sostenible.- Existen muchas definiciones y variantes, empero la más conocida y citada es la propuesta por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, que lo define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Ecosistema (Sistema Ecológico).- Unidad compuesta por una comunidad de organismos vivos y su medio ambiente. Existe un flujo continuo de materia y energía a través de dicha unidad: Los compuestos bióticos de un ecosistema generalmente son de diferentes niveles tróficos (véase eutrofización), los cuales se descomponen en organismos complejos que ceden nutrientes al ambiente que son reusados por otros seres vivos.

Efecto Invernadero.- Ciclo provocado por gases que bloquean la radiación de los rayos infrarrojos sobre la Tierra, que puede producir cambios climáticos importantes alterando la temperatura de la atmósfera, lo que a su vez propicia una serie de problemas ambientales globales.

Los principales gases que propician ese efecto son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el vapor de agua (a gran altura).

Entropía.- Este es un concepto abstracto que frecuentemente está implícito en todo lo que nos rodea. Se trata de un término un tanto difícil de explicar, pero es preciso tener claro que no es una "cosa". Ejemplificando, cuanto más desordenado o al azar está un sistema, tanto mayor será su entropía; los recursos naturales antes de ser usados poseen baja entropía, en contraposición los residuos o desperdicios tienen alta entropía (o desorden de sus partes).

Equidad Intergeneracional.- Es el principio de solidaridad que debe existir entre la gente que vive actualmente y las futuras generaciones. La producción y el consumo insostenibles de una parte de la sociedad actual contribuye a la degradación ecológica, social y económica de la sociedad del mañana, actitud que hace peligrar los propósitos de la Sostenibilidad en relación con las futuras generaciones.

Equidad Intrageneracional.- Principio atribuible a los diferentes grupos que existen hoy día. La equidad intergeneracional implica que la producción y consumo de una comunidad no deben socavar las bases ecológica, social y económica de otras comunidades para mantener o mejorar su nivel de vida.

Eutrofización.- Los fosfatos y algunas sustancias que propician la acidificación inducen un enriquecimiento nutritivo anormal de los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo que provoca un crecimiento excesivo de algas en el agua y la desaparición de cultivos que requieren menos nutrientes.

Externalidad.- Se le llama así a los impactos ambientales que propician las actividades productivas, a las cuales no se les asigna un coste que se refleje en el precio de mercado.

Huella Ecológica.- La superficie de tierra y el agua requeridos para mantener una determinada economía o población. Se considera que los países desarrollados requieren para mantenerse mucho más espacio que el que poseen, y solo logran abastecerse mediante el comercio y los impactos que ocasionan a los recursos naturales de otros países.

También se le conoce como *apropiación de la capacidad de carga*, este concepto incorpora los aspectos de distribución de la producción y consumo Sostenibles.

Impacto Ambiental.- Alteración favorable o desfavorable del medio ambiente (impactos positivos o negativos), que propicia una actividad o proyecto. Estos impactos se clasifican según la variación de intensidad, extensión, persistencia, periodicidad, entre otras características.

Inductivo.- Término epistemológico que establece que el movimiento de la razón es descendente. Es decir, que a partir de enunciados de un nivel mayor de abstracción, se accede a conclusiones más cercanas a la realidad.

Ley de la Entropía.- La segunda ley de la Termodinámica establece que la entropía de un sistema aislado siempre se incrementa, lo cual significa que dicho sistema se agota espontáneamente. Es decir, toda la energía disponible es usada y toda la concentración de materia es disipada, por lo que el sistema se degrada totalmente. Este “desorden” o caos de los sistemas tiene especial significación para la Sostenibilidad, tal como se establece en el capítulo IV de esta tesis.

Lluvia ácida.- Se le llama así a la precipitación que incide sobre algunos compuestos químicos que hay en la atmósfera, generalmente ocasionados por la contaminación industrial. El ph del agua de esta lluvia es menor a 5,6 lo que ocasiona la remoción de ciertos cationes del suelo. Los productos químicos más comúnmente presentes son los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Magacén.- Término del Español antiguo, derivado de la palabra Arabe majzán que significa acopiar o almacenar cosas (importantes).

Medio Ambiente.- Se le puede definir genéricamente como: objetos, condiciones y circunstancias por las que estamos rodeados todos los seres vivos que poblamos la Tierra. Aunque a menudo se usa el término para referirse solo a los ecosistemas naturales en forma separada de los asentamientos humanos. Para el caso del presente trabajo, la Sostenibilidad fuerte establece que el medio ambiente debe incluir tanto los aspectos físicos naturales, como los hechos por el hombre.

Metales Pesados.- Son elementos peligrosos para la salud de quienes los extraen, procesan y usan, y en general para el medio ambiente. Los más importantes son el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), arsénico (As), antimonio (Sb), bismuto (Bi) y Selenio (Si).

Nuestro Futuro Común.- Es el nombre oficial del reporte de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, publicado en 1987; en el que se vinculó al desarrollo económico para aliviar la pobreza con la protección

del medio ambiente y con la prevención de una catástrofe ecológica de dimensión global.

Paradigma.- Marco filosófico teórico del que a su vez se derivan teorías específicas, leyes y generalidades, algunas veces se utiliza el término para referirse a un ejemplo a seguir.

Principios de Sostenibilidad.- En el caso del Sector de la Construcción se basan en los criterios de agotamiento de los recursos, la degradación ambiental y la salud del medio ambiente; de donde derivan formas más aplicativas tales como la conservación de los recursos naturales, minimización de residuos (reuso y reciclaje de materiales), protección a la naturaleza durante la construcción y operación de las obras, disminución o eliminación de los productos tóxicos y búsqueda de una mejor calidad de vida a través de las edificaciones.

Radiación Ultravioleta.- Acción de la energía componente de la luz (rayos de longitud de onda entre 0.001-0.380 micrones), la cual es capaz de causar daños materiales, particularmente se sabe del riesgo de cáncer en la piel.

Sistema.- Conjunto de componentes interrelacionados entre sí que existe dentro de un mismo entorno. Un sistema se puede dividir en subsistemas, la mayoría de los cuales son también parte de otros sistemas o ecosistemas y al propio tiempo contienen partes más pequeñas, lo cual hace que frecuentemente el sistema tenga límites arbitrarios.

Sostenibilidad.- Existen varias definiciones que se exponen en el cuerpo de la tesis. Una de ellas, escueta y de especial significación para el caso, dice que se trata de la salud y vitalidad de la comunidad a largo plazo, tanto cultural, económica, ambiental como socialmente (SUSTAINABLE SEATTLE, 1998).

Sostenibilidad Débil.- Se basa en la teoría económica neoclásica u ortodoxa, y establece que los costes del deterioro ambiental pueden compensarse con beneficios del capital hecho por el hombre (ganancias), por consiguiente los daños al entorno pueden ser medidos en unidades monetarias.

Sostenibilidad Fuerte.- Esta corriente de pensamiento refuta el grado de sustitución que propugna la Sostenibilidad Débil, argumentando que en términos prácticos las formas de capital natural y hecho por el hombre no pueden sustituirse unas por otras con facilidad, y aboga por la protección de, al menos, una porción álgida que se denomina *capital natural crítico*; como por ejemplo la capa de ozono, la biodiversidad, el ciclo del carbono con incidencia en el calentamiento global.

Sostenible.- Lo que es posible que perdure a través de períodos de tiempo suficientemente largos, según cada caso. Una sociedad sostenible, por ejemplo, es aquella que sea sana, vital, resistente y que se pueda adaptar a las condiciones de cambios en el largo plazo.

APENDICE C: Personalidades, instituciones, agencias y otras fuentes de información consultadas en la fase de investigación

Bibliotecas.

Boulton Street Library – DIT (Dublín).

Central Library – UCD (Dublín).

Campus de Terrassa – UPC (Cataluña).

Centro de Investigación y Desarrollo – CSIC (Barcelona).

Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.

Colegio de Arquitectos de Barcelona.

Diputació de Barcelona.

Escuela Universitaria Politécnica de Barcelona - UPC.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura - UPC.

E.T.S. Arquitectura del Vallés - UPC.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona - UPC

Facultad de Biología - UB.

Facultad de Ciencia Económicas y Empresariales - UB.

Facultad de Ciencias (Química y Física) - UB.

Facultad de Humanidades - UB.

National Library of Ireland.

Rector Gabriel Ferraté - UPC.

Centros especializados.

Centro de Documentación del Medio Ambiente – Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, España.

ENFO. The Environmental Information Service – Dublin, Ireland.

Centro de Documentación del Medio Ambiente de la ETSECCPB-UPC, Barcelona, España.

Bancos de datos y proveedores internacionales de información.

Construction Research Communications Ltd.- BRE.

Datrix Direct.

Document Supply Centre (The British Library).

CINDOC (dependiente del CSIC).

Enside Conferences.

Enviroline.

ICONDA (The CIB International Database).

INFOTERRA (Red Mundial de Información Ambiental).

INFOstore.

Pollution Prevention Information - USEPA.

Otros.

Internet.

Association for Environment Conscious Building.

<http://www.aecb.net>

Centro para la Energía Renovable y Tecnología Sostenible.

<http://cresp.org>

Center for Sustainable Communities.

<http://weber.u.washington.edu/-common>

Civil Engineering Research Foundation.

<http://www.cerf.org/cerf>

Green Building Information Centre.

<http://greenbuilding.ca/GBIC.htm>

International Council for Building Research Studies and Documentation.

<http://www.cibworld.nl>

International Institute for Sustainable Development.

<http://iisd1.issd.ca/>

Publicaciones Elsevier.

<http://elsevier.nl>

Red Global para intercambio de Información.

<http://www.genie.mrrl.lut.ac.uk/>

Otros.

Revistas especializadas y “Journals”.

Building Research and information.

Calidad Ambiental.

Construction Management and Economics.

Ecodesicion.

Ecología Política.

Ecological Economics.

Enviro.International Magazine on the Environmental.

Environment.

Journal of Management in Engineering.

Sostenible.

Otras.

Instituciones oficiales y organizaciones no gubernamentales.

Arquitectos sin Fronteras - España.

Jordi Balardí, coordinador General.

Centro de Estudios Ambientales - UAB.

Gemma Conde, Investigadora .

Colegio de Arquitectos de Cataluña.

Rosa Ma. Canals, Dirigente gremial .

Diputació de Barcelona.

Domènec Cucurull, Jefe de la Sección de Soporte Ambiental .

Jordi Mulet, Servicio del Medio Ambiente .

E.T.S. Arquitectura del Vallés.

Joan Puig Domenech, Especialista en Medio Ambiente .

Facultad de Geografía – U B.

Ma. Angels Aliò y Montserrat Jardì, Investigadoras .

Fòrum Cívico Barcelona Sostenible.

Albert Ferrís, Presidente y Joseph Antequera, Vicepresidente del FCBS.

Fundación “Olaf Palme”.

Jaume Mateu, Dirigente .

Plan de Medio Ambiente de la UPC.

Iván Capdevila i Piña, Coordinador .

University College Dublin.

Iris Burke, Staff of Faculty Agriculture .

Trinity College University

J. Trevor, Coordinator of Cluster Consortium .

J. Willson, Coordinator of M.Sc. in Environmental Science .

Participación en congresos y reuniones de trabajo.

CIB World building congress. 7-12 june 1998; Gävle, Sweden.

Competitiveness, Sustainability and technology Change.

14-15 december 1998; Terrassa, Spain.

Tècniques i Experiències de Participació de la Implantació de les Agendes
21 Locals; Barcelona, España, 2 y 3 de diciembre de 1998.

Exposiciones y debates periódicos del Foro Cívico Barcelona Sostenible
Varias fechas; Barcelona, España.

Visitas a proyectos Sostenibles de la República de Irlanda, organizadas por
el Dublin Institute of Technology. 24 y 25 de noviembre de 1999 y varias
fechas más durante el año 2000.

Viaje de estudios a Alemania y Bélgica, visitas guiadas a proyectos
Sostenibles y ambientales, y conferencias magistrales dictadas por
funcionarios de la Unión Europea). 19 al 29 de junio del 2000.

International Concerence Sustainable Building 2000. 22-25 October 2000;
Maastricht, The Netherlands.

APENDICE D: Misceláneos

1. Normativa de matrícula y convalidaciones de los estudios de Doctorado de la UPC (Curso 1998 – 1999).

II. El Título de Doctorado.

II.3 Mención del Doctorado Europeo

Podrá otorgarse la Mención de Doctor Europeo a las tesis doctorales elaboradas y defendidas que reúnan las siguientes condiciones:

- a) La tesis ha de contar previamente a su lectura con los informes favorables de dos profesores de sendas instituciones de enseñanza superior, de dos estados europeos diferentes del país donde se haga la lectura de la tesis.
- b) Al menos uno de los miembros del tribunal ha de pertenecer a una institución de enseñanza superior de un estado Europeo diferente de aquel en que se defienda la tesis, y además no podrá coincidir con los profesores que han realizado el informe previo, descrito en el inciso anterior.
- c) Una parte de la defensa de la tesis deberá hacerse en un idioma nacional Europeo, diferente de las dos lenguas oficiales de Cataluña.
- d) El Doctorando deberá preparar la tesis, parcialmente en otro país Europeo, con una estancia mínima de tres meses.

2. El concepto de originalidad en las tesis Doctorales.

Punto 8 de la normativa de matricula y convalidaciones de los estudios de Doctorado de la Universidad Politécnica de Cataluña: “La tesis Doctoral consistirá en un trabajo original de investigación sobre una materia relacionada con el campo científico, técnico o artístico del programa de Doctorado que haya seguido el estudiante”.

Respecto de ese requerimiento, algunos investigadores (GARCIA, 1995; PHILLIPS, 1994) establecen que la aportación original mediante el desarrollo de trabajos de investigación que conduzcan a la elaboración de tesis Doctorales, debe inscribirse en uno, o en más de uno, de los siguientes casos:

1. Escribir una obra importante sobre un tema nuevo.
2. Continuar una obra original que hubiese sido iniciada previamente por otro(s) investigador(es).
3. Llevar a cabo un trabajo sin precedentes, diseñado por el Supervisor del Doctorando.
4. Proveer una técnica, observación o resultado de un tema, que sin ser cabalmente original, sea un trabajo de investigación competente (calificado y eficiente).
5. Aglutinar ideas, métodos, e interpretaciones que sean llevados a cabo por otras personas, pero bajo la dirección del Doctorando.
6. Demostrar originalidad al examinar la(s) ideas de otra(as) personas.
7. Llevar a cabo trabajo empírico relevante, que no se hubiese realizado previamente.
8. Sintetizar un tema útil a la sociedad, que no hubiese sido hecho antes.
9. Utilizar material de investigación conocido para hacer una nueva interpretación.

10. Tratar un tema de utilidad para el país de origen del Doctorando, que solo haya sido abordado en otros países previamente.
11. Adecuar la aplicación de una(s) técnica(s), a un campo de conocimiento nuevo o emergente.
12. Identificar nuevas evidencias de un tema que ya existe y ha sido estudiado.
13. Trabajar en un campo multidisciplinario utilizando diferentes metodologías entre sí, pero otorgándoles coherencia en relación a un fin único.
14. Identificar aspectos relevantes en alguna disciplina, que los integrantes de dicho campo no habían advertido antes.
15. Añadir conocimiento en alguna forma que no hubiese sido hecha previamente.

3. Informes de los censores de la tesis Doctoral.

En las siguientes páginas se incluyen los reportes de la evaluación cualitativa y de forma del contenido de la tesis.

Los informes fueron hechos por dos Doctores profesores de instituciones de educación superior de dos países de la Unión Europea, tal como lo establece el apartado 11.3, inciso a), de la Normativa de Matrícula y Convalidaciones de los Estudios de Doctorado, de la Universidad Politécnica de Cataluña.

REFeree'S REPORT

Informe del Censor

Title of the thesis: Título de la tesis:	Sustainable Development. A conceptual and operative approach to sustainability principles for the construction sector
Name of student presenting the thesis: Nombre del estudiante que presenta la tesis:	Victor Manuel Lopez Lopez
Name of the Director of the thesis: Nombre del Director de tesis:	Dr. Pere Alavedra Ribot

Please mark in each case the option which best suits your opinion about the thesis
Por favor marque en cada caso la opción que mejor representa su opinión sobre la tesis:

Originality of the thesis:

Originalidad de la tesis:

	Excellent Excelente
X	Good Buena
	Average Media
	Below average Por debajo de la media
	Poor Mediocre

Interest of the subject of research:

Interés del tema de la investigación:

X	Excellent Excelente
	Good Bueno
	Average Media
	Below average Por debajo de la media
	Poor Mediocre

About the references cited in the text:

Acerca de las referencias citadas en el texto:

X	Appropriate Apropiadas
	Incorrect Incorrectas
	Insufficient Insuficientes

Contents and organisation of the thesis:

Contenido y organización de la tesis:

X	Good Bien
	Too brief Demasiado corta
	Too lengthy Demasiado extensa
	Containing irrelevant material Contiene material irrelevante
	Should be rearranged Se debería cambiar

Achievements of the objectives of the research:

Grado de cumplimiento de los objetivos de la investigación:

	Excellent Excelente
X	Good Buena
	Average Media
	Below average Por debajo de la media
	Poor Mediocre

Please use this space to make your comments to the thesis:

Por favor use este espacio para hacer sus comentarios a la tesis:

As an associate professor in building construction I have been travelling all over the world and I gathered sufficient knowledge to understand that writing a Thesis in a developing country is not as easy as when doing so in an industrialized country. Therefore it is very ambitious of Mr. Victor M. Lopez that he opted for a theme like sustainability in relation to construction.

My judgement is based on the complete Thesis in the Spanish version, because the English one didn't give a comprehensive overview of the total thesis work,

The theme chosen is an actual one and of interest is, that he managed to bring this to an end.

To my opinion, the thesis written is of a sufficient standard.

At first I like to compliment Mr. Victor Lopez with his elaborated research work when seeking for an appropriate definition for sustainability. Also the chapter on entropy etc. was of special interest.

The selection of the evaluation method BEES is a logical one but it could have been elaborated, motivated etc. a bit more when comparing with other methods. And I miss some criticisms about the model used.

The combination of sustainability and the construction industry is an interesting one. And, according to the conclusions of Mr. Victor Lopez, this option seems indeed to be feasible.

Judging the whole thesis work brings me to the overall conclusion that it is justified to apply for a European Doctorate.

The thesis is very well and clearly structured

The approach is scientific

The research set-up is correct and

The fieldwork is very elaborated.

Mr. Victor Lopez has shown through this work that he possesses sufficient intellectual equipment to be a good PhD.

It would have been a pleasure for me, if he were one of my students.

Use as many pages as you want for your comments

Use tantas páginas como desee para sus comentarios

Overall rate

Calificación general

	Excellent Excelente
X	Good Buena
	Average Media
	Below average Por debajo de la media
	Poor Mediocre

Judgement for public reading:

Valoración para la defensa pública:

X	The thesis is judged suitable for public reading La tesis se considera apta para ser defendida públicamente.
	The thesis is judged suitable for public reading if some improvements are made as suggested. No re-review is required. La tesis se considera apta para ser defendida públicamente si se hacen algunas mejoras como se sugiere. No es necesaria una revisión de los cambios.
	The thesis is judged suitable for public reading without further major work, but certain changes are necessary. Re-review of the revised version is required. La tesis se considera apta para ser defendida públicamente sin grandes cambios, pero algunos son necesarios. Se requiere una revisión de la versión modificada.
	Major changes should be made before the thesis is suitable for public reading. Deberían hacerse grandes cambios antes de que la tesis sea considerada apta para ser defendida públicamente

Name of the reviewer: Dr. PeterAlex Erkelens PhD. MSc. C.E.

Nombre del censor:

Doctorate in Technical Sciences (Eindhoven), MSc. Civil Engineering (Delft)

Associate Professor

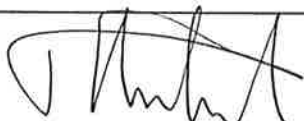
Faculty of Architecture and Building

Eindhoven University of Technology.

The Netherlands

Signature:

Firma:



Date: February 15th 2001

Fecha:



26th March 2001

Dr. Pere Alavedra Ribot
Universitat Politècnica De Catalunya
Campus Nord UPC
Avenue Diagonal No. 647
Edifice C2
08028 Barcelona
Spain

For the Attention of Dr. Pere Alavedra Ribot

Candidate: Victor Manuel López López

Thesis Director: Dr. Pere Alavedra Ribot

Tutor: Dr. Rosa Junyent Comas

Title: Sustainable Development. A conceptual and operative approach to sustainability principles for the construction sector

Award: Doctor of Europe (per official translation received)

Assessor: Dr. Brendan Williams
Ph.D. MA B.Sc. Diploma in Environmental Economics

Background: I have been asked to read and report upon an English synthesis taken from the Spanish version of Doctoral Thesis submitted to the Universitat Politecnica De Catalunya. My research involvement in the sustainability area is largely concerned with issues relating to urban development, economics and regeneration. I have consequently limited my comments to the general issues discussed in the synthesis and the structure and approach to research detailed. I have been informed by the candidate that the fuller ~~the~~ examination of the scientific and technical analysis undertaken will be carried out by the assessors of the thesis itself. I have included comments under the broad headings as detailed in the sample referees report. Titles are as per translation received.

Dr Brendan Williams

English Language Synthesis Report

- **Originality of the Thesis and Interest of the subject of research**

The Justification of the study is well developed in that the objective of linking the theoretical/philosophical discussion of the sustainability debate to the activities of the construction sector is an important area for academic research. The synthesis sets out the intention to develop an exposition of the general theoretical issues leading to specific applications of such issues for the Construction and Civil Engineering Sectors.

- **References cited in the Text of Synthesis Report**

The list of references attached to the synthesis provides an appropriate basis for the exploration of the general issues relating to sustainability.

The Content and Organisation of The Synthesis Report and Achievements of the objectives of the research

The argument that awareness of the problem constitutes the basis for development of appropriate policy and practice approaches towards sustainable development is well developed. The research sets out to examine a process which would lead to the development of pragmatic practice models based upon scientific analysis of materials and techniques used in construction incorporating case study analysis. The incorporation of life-cycle assessment and alternative techniques and tools for sustainability evaluation is a core scientific element of the work. I would advise the main assessors of the full dissertation to make this section of the work a critical input in their final assessment. These parts which are mainly included in chapters IV and V involve the important debate on the usefulness of potential for extending the usefulness of such tools. I expect the expert supervisors and assessors to fully examine these sections of the main report.

Judgement for public reading and overall report on English language synthesis

The synthesis document which I have read indicates substantial body of research work which is suitable basis for the development of a Doctoral Thesis. On the basis of this reading I would support the submission of the full Doctoral Thesis for assessment and examination by the full assessment board of Universitat Politecnica De Catalunya.

The synthesis as presently written would require improvements and review for publication purposes. It is understandable that linguistic definitions and explicit meaning linked to the issue of sustainable development would prove difficult in translation. Therefore I am suggesting that I should provide the candidate with a separate report pointing out examples of amendments proposed. These are mostly of grammatical/Spelling/Sentence structure types and some repetitions of the conceptual discussion on sustainability.

Dr Brendan Williams

I will be available to discuss any points or issues arising from this report if required and can be contacted at the above address. If required for any assessment at UPC I would be available from May onward. I will be away from my office on an international research project from April 3rd – 21st and will not be available during that period. I trust this report is as required and look forward to meeting you in the future.

Yours sincerely

A handwritten signature in cursive script that reads "Dr. Brendan Williams". The signature is written in black ink and is positioned above a horizontal line.

Dr. Brendan Williams