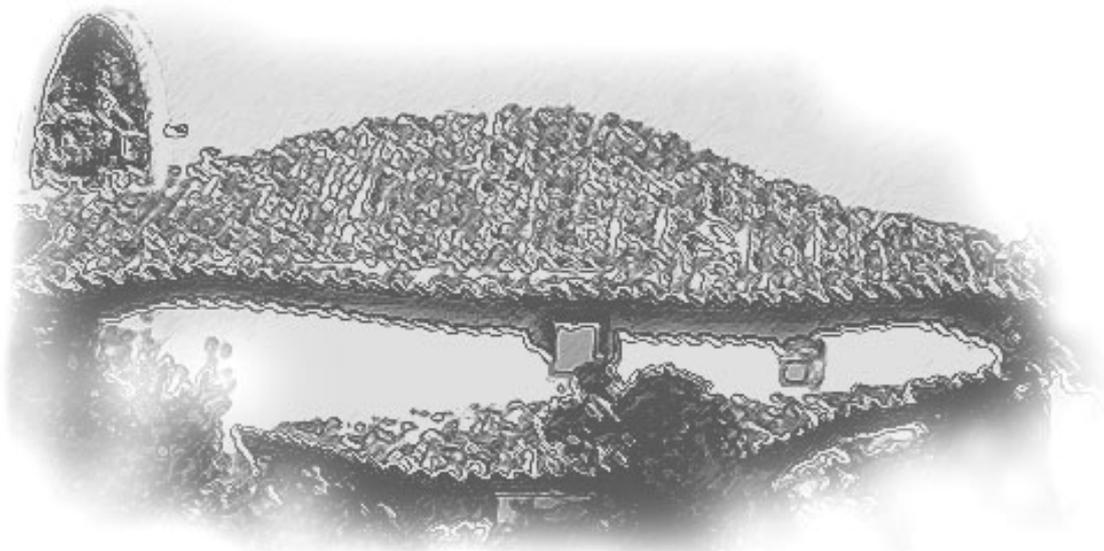


**“ MEJORA DE LA TIERRA  
ESTABILIZADA EN EL DESARROLLO DE  
UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE  
HACIA EL SIGLO XXI ”**

**TOMO I.**



TESIS DOCTORAL

***ETSAB. ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA.  
UPC. POR EL ARQUITECTO GABRIEL BARBETA I SOLÀ AÑO 2002  
Tutor. Ferran Gomà i Ginestà.***

*Nota*

**La base del Conocimiento Humano es la Humildad.**

**Los próximos capítulos no quieren representar en ningún momento lo mucho que sabe o es algún "Ego Humano", sino aportan un grano de arena más para la evolución del Universo.**

## **1. -Agradecimientos**

Ante todo Gracias a la Vida por permitirme desarrollarme entorno a mi Camino.

Gracias a Pilar y a mis hijos por todo el soporte incondicional que me han dado, y que sin ellos no se habría podido llevar a término esta Tesis Doctoral.

Gracias al Dr.Gomà por su contribución científica y humana a éste reto de futuro. Y al soporte y colaboración de Rafael Reixach, Director del Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Girona, Joan Saurina Físico, del Departamento de Física de la misma Universidad, y a Lluís Sala y a todo el equipo de los laboratorios del CECAM de Celrà.

Y Gracias a todos aquellos que he ido conociendo en mi carrera profesional, por todo lo que he aprendido de ellos, y pueda quedar reflejado en estas investigaciones.

## 2. -Presentación

Tras la cumbre de Río de 1992, se plantea a escala planetaria la búsqueda de un “desarrollo” alternativo que permita la “Sostenibilidad de la Vida y Evolución del Hombre sobre la Tierra”.

Sin entrar en detalle solo hace falta hacer referencia a los informes del Worlwatch Institut <sup>1</sup>, Greenpeace International <sup>2</sup>, WWF <sup>3,4</sup> y Depana <sup>5</sup>, L’informatiu del COATC de 1996 <sup>6</sup>, ITC <sup>7</sup>, ICE <sup>8</sup>, Dep.Medi Ambient <sup>9</sup>, Universidad Complutense Madrid <sup>10</sup>, para darse cuenta de los graves problemas ambientales que azotan al Planeta. Desde el efecto invernadero debido a las emisiones de CO<sub>2</sub>, al agujero de ozono, los residuos, hasta la previsión <sup>11</sup> para el siglo XXI de un déficit habitacional mundial, que afectaría alrededor de 1.000.000.000 de personas.

Esta situación de desequilibrio es consecuencia, sobre todo, de los grandes movimientos migratorios campo-ciudad, debidos a la pérdida de la propiedad sobre el suelo, las guerras, los desastres naturales, la superpoblación, la ruina económica de muchos monocultivos <sup>12</sup>, los procesos de industrialización irracional como ocurre en la China, etc. <sup>13</sup>

Si destacamos "desarrollo", es porque también debemos reconsiderar el significado de esta palabra, que comúnmente la hacemos sinónima del concepto de progreso que se tiene en los países industrializados. Quizá no todas las culturas que conviven en el planeta deseen desarrollarse de la misma manera. ¿Por qué no se lo preguntamos? <sup>14</sup>

<sup>1</sup> *Els límits de la Natura*. Lester R. Brown y Construir Edificis Millors. El Estado del Mundo. 1995-97 Worlwatch Institut.

<sup>2</sup> *El cambio climático. Informe Bruntland 1994*. Greenpeace Internacional

<sup>3</sup> *Vivienda y Medio Ambiente. WWF Fondo Mundial para la Naturaleza*. Autor. Miguel Angel Romero Marzo 1996. ed. Konica Madrid

<sup>4</sup> *revista Sinauta. Las enfermedades de la Tierra. Mapamundi ambiental*

<sup>5</sup> *Energia i canvi climàtic. pag 22-24. Actuacions per a la Sostenibilitat*. Depana 1995

<sup>6</sup> *Construir 5. n°8 Junio 1996* Aut. Avi Friedman i Vince Cammalleri. McGill University. Canada

*Construir 10. L'ecologia dels residus de la Construcció*. Aut. Dessy P.

*L'informatiu. Desenvolupament Sostenible* Juliol 1996. y *Jornades Internacionals: Construcció i Desenvolupament Sostenible* Maig 1996. Aut. Bernat Ochoa, Xavier Casanovas, Fructuós Mañá, Pere Torres. C.O.d'Aparelladors y Arquitectes Tècnics de Catalunya. referenciado en la revista "Habitatge" del APCE. (Agrupación de Promotores y Constructores de la Edificación)

<sup>7</sup> *Document de treball del decret 201/1994 regulador dels enderroc i d'altres residus de la Construcció*. Aut. Fructuós Mañá. Institut Tecnològic de la Construcció.

<sup>8</sup> *Els costos energètics en la Indústria Catalana*, Institut Català d'Energia. Dept. Indústria i Energia. Generalitat de Catalunya. Gener 1995

<sup>9</sup> *Emissions y dades del Medi Ambient a Catalunya 1993*. Inst. Estadístic de Catalunya.

Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya

<sup>10</sup> *Medio Ambiente y Desarrollo Alternativo*. Aut. Luis M. Jiménez Herrero. Prof. Facultad Ciencias Económicas. UCM. De. Iepala. 2a. Edición Madrid 1992

<sup>11</sup> *En Hábitat 88*. ONU

<sup>12</sup> *El mal desarrollo en América Latina*. René Dumont y M. F. Mottin. Panorama Editorial. 1982

<sup>13</sup> *El estado del Mundo*. Aut. Megan Ryan y Christopher Flavin. UNESCO y World Watch Institut. (Debido al abandono de suelo agrícola por industrial, y al cambio de hábitos alimenticios a una dieta más occidental, se calcula que hacia el año 2015-2020 no habrá suficientes excedentes de grano en el mundo para satisfacer a los 1500 millones de chinos que habrá).

<sup>14</sup> *Cooperació Nord-Sud. Ajudar a caure?*. Revista Illacrua. Barcelona. Novembre de 1993

La búsqueda de alternativas de " Desarrollo Sostenible"<sup>15</sup> pasa por concebir todos los problemas de una manera global para hallar ese equilibrio que permita la continuidad del hombre en la Tierra.

*“Pensar global, actuar local”*

He aquí la necesidad de un desarrollo tecnológico más humano, más social y más limpio, base indispensable para encontrar soluciones alternativas para el siglo XXI, como es el “Construir con Tierra”.

A más de uno podría parecerle que hablar hoy en día, de construir con tierra, es un hecho puramente anecdótico y romántico, dentro de algún movimiento de revival regionalista. El objeto de esta Tesis Doctoral es redescubrir que no es así, encontrándonos ante una tecnología integrada a unas nuevas formas de actuar, más holísticas, pero a la vez sintetizadoras de soluciones locales y únicas. No hay lugar, ni tiempo para nuevas entelequias o corrientes arquitectónicas internacionalistas en la evolución del hombre, gracias a la revolución en la información y al progreso de la conciencia humana, únicamente es posible un actuar consciente desde el lugar que a cada uno le ha correspondido vivir.

La Tierra es un material al alcance de todo el mundo, que por su bajo coste, permite ser utilizado hoy en día por más de un tercio del planeta, pudiéndonos dar viviendas de calidad gracias a una extraordinaria capacidad de aislamiento, abundancia, bajo impacto medioambiental y posibilitar incluso reciclar residuos agrícolas e industriales. Durante muchos años la construcción en tierra ha sido considerada “la arquitectura de los pobres”, pero las cosas han cambiado. Así en Francia destaca el proyecto piloto de la “Domaine de Terre” en L’Ille d’Abeau y una amplia industria entorno al BTC (bloque de tierra comprimido), en el Sur de los Estados Unidos con proyectos bioclimáticos de viviendas unifamiliares de adobe, para clase media-alta; y en la misma Bélgica o Alemania donde la construcción convencional está siendo poco a poco relegada por las bioconstrucciones en tierra.

Pero al ser éste un material tradicional que cayó en desuso, es necesaria una sistematización y control para generalizar y regular su utilización actualmente, facilitando sobre todo el uso para los arquitectos. Al mismo tiempo se abren nuevas puertas para su mejora integral, adaptándose a las actuales necesidades medioambientales, siguiendo siempre las pautas sostenibles que guiaran nuestro desarrollo durante el próximo siglo.

---

<sup>15</sup>Hacia una Sociedad Ambiental. Aut. Augusto Angel. Fundación Medio Ambiente y Desarrollo Alternativo. De. El Labrador, Bogota. 1989  
L’Agenda 21ONU y La Carta d’Aalborg. 27 de Maig de 1994. Carta de les Ciutats Europees cap a la Sostenibilitat. Ajuntament de Barcelona. regidor. Pep Puig.  
Declaració d’Interdependència per a un Futur Sostenible UIA/AIA Congrés Mundial d’Arquitectes. Chicago, 18-21 de Juny de 1993. Olufemi Majekodunmi. President UIA. y Susan A. Maxman. President American Institute of Architects. Declaración Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos en Barcelona 1996.  
Hacia una Sociedad Ambiental. Aut. Elisabet Tejero. Universitat Autònoma de Barcelona. Setembre de 1994  
Desarrollo Sostenible: la dimensión global. Aut. Ramón Pichs Madruga. Investigador. Centro de Investigaciones de la Economía mundial., Impacto Ambiental: primeras experiencias en Cuba; Ambiente urbano y participación en un socialismo sustentable; Revista Temas. n°9 enero-marzo de 1997. Cuba

Por tanto, toda la tesis se basa en:

***“Sistematizar el diseño del bloque de tierra estabilizada dentro de un nuevo camino de sostenibilidad y diseños medioambientales”***

Las finalidades iniciales de la tesis van encaminadas a desarrollar un nuevo y único método para la aplicación de la tierra estabilizada como material ecobioconstructivo, definiendo las formas adecuadas para analizarla, así como los mejores caminos para su utilización y adecuación a las necesidades y conocimientos de hoy en día. Esto se plantea ante el vacío actual sobre el tema y la falta de rigor científico que aparece en muchos casos, así se demostrará que con cualquier tipo de tierra o suelos, es posible tener un material de gran calidad industrial y constructiva, para hacer viviendas más económicas.

***“Como se dijo este año en 1992 en Navapalos, en el Cytel y Habi-Terra, se hace indispensable que desde aquí que tenemos posibilidades y medios para investigar, formemos una base cognoscitiva sobre el material Tierra para mejorar-lo y convertirlo realmente en una alternativa de calidad al grave problema mundial de la vivienda. “***

[Tesis presentació.ppt](#)



### **3. Índice**

**MEJORA DE LA TIERRA ESTABILIZADA EN EL DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE HACIA EL SIGLO XXI**

#### **1. -Agradecimientos**

#### **2. -Presentación**

#### **3. Índice**

#### **4. -. Introducción**

##### **4.1. La Grave Problemática Mundial de La Vivienda**

###### **4.1.1. La Evolución Demográfica**

###### **4.1.2. El Déficit Habitacional**

###### **4.1.2.1. Países del Sur**

###### **4.1.2.2. Países del Norte**

##### **4.2. Salud y Hábitat**

##### **4.3. Degradación Ambiental**

###### **4.3.1. La Problemática de los Residuos**

##### **4.4. El Desarrollo Sostenible**

###### **4.4.1. Un Desarrollo Sostenible Equitativo para el Sur**

###### **4.4.2. La Sostenibilidad del Desarrollo de la Arquitectura**

#### **5. Objetivos de la Tesis**

#### **6. Crítica de los antecedentes**

##### **6.1. Inexistencia de un método identificativo de los tipos de “Tierra Estabilizable para Construcción Arquitectónica”**

##### **6.2. Falta de correspondencia entre los estudios de laboratorio y las estabilizaciones adopta**

##### **6.3. Inexistencia de estudios integrales de durabilidad**

##### **6.4. Falta de correspondencia entre la analítica tecnológica y los parámetros arquitectónicos del proyecto.**

##### **6.5. Falta de un sistema de estabilización consecuente con la química de las arcillas**

##### **6.6. Inexistencia de la utilización de pautas de diseño sostenible**

##### **6.7. Propuestas que ofrece la tesis**

#### **7. Vía experimental arquitectónica**

##### **7.1. Proyectos ecobioconstructivos sostenibles con tierra estabilizada en España**

###### **7.2. Sistemas Tecnológicos experimentales propios**

###### **7.2.1. Muros de tapial comprimido mecánicamente**

###### **7.2.2. Solución en cúpula gunitada con mortero yeso-cal-tierra**

###### **7.2.3. Bovedilla prefabricada tierra-corcho-bambú**

###### **7.2.4. Entrevigados armados con bambú.**

###### **7.2.5. Diversas soluciones en bóveda y cúpula**

###### **7.2.6. Muros de hormigón fluido de tierra estabilizada con fibras**

###### **7.2.7. Soluciones en BTC**

## **8. Método de Diseño Ecobioconstructivo Sostenible.**

## **9. Método integral para conseguir técnicamente la estabilización óptima de la Tierra**

### **9.1. Parte experimental GRUPO I ARCILLAS PURAS BÁSICAS**

#### **9.1.1. Parámetros esenciales a investigar.**

#### **9.1.2. Descripción de las Muestras Puras de Arcillas**

##### **9.1.2.1. Características cristalográficas y químicas de las arcillas empleadas**

##### **9.1.2.2. Identificación visual y organolépticas**

#### **9.1.3. Preparación de la muestra de Arcilla.**

##### **9.1.3.1. Obtención y recogida de muestras**

##### **9.1.3.2. Selección del material para la elaboración de probetas.**

#### **9.1.4. Procedimiento de obtención de las microprobetas**

##### **9.1.4.1. Codificación**

##### **9.1.4.2. Extrapolación de resultados**

##### **9.1.4.3. Granulometría empleada**

##### **9.1.4.4. Comprobación Sedimentométrica de las arcillas**

##### **9.1.4.5. Método de Brockville modificado sin dispersante**

##### **9.1.4.6. Compensación Granulométrica de las arcillas**

##### **9.1.4.7. Proceso de dosificación**

##### **9.1.4.8. Preparación del molde**

##### **9.1.4.9. Mezclado de los componentes**

##### **9.1.4.10. Homogeneización de la mezcla**

##### **9.1.4.11. Llenado del molde**

##### **9.1.4.12. Curado de la microprobeta**

#### **9.1.5. ATD/ATG TERMOGRAVIMETRIA**

##### **9.1.5.1. Parámetros que afectan a la medida termogravimétrica**

##### **9.1.5.2. Análisis ATD básicos de referencia**

##### **9.1.5.3. Caracterización ATD de las Arcillas Puras**

#### **9.1.6. Análisis físicos**

##### **9.1.6.1. Obtención de las densidades de las microprobetas**

##### **9.1.6.2. Determinación de los límites de Atterberg**

###### **9.1.6.2.1. Obtención del límite plástico**

###### **9.1.6.2.2. Ensayo del Límite líquido**

###### **9.1.6.2.2.1. Procedimiento de trabajo**

###### **9.1.6.2.2.2. La Cuchara de Casagrande**

###### **9.1.6.2.2.3. Índice de plasticidad.**

###### **9.1.6.2.3. Coeficiente de actividad de las arcillas**

##### **9.1.6.3. Resistencia a Compresión Simple.**

###### **9.1.6.3.1. Complementariedad con el ensayo a flexión**

###### **9.1.6.3.2. Resistencias de la serie complementaria de las Illitas con adiciones activas.**

###### **9.1.6.3.3. Interpretación de resultados**

###### **9.1.6.3.4. Normas de referencia para la evaluación de la resistencia**

##### **9.1.6.4. Ensayos de Durabilidad.**

###### **9.1.6.4.1. Absorción**

###### **9.1.6.4.2. Correlación Absorción-Resistencia**

###### **9.1.6.4.3. Ensayo cíclico de Humectación-Helacidad-Secado**

###### **9.1.6.4.4. Normas consultadas para la evaluación de la durabilidad**

##### **9.1.6.5. Coeficiente de transmisión térmica**

#### **9.1.7. Análisis químico de las microprobetas.**

##### **9.1.7.1. Descripción del método de determinación de la composición de las fracciones solubles**

###### **9.1.7.1.1. Determinación de la Sílice soluble.**

##### **9.1.7.2. Determinación de la Sílice soluble.**

**9.1.7.3. Determinación de los Óxidos Trivalentes**

**9.1.7.4. Resultados análisis químico obtenidos en las mezclas del Grupo I**

- 9.1.7.4.1. Sílice soluble
- 9.1.7.4.2. Componentes Trivalentes
- 9.1.7.4.3. M.e.q Capacidad de cambio catiónico
- 9.1.7.4.4. Determinación de los Sulfatos.
- 9.1.7.4.5. Parámetros fundamentales de las arcillas puras del Grupo I.
- 9.1.7.4.6. Correlación entre Fracciones Solubles y resistencia
- 9.1.7.4.7. Correlación entre Absorción y Fracciones Solubles

**9.1.8. Hipótesis final de aglomeración en función del contenido de las diversas especies de arcillas y de los diversos estados de hidratación del material “Tierra”.**

**9.2. Análisis experimental de las tierras usadas en varios proyectos arquitectónicos. GRUPO II PROYECTOS.**

**9.2.1.1. MUESTRA AU**

- 9.2.1.1.1. Localización geográfica
  - 9.2.1.1.1.1. Toma de muestras
- 9.2.1.1.2. Consulta del Mapa Geológico
- 9.2.1.1.3. Observación Arquitectura popular local
- 9.2.1.1.4. Observación de características organolépticas
  - 9.2.1.1.4.1. Textura
  - 9.2.1.1.4.2. Color
- 9.2.1.1.5. Determinación de la composición y de las propiedades físicas.
  - 9.2.1.1.5.1. Preparación de las probetas.
  - 9.2.1.1.5.2. Ensayo de retracción
  - 9.2.1.1.5.3. Granulometría empleada
  - 9.2.1.1.5.4. Determinación de materiales finos y su contenido
  - 9.2.1.1.5.5. Estudio de los coeficientes de forma.
  - 9.2.1.1.5.6. Índice de plasticidad  $W_p$   $W_l$
  - 9.2.1.1.5.7. Humedad óptima
  - 9.2.1.1.5.8. Resistencias. Variabilidad con la estabilización.
  - 9.2.1.1.5.9. Durabilidad-Absorción de agua.
  - 9.2.1.1.5.10. Coeficiente de transmisión térmica
    - 9.2.1.1.5.10.1. Lecturas y Resultados
  - 9.2.1.1.5.11. Aislamiento acústico
    - 9.2.1.1.5.11.1. MEDIOS AUXILIARES.
    - 9.2.1.1.5.11.2. METODO DE TRABAJO
      - 9.2.1.1.5.11.2.1. Observaciones
  - 9.2.1.1.5.12. Determinación del contenido de Arcillas Base del Grupo I. Caolinitas, Montmorillonitas, Illitas, Cloritas, Vermiculitas.
- 9.2.1.1.6. Determinación de la composición. Ensayos químicos.
  - 9.2.1.1.6.1. Fracciones solubles
  - 9.2.1.1.6.2. Evaluación de los carbonatos
  - 9.2.1.1.6.3. Minoritarios.Absorción atómica: sulfatos  $SO_3$ , nitratos, Materia orgánica, cloruros  $Cl$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ , Cationes de cambio ( $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ )
  - 9.2.1.1.6.4. Interpretacion resultados análisis químicos de las muestras au.

**9.2.1.1.7. MUESTRA COV**

- 9.2.1.1.7.1. Análisis Arquitectónico
  - 9.2.1.1.7.1.1. Arquitectura popular local
  - 9.2.1.1.7.1.2. Descripción del proyecto
  - 9.2.1.1.7.1.3. Posibles estabilizantes disponibles autóctonos Grado de disponibilidad y coste.....
  - 9.2.1.1.7.1.4. Personal cualificado y medios auxiliares disponibles.
  - 9.2.1.1.7.1.5. Parámetros socio-culturales para la apropiación de la tecnología
  - 9.2.1.1.7.1.6. Factores de curado, defloculación y endurecimiento derivados del

*clima local*

9.2.1.1.7.1.7. *Análisis ciclo de vida del material*

9.2.1.1.7.1.7.1. *1ª Fase. Inventario*

9.2.1.1.7.1.7.2. *2ª Fase. Evaluación del impacto Ambiental*

**9.2.1.1.7.1.7.3. Clasificación**

**9.2.1.1.7.1.7.4. Caracterización**

**9.2.1.1.7.1.7.5. Valoración**

**9.2.1.1.7.1.7.6. Estrategias de simplificación de ACV. Sreening ACV**

9.2.1.1.7.1.8. *Morfologías y soluciones arquitectónicas derivadas*

9.2.1.1.7.2. *Tipología de suelo y su composición. Ensayos cristalográficos petrográficos y químicos*

9.2.1.1.7.3. *Identificación visual y organolépticas de la Tierra* **COV**

9.2.1.1.7.3.1. *Información del Mapa Geológico*

9.2.1.1.7.3.2. *Erosión, deslizamientos y formación de microrelieve*

9.2.1.1.7.3.3. *Descripción del lugar y forma de obtención de la tierra*

9.2.1.1.7.3.4. *Color de la muestra de tierra en seco y en dispersión en agua*

9.2.1.1.7.3.5. *Aguas superficiales: Coloración, turbidez y encharcamiento.*

9.2.1.1.7.3.6. *Inclusiones de carbonatos, hierro, raíces, y materia orgánica.*

9.2.1.1.7.3.7. *Textura y consistencia.*

9.2.1.1.7.4. *Obtención y recogida de muestras*

9.2.1.1.7.4.1.1. *Obtención y recogida de muestras*

9.2.1.1.7.4.1.2. *Selección del material para la elaboración de probetas.*

9.2.1.1.7.4.2. *Procedimiento de obtención de las probetas*

9.2.1.1.7.4.2.1. *Codificación*

9.2.1.1.7.5. *Ensayos físicos efectuados para detectar problemas constructivos del material sin estabilizar*

9.2.1.1.7.5.1. *Evaluación de la Estabilidad volumétrica mediante el Ensayo de Retracción*

9.2.1.1.7.5.1.1. *Determinación y evaluación de la Curva Granulometría*

9.2.1.1.7.5.1.2. *Determinación de la humedad y estabilizante óptimos para la fabricación de BTC en Covachuelas*

9.2.1.1.7.5.1.3. *Determinación de los límites de Atterberg*

9.2.1.1.7.5.1.4. *El agua: Capilaridad-Impermeabilidad-Porosidad-Absorción*

9.2.1.1.7.5.1.5. *Permeabilidad y Capilaridad*

9.2.1.1.7.5.2. *Resistencias: Compresión-Cortantes-Abrasión*

9.2.1.1.7.5.2.1. *Resistencia a la Abrasión.*

9.2.1.1.7.6. *ATD/ATG TERMOGRAVIMETRIA*

9.2.1.1.7.7. *Determinación del contenido de Arcillas (Caolinitas, Montmorillonitas, Illitas, Cloritas, Vermiculitas,...pH y Dureza*

9.2.1.1.7.8. *M.e.η Capacidad de cambio catiónico*

9.2.1.1.7.9. *Composición química*

## **9.2.2. Análisis experimental de las tierras tradicionales del Grupo II**

**9.2.2.1. Caracterización fisico-química de otras tierras del Grupo II.**

**9.2.2.2. Arcillas versicolores terciarias. MUESTRA R -TAG-SC**

**9.2.2.3. Interpretación de Resultados Análisis Químicos del Grupo II.**

## **10. Método análisis**

### **10.1. Análisis Arquitectónico**

10.1.1.1.1.1. *Descripción del proyecto*

10.1.1.1.1.2. *Morfologías y soluciones arquitectónicas derivadas*

10.1.1.1.2. *Localización geográfica; Error! Marcador no definido.*

10.1.1.1.2.1. *Arquitectura popular local*

10.1.1.1.2.2. *Posibles estabilizantes disponibles autóctonos Grado de disponibilidad y coste.*

10.1.1.1.2.3. *Personal cualificado y medios auxiliares disponibles.*

10.1.1.1.2.4. *Parámetros socio-culturales para la apropiación de la tecnología*

10.1.1.1.2.5. *Factores de curado, defloculación y endurecimiento derivados del clima local*

10.1.1.1.2.6. *Análisis ciclo de vida del material*

10.1.1.1.2.6.1.1. *1ª Fase. Inventario*

10.1.1.1.2.6.1.2. *2ª Fase. Evaluación del impacto Ambiental*

## **10.2. Caracterización de las arcillas básicas presentes en la fracción sedimentométrica.**

### **10.2.1.1. Consulta del Mapa Geológico**

### **10.2.1.2. Identificación visual y organolépticas de la Tierra **Método****

10.2.1.2.1. Erosión, deslizamientos y formación de microrelieve

10.2.1.2.2. Descripción del lugar y forma de obtención de la tierra

10.2.1.2.3. Aguas superficiales: Coloración, turbidez y encharcamiento.

10.2.1.2.4. Inclusiones de carbonatos, hierro, raíces, y materia orgánica.

10.2.1.2.5. Textura y consistencia.

10.2.1.2.6. Color; **Error! Marcador no definido.**

### **10.2.2. Preparación de la muestra de Tierra**

#### **10.2.2.1. Obtención y recogida de muestras**

#### **10.2.2.2. Selección del material para la elaboración de probetas.**

### **10.2.3. Procedimiento de obtención de las microprobetas**

#### **10.2.3.1. Codificación**

#### **10.2.3.2. Determinación y evaluación de la Curva Granulometría**

#### **10.2.3.3. Proceso de dosificación del estabilizante**

#### **10.2.3.4. Preparación del molde**

#### **10.2.3.5. Mezclado de los componentes**

#### **10.2.3.6. Homogeneización de la mezcla.**

#### **10.2.3.7. Llenado del molde**

#### **10.2.3.8. Curado de la microprobeta.**

## **10.3. Determinación del contenido de Arcillas por ATD/ATG**

## **TERMOGRAVIMETRIA**

## **10.4. Análisis físicos**

### **10.4.1.1. Evaluación de la Estabilidad volumétrica mediante el Ensayo de Retracción**

### **10.4.2. Obtención de las densidades de las microprobetas**

### **10.4.3. Estudio de los coeficientes de forma.**

### **10.4.4. Determinación de los límites de Atterberg.**

#### **10.4.4.1. Obtención del límite plástico**

#### **10.4.4.2. PLASTICIMETRO DE PFEFFERKORN**

10.4.4.2.1. ENSAYO DE PLASTICIDADES

10.4.4.2.2. CRUDO

10.4.4.2.3. ARCILLA

#### **10.4.4.3. Ensayo del Límite líquido**

10.4.4.3.1. Procedimiento de trabajo

10.4.4.3.2. La Cuchara de Casagrande

10.4.4.3.3. Índice de plasticidad.

#### **10.4.4.4. Coeficiente de actividad de las arcillas**

### **10.4.5. Resistencia a Compresión Simple.**

#### **10.4.5.1. Complementariedad con el ensayo a flexión**

#### **10.4.5.2. Series complementarias con adiciones activas.**

### **10.4.6. Ensayos de Durabilidad.**

#### **10.4.6.1. Absorción**

#### **10.4.6.2. Ensayo cíclico de Humectación-Helacidad-Secado**

### **10.4.7. Coeficiente de transmisión térmica**

#### **10.4.7.1. Ensayo de transmisión térmica**

#### **10.4.7.2. Lecturas y Resultados**

- 10.5. Análisis químico de las microprobetas.**
    - 10.5.1. Determinación de la Sílice soluble.**
    - 10.5.2. Determinación de los Óxidos Trivalentes**
      - 10.5.2.1. Correlación con la resistencia**
    - 10.5.3. M.e.q Capacidad de cambio catiónico**
    - 10.5.4. Determinación de los Sulfatos.**
  - 10.6. Gráfico Ternario de optimización de la estabilización.**
- 
- 11. Método para la elección del estabilizante óptimo**
    - 11.1. Esquema previo de preferencia de estabilizantes**
    - 11.2. Tabla a través de la experimentación de los antecedentes**
    - 11.3. Tablas a partir de determinaciones experimentales propias**
  - 12. Método de Evaluación de la calidad y durabilidad del BTC puesto en obra. Definición del proceso de control de calidad**
    - 12.1.1.1. Pinturas naturales**
      - 12.1.1.1.1. -Aceites
      - 12.1.1.1.2. -Silicatos
      - 12.1.1.1.3. -A la cal
      - 12.1.1.1.4. -P.naturales Livos.
    - 12.1.2. Mantenimiento y Restauración**
- 
- 13. Conclusiones**
    - 13.1. Recomendaciones sobre el método**
    - 13.2. Recomendaciones de diseño**
      - 13.2.1. Cimientos**
      - 13.2.2. Muros**
      - 13.2.3. Vanos**
      - 13.2.4. Zunchos**
      - 13.2.5. Forjados**
      - 13.2.6. Pavimentos**
      - 13.2.7. Instalaciones**
    - 13.3. Conclusiones sobre los bloques obtenidos en la parte experimental**
      - New Mexico Adobe and Rammed Earth Building-Code
    - 13.4. Un nuevo camino para los arquitectos del S. XXI**
- 
- 14. -. Antecedentes**
    - 14.1. Antecedentes históricos de la Construcción con Tierra**
      - 14.1.1. Mesopotamia**
      - 14.1.2. La Arquitectura del Yemen**
      - 14.1.3. Distribución de la Arquitectura en Tierra en Asia**
      - 14.1.4. De la Arquitectura Sudanesa, a la Egípcia y al Magreb**
      - 14.1.5. La Arquitectura mediterránea**
      - 14.1.6. Europa**
      - 14.1.7. Latinoamérica**
      - 14.1.8. La Península Ibérica**
    - 14.2. Tendencias y escuelas actuales**
      - 14.2.1. Egipto**
      - 14.2.2. India.**
      - 14.2.3. África y Mundo Árabe**

- 14.2.4. Inglaterra
- 14.2.5. Francia
- 14.2.6. Australia
- 14.2.7. Latinoamérica
- 14.2.8. E.E.U.U
- 14.2.9. PROJECT GAIA CRA-TERRE / ICROMM
- 14.3. Relación con otras áreas del conocimiento
  - 14.3.1. Geología
  - 14.3.2. Edafología
  - 14.3.3. Química
  - 14.3.4. Escultura
  - 14.3.5. Arqueología y Restauración
    - 14.3.5.1. La utilización de huesos en la reparación de adobes.
- 14.4. Antecedentes tecnológicos
  - 14.4.1. Reciclaje de materiales
  - 14.4.2. El reciclaje de los residuos en la propia construcción.
  - 14.4.3. Hormigones de Reciclaje.
  - 14.4.4. Bioconstrucción-Baubiologie, Bioclimatismo y Permacultura
    - 14.4.4.1. La Organicidad de la Arquitectura
    - 14.4.4.2. La Autosuficiencia del Habitat
    - 14.4.4.3. Ecohábitats y ecoaldeas
  - 14.4.5. Bioclimatismo.
    - 14.4.5.1. Bioclimatismo con tierra
  - 14.4.6. Tipologías constructivas en Tierra
  - 14.4.7. Tecnologías mixtas
    - 14.4.7.1. El Bajareque.
    - 14.4.7.2. El entramado.
    - 14.4.7.3. La quincha.
  - 14.4.8. Adobe
    - 14.4.8.1. - Arquitectura Mejicana.
    - 14.4.8.2. - La Arquitectura Yemenita
    - 14.4.8.3. -El adobe informe
    - 14.4.8.4. - Variantes europeas.
    - 14.4.8.5. - Adobe con fondo y arena
    - 14.4.8.6. -Adobe armado.
  - 14.4.9. La técnica tradicional del Tapial
    - 14.4.9.1. Proceso de ejecución
    - 14.4.9.2. Preparación
    - 14.4.9.3. Estabilización
    - 14.4.9.4. Encofrado
    - 14.4.9.5. Ejecución y diseño.
    - 14.4.9.6. Elementos a controlar
    - 14.4.9.7. Puesta en obra
    - 14.4.9.8. El control de la posición de los tapiales tradicionales al ejecutar una Tapia.
    - 14.4.9.9. Tipos de tapial
  - 14.4.10. BTC. Bloque de tierra comprimido
    - 14.4.10.1. Puesta en obra
    - 14.4.10.2. Dimensiones del bloque
    - 14.4.10.3. Productividad de la máquina
    - 14.4.10.4. Tipologías de bloques
    - 14.4.10.5. Maquinaria para bloques comprimidos

- 14.4.10.6. **Tipos de prensa**
- 14.4.10.7. **Ventaja e Inconvenientes de los diferentes tipos de máquinas**
- 14.4.10.8. **Criterios para la elección y compra**
- 14.4.11. **Cubiertas**
- 14.4.12. **Suelo-cemento**
  - 14.4.12.1. **Una forma especial de pavimentos son los realizados con suelo cemento.**
  - 14.4.12.2. **Ejecución de la obra con suelo cemento o con suelo estabilizado.**
  - 14.4.12.3. **Pulverización**
  - 14.4.12.4. **Compactación**
  - 14.4.12.5. **Juntas de trabajo**
  - 14.4.12.6. **Comprobaciones en obra**
- 14.4.13. **El Jet Grouting**
  - 14.4.13.1. **Revestimientos**
    - 14.4.13.1.1. **La Base**
    - 14.4.13.1.2. **Preparación de los materiales**
    - 14.4.13.1.3. **Las diferentes capas del revoco.**
- 14.4.14. **Patologías**
  - 14.4.14.1. **Forma de tratamiento preventivo : la acción bactericida de la cal; las sales bóricas y o la sal común.**
- 14.5. **Antecedentes científicos**
- 14.5.1. **Propiedades de la Tierra como Material de Construcción**
- 14.5.2. **2.3 Propiedades ecológicas**
- 14.5.3. **Análisis ecobioconstructivo sostenible sobre los principales materiales de construcción**
  - 14.5.3.1. **Morteros de Cal**
  - 14.5.3.2. **Betún**
  - 14.5.3.3. **El cemento**
  - 14.5.3.4. **La madera.**
  - 14.5.3.5. **El corcho**
  - 14.5.3.6. **La piedra**
  - 14.5.3.7. **Metales puros**
    - 14.5.3.7.1. **Acero**
    - 14.5.3.7.2. **Aluminio**
- 14.5.4. **Suelos. Composiciones base**
  - 14.5.4.1. **Introducción al suelo.**
    - 14.5.4.1.1. **Génesis**
    - 14.5.4.1.2. **Textura y estructura del suelo**
    - 14.5.4.1.3. **Composición**
    - 14.5.4.1.4. **Tipos de suelos.**
    - 14.5.4.1.5. **Granulometría**
    - 14.5.4.1.6. **Clasificación granulométrica ASTM**
    - 14.5.4.1.7. **Norma 2 ASTM-D2487**
    - 14.5.4.1.8. **Norma 3 SISTEMA CASAGRANDE**
    - 14.5.4.1.9. **Norma 4 SIST.CASAGRANDE**
    - 14.5.4.1.10. **Norma 5 NORMA CUBANA IT 03-91**
  - 14.5.4.2. **Suelos,tapiales y adobes tradicionales**
    - 14.5.4.2.1. **Yacimiento Neolítico Almería**
    - 14.5.4.2.2. **New Gourna Egipto**
    - 14.5.4.2.3. **Kashbas Marruecos**
    - 14.5.4.2.4. **Francia**
    - 14.5.4.2.5. **España**
  - 14.5.4.3. **Otros suelos de interés investigados por el autor**
    - Graníticos del Maresme
  - 14.5.4.4. **Arcillas**
    - 14.5.4.4.1. **Genesis**

#### 14.5.4.5. Clasificación

- 14.5.4.5.1. Microestructura
- 14.5.4.5.2. ASPECTOS GENERALES DE LAS ESTRUCTURAS DE SILICATOS
- 14.5.4.5.3. Principales minerales arcillosos
  - 14.5.4.5.3.1. *Grupo de las Caolinitas o del Caolín*
  - 14.5.4.5.3.2. *El grupo de las Montmorillonita*
  - 14.5.4.5.3.3. *El Grupo de las Micas*
  - 14.5.4.5.3.4. ***Grupo de las Illitas***
  - 14.5.4.5.3.5. *Grupo de las Cloritas*
  - 14.5.4.5.3.6. *Grupo de la Paligorskita*
  - 14.5.4.5.3.7. *Grupo de la Vermiculita*
- 14.5.4.5.4. Efectos de aglomeración de las arcillas
  - 14.5.4.5.4.1. *El Puente de hidrógeno*
  - 14.5.4.5.4.2. *Coordenación numérica*

#### 14.5.5. La Estabilización y la Durabilidad de las estructuras aglomeradas por arcillas

##### 14.5.5.1. Físicos

##### 14.5.5.2. Físicoquímicos

- 14.5.5.2.1. La cal
  - 14.5.5.2.1.1. *Propiedades de la cal*
    - 14.5.5.2.1.1.1. *-Densidad*
    - 14.5.5.2.1.1.2. *-Endurecimiento*
    - 14.5.5.2.1.1.3. *-Plasticidad*
  - 14.5.5.2.1.2. *El Cemento portland.*
  - 14.5.5.2.1.3. *El Cemento Natural*
    - 14.5.5.2.1.3.1. *Propiedades del cemento natural*
  - 14.5.5.2.1.4. *El yeso.*
    - 14.5.5.2.1.4.1. *TIPOS DE YESOS*
- 14.5.5.2.2. Químicos
  - 14.5.5.2.2.1. *Adiciones activas con efecto puzolánico.*
    - 14.5.5.2.2.1.1. *-Cenizas de la industria del azúcar.(Cuba)*
    - 14.5.5.2.2.1.2. *-Cenizas de la cáscara de arroz:*
    - 14.5.5.2.2.1.3. *-Piedra pómez, lapilli, o puzolana (Puzzoli, Italia)*
    - 14.5.5.2.2.1.4. *-El Metacaolín.*
    - 14.5.5.2.2.1.5. *-El polvo cerámico.*
    - 14.5.5.2.2.1.6. *-Cenizas volantes.*
    - 14.5.5.2.2.1.7. *Escorias de acería:*

#### 14.5.6. Métodos y normativas de identificación de suelos y de ejecución de obras de tierra estabilizada

##### 14.5.6.1. Normas y recomendaciones de Ejecución de Obras de Tierra

- 14.5.6.1.1. Recomendaciones de diseño antisísmico
  - 14.5.6.1.1.1. *Recomendaciones de diversos autores y factores fundamentales en el diseño antisísmico* .....
  - 14.5.6.1.1.2. *Norma 6 NTE E.080 ADOBE PERU*

##### 14.5.6.2. Ensayos para cálculo de la absorción de agua y densidades:

##### 14.5.6.3. Determinación del índice volumétrico:

## 15. Anexos

### 15.1.1. Análisis experimentales Tierras Grupo II

### 15.1.2. Análisis experimentales Tierras Grupo III

### 15.1.3. Webs sobre soil-cement

### 15.1.4. Webs sobre Ecobioconstrucción Sostenible.

### 15.1.5. Webs sobre CEM

### 15.1.6. Webs relacionadas con el Tapial:

### 15.2. Métodos y Normas

### **15.3. ANEXOS CIENTÍFICOS de interés para futuras investigaciones.**

15.3.1.1.1. Anexos Edafología

15.3.1.1.2. Anexos Química

15.3.1.1.3. The use of soil blocks, timber poles and micro-concrete roofing tiles for house construction in Sri Lanka

### **15.4. Cursos**

## **16. Bibliografía**

**16.1. Bibliografía General**

**16.2. Bibliografía sobre Tierra por autores.**

**16.3. Bibliografía de bioclimatismo**

**16.4. Bibliografía hallada de interés científico**

**16.5. Direcciones de interés**

**16.6. Bibliografía referenciada en la Tesis**