



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Superadobe: Problemas y soluciones

Autor

Arantza Redondo Hernández

Director

Juan Villarroya Gaudó

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia  
2015





Universidad  
Zaragoza

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)

MEMORIA

Superadobe: problemas y soluciones

422.13.166

Autor: Arantza Redondo Hernández

Director: Juan Villarroja Gaudó

Fecha: Septiembre 2015



# INDICE DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>3. TERMINOLOGÍA</b>	<b>4</b>
3.1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	4
3.2. ANÁLISIS DE TERMINOLOGÍA	8
<b>4. CULTURA, TÉCNICA Y BIOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>15</b>
5.1. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA	15
5.2. EMPLAZAMIENTO Y CLIMA	16
5.3. DATOS DE LA EDIFICACIÓN	19
5.3.1. <i>Entorno físico</i>	19
5.4. INFRAESTRUCTURAS	21
5.5. ANCHO DEL VIAL	21
5.6. URBANIZACIÓN	21
<b>6. NORMATIVA</b>	<b>22</b>
<b>7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA</b>	<b>24</b>
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA. SUPERADOBE	24
7.2. DESCRIPCIÓN DEL DOMO A CONSTRUIR	31
7.3. PROBLEMAS DE UNA CASA DE SUPERADOBE	32
7.3.1. <i>Desventajas del sistema constructivo</i>	32
7.3.2. <i>Desventajas de los materiales</i>	33
7.3.3. <i>Desventajas aplicadas a la vivienda</i>	34
<b>8. TABLAS, CUESTIONARIOS Y VALORACIONES</b>	<b>37</b>
8.1. HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LA ECOLOGÍA DE LOS MATERIALES	39
8.1.1. <i>Simapro</i>	39
8.1.2. <i>Indicadores de Luis de Garrido</i>	40
8.1.3. <i>Base de datos de ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción)</i>	46
8.1.4. <i>Ecómetro</i>	47
8.1.5. <i>Tabla Javier de Mena</i>	48



INDICES

8.1.6.	<i>Tabla del master en bioconstrucción del IEB facilitada por Petra Jebens- Zirkel.</i>	49
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS TABLAS O BASES DE DATOS</b>	<b>53</b>
<b>10.</b>	<b>APLICACIÓN DE LA TABLA ELEGIDA Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>62</b>
<b>12.</b>	<b>ENTREVISTA A PETRA JEBENS- ZIRKEL Y A SU MARIDO ALFRED JOHANN- ZIRKEL</b>	<b>64</b>
<b>13.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>67</b>

## 1. RESUMEN

El sector de la construcción consume una gran cantidad de energía.

Poco a poco el ciudadano está más concienciado del daño que se le puede hacer al medio ambiente y en poner remedio para ello. Pero la desinformación que existe actualmente es inmensa, de tal modo que se puede decir que algo es "ecológico" solo con la finalidad de que su venta sea mayor. Por ello hay que tener mucho cuidado, informarse bien y contrastar informaciones.

En mi opinión, la arquitectura sostenible y ecológica, debería de tener bastante más repercusión en los estudios de arquitectura o arquitectura técnica. Creo que es algo realmente importante que prácticamente se pasa por alto.

La misión del arquitecto está en conseguir el equilibrio entre la cultura arquitectónica, la técnica de construcción y la bioconstrucción.

El proyecto parte con la construcción de una vivienda tipo, ubicada en Ateca (Zaragoza). Dicha vivienda, está sujeta a la correspondiente normativa y realizada con la técnica del Superadobe.

Se realizó una breve explicación del funcionamiento del superadobe, describiendo, después, la vivienda a construir comparándola con una casa convencional.

Más tarde, se analizaron todos los problemas que, a día de hoy, tiene ésta técnica, explicando las razones por las que construir con superadobe todavía tiene muchas carencias e inconvenientes.

Después, este proyecto se ha centrado en el análisis de ciertos materiales para intentar averiguar si sería posible cambiarlos por otros mejores, ya que los materiales, al igual que los materiales o el aire que respiramos, hacen que nos encontremos bien o mal, y pudiendo llegar a estar enfermos.

Se buscaron herramientas para evaluar la ecología de los materiales, y al final se decidió elegir la tabla del master en bioconstrucción del IEB facilitada por Petra Jebens- Zirkel, que se pensó que era la más completa y la que más se ajustaba a las necesidades del trabajo.

Con dichas tablas, se estudiaron las características térmicas y la ecología de dos materiales: el polipropileno y el yute.

---

Resumen

El polipropileno es el material que se usa en la construcción del superadobe pero debido que tiene grandes inconvenientes se ha propuesto sustituirlos por el yute.

Una vez analizadas las características térmicas y ecológicas de los dos materiales, se llegó a la conclusión de que el yute es bastante mejor que el polipropileno.



## 2. INTRODUCCIÓN

Como todos sabemos, el sector de la construcción en España ha vivido un momento bastante complejo debido a la crisis.

Este sector juega un papel determinante, tanto por su aportación al crecimiento económico como por los efectos que provoca en cuanto al consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Por ello, y desde mi punto de vista, la construcción se encuentra en una etapa clave, de plena transformación e innovación. Es necesaria la búsqueda de otros caminos y estos han de mirar hacia la edificación ecológica, la sostenibilidad y la rehabilitación con criterios de eficiencia energética.

El 40% de la energía que se consume en Europa está relacionada con el sector de la construcción de edificios y su utilidad posterior. (Luis de Garrido)

Existen unos desafíos importantes que el sector de la construcción debe afrontar, pero para ello hay que incrementar los esfuerzos en investigación e innovación.

Hay que tener mucho cuidado, ya que hoy en día, es posible fabricar un producto con la etiqueta de "ecológico", solo con la finalidad de incentivar un consumo masivo, y la realidad es que es perjudicial para el ecosistema natural.

El ciudadano está preocupado y sensibilizado por los daños medioambientales que se están produciendo debido a la actividad humana. Sin embargo, su desinformación es mucho mayor que su sensibilización, por lo que se convierte en un consumidor dócil de cualquier cosa que se le venda como "sana", "saludable", "ecológica", o "sostenible".

Conocí al superadobe por internet y me pareció algo maravilloso, todo eran ventajas, pero por ciertas recomendaciones y por mi propia experiencia, me di cuenta que a la técnica todavía le quedaban bastantes aspectos por mejorar, y la verdad, me sentí un poco engañada, creo que yo también tuve el problema de la desinformación.

Se dice que el superadobe es una técnica de construcción ecológica, por ello, a lo que se pretende llegar al final de este estudio es a analizar una serie de indicadores o pautas, que nos permitan conocer si realmente esta técnica es todo lo ecológica que podría ser.

Estas son las razones que me han llevado a hacer este trabajo.

"Parece más que evidente que tanto la rehabilitación como la sostenibilidad han venido ya hace tiempo para quedarse...Son elementos sin los cuales se hace difícil entender cómo será el sector de la construcción en los próximos años" (Jaume Domenech, director de BBB-Construmat)

### 3. TERMINOLOGÍA

Debido a la gran diversidad de terminología, se va a estudiar el significado de cada término para analizar y poder concretar de qué se está hablando, ya que muchas veces, se puede llegar a la confusión de conceptos. A veces, se habla de estas palabras como si fuesen sinónimos, y se entremezclan de forma equivocada pero, tal y como se va a explicar a continuación, en algunos casos pueden ser hasta conceptos casi opuestos.

#### 3.1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

- Arquitectura ecológica:

La Arquitectura Ecológica es aquella que programa, proyecta, realiza, utiliza, demuele, recicla y construye edificios sostenibles, que conviven de forma respetuosa en el Medio Natural en el cual se insertan. Tiene el fin de optimizar los recursos y materiales; disminuir al máximo el consumo energético, promover la energía renovable; reducir al máximo los residuos y las emisiones; reducir al máximo el mantenimiento, la funcionalidad y el precio de los edificios; y mejorar la calidad de la vida de sus ocupantes.

En la arquitectura ecológica hay muchos aspectos a considerar antes de empezar a construir:

- el lugar donde se va a construir
- el diseño
- los materiales de construcción
- las fuentes de energía y su eficiencia
- mantenimiento
- demolición

Por tanto se dirá que el objetivo principal de la arquitectura ecológica es reducir el impacto negativo de las construcciones sobre la salud medioambiental y humana, idealmente logrando tener un impacto neutral o positivo, ocupando recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción.

- Desarrollo sostenible:

La degradación del medio natural y las modificaciones climáticas actuales están directamente relacionadas con las actividades humanas.

El concepto de desarrollo sostenible se basa en tres principios:

- el análisis en su totalidad del ciclo de vida de los materiales;

-el desarrollo del uso de materias primas y energías renovables;

-la reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación, y la destrucción o el reciclaje de los residuos.

La comisión Brundtland (Formalmente conocida como la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, cuya misión es unir a los países a lograr el desarrollo sostenible en conjunto, 1987) define el desarrollo sostenible como aquel "que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades".

- Sostenibilidad:

El concepto de sostenibilidad surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo, que puede describirse como una "emergencia planetaria" (Bybee, 1991) y de larga duración (Orr, 2013), como una situación insostenible, fruto de las actividades humanas, que amenaza gravemente el presente y el futuro de la humanidad.

Consiste en mantener unos niveles de bienestar no decrecientes, y distribuidos de manera justa tanto intrageneracional como intergeneracionalmente. (El concepto marco de sostenibilidad: variables de un futuro sostenible". Pedro Linares. U. Pontificia Comillas, 8 de Septiembre de 2012)

Además es la capacidad de permanecer, es decir, la cualidad por la que un elemento, sistema o proceso, se mantiene activo en el transcurso del tiempo.

Sostenibilidad económica: se da cuando la actividad que se mueve hacia la sostenibilidad ambiental y social es financieramente posible y rentable.

Sostenibilidad social: basada en el mantenimiento de la cohesión social y de su habilidad para trabajar en conseguir objetivos comunes.

Sostenibilidad ambiental: compatibilidad entre la actividad considerada y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas, evitando la degradación de las funciones fuente y sumidero.

La sostenibilidad se basa en el equilibrio entre los impactos negativos y positivos que se generan con nuestras acciones. Por tanto, si somos capaces de medir las consecuencias positivas y negativas de una arquitectura, ésta será más sostenible.

-Definición de sostenible según la RAE

1. adj. Que se puede sostener. Opinión, situación sostenible.

2. adj. Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente. Desarrollo, economía sostenible.

"La sostenibilidad no sólo se refiere al ahorro de energía o a la reducción de la huella energética de los edificios. Se trata también del bienestar. El edificio más sostenible no es necesariamente el que menos energía consume. Es el que hace el mejor uso de ella. Puesto que todos los edificios que construimos interfieren con nuestro medio ambiente, debe valer la pena el esfuerzo. Deben aumentar el bienestar de las personas que

## Terminología

trabajan y viven en ellos, y deben enriquecer nuestra cultura. Para crear un edificio verdaderamente sostenible, hay que considerar el contexto del proyecto (cultural, geopolítico, geográfico, climático, topográfico, etc.). En el siglo pasado, creíamos que todos los edificios de todos los rincones del mundo podían construirse de la misma manera. Esto dio lugar a ineficiencias de energía enormes. No podemos seguir permitiéndonos eso." (Stefan Behnisch)

- Construcción sostenible:

Es la construcción que resiste, aguanta y permanece en el tiempo, a nivel económico, social y ambiental.

Lo anterior refleja, en pocas palabras, la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de la construcción sostenible como "una manera de la industria de la construcción de actuar hacia el logro del desarrollo sostenible, tomando en cuenta aspectos medio ambientales, socioeconómicos y culturales. Específicamente, implica cuestiones tales como diseño y administración de edificaciones, construcción y rendimiento de materiales y uso de recursos - todas, dentro de la órbita más amplia del desarrollo y la gestión urbanas".

El término construcción sostenible no abarca solo los edificios propiamente dichos, sino que también cuenta el entorno y la manera como se integran para formar las ciudades. (Análisis de viabilidad de la aplicación de criterios de sostenibilidad en la construcción de edificios. Bárbara Sola Sánchez, Josep Capó Vicedo, Manuel Expósito Langa)

Construcción sostenible es "la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y en el uso eficiente de los recursos" (BSRIA, 1996)

Creación de edificios "que sean eficientes en cuanto al consumo de energía, saludables, cómodos, flexibles en el uso y pensados para tener una larga vida útil" (Norman Foster)

- Materiales sostenibles:

Son materiales y productos de construcción saludables, duraderos, eficientes en cuanto al consumo de recursos, que necesitan escaso mantenimiento y fabricados minimizando el impacto ambiental y maximizando el reciclaje, la reutilización o la recuperación.

- Bio-construcción: (construcción para la vida)

La Bioconstrucción estudia las relaciones holísticas del ser humano con su entorno edificado (COAAT Navarra, mayo 2010) y trata de un modo armónico las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales y estéticos, y la vinculación con el entorno natural o urbano de la vivienda, teniendo en cuenta el clima y la topografía; con el objetivo de lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras. Todo ello conlleva a la necesidad de pensar y analizar, antes de diseñar (Gernot Minke).

Veinticinco reglas básicas de la bioconstrucción (Petra Jebens-Zirkel):

1. Materiales naturales y no adulterados
2. Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas
3. Materiales de baja radioactividad

4. Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas
5. Clima interior. Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos
6. Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva
7. Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor
8. Temperaturas óptimas de las superficies y del aire ambiente
9. Buena calidad del aire ambiente gracias a una renovación natural
10. Calor radiante para la calefacción
11. Alteración mínima del entorno de radiación natural
12. Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión
13. Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos. Medio ambiente, energía y agua
14. Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables
15. Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas
16. Prevención de problemas para el medio ambiente
17. Calidad óptima posible del agua potable
18. Respeto de dimensiones, proporciones y formas armoniosas
19. Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido
20. Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior
21. Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la obra
22. Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos
23. Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas
24. Viviendas y entornos residenciales individuales, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con la vida familiar
25. Ausencia de secuelas sociales negativas

## Terminología

- Edificios energéticamente eficientes:

Suelen ser edificios que pueden funcionar de forma autónoma, o casi. Son construcciones bastante caras ya que requieren la incorporación de placas térmicas y fotovoltaicas, aerogeneradores o geotermia.

“Un edificio energéticamente eficiente es aquel que minimiza el uso de las energías (en particular la energía no renovable), a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la misma” (wikipedia)

- Construcción bioclimática:

Es aquella arquitectura que diseña para aprovechar el clima y las condiciones del entorno con el fin de lograr una situación de máximo confort térmico dentro del edificio, gastando la menor energía posible, gracias a un diseño inteligente.

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. La arquitectura bioclimática está íntimamente ligada a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el medioambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. También tiene impacto en la salubridad de los edificios a través de un mejor confort térmico, el control de los niveles de CO2 en los interiores, una mayor iluminación y la utilización de materiales de construcción no tóxicos avalados por declaraciones ambientales.

Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el costo de construcción puede ser mayor, puede ser rentable, ya que el incremento en el costo inicial puede llegar a amortizarse en el tiempo al disminuirse los costos de operación. (wikipedia)

## 3.2. ANÁLISIS DE TERMINOLOGÍA

Los conceptos de arquitectura ecológica, construcción sostenible y bioconstrucción se entremezclan entre sí de forma equivocada.

La arquitectura ecológica tiene como objetivo principal reducir el impacto negativo de las construcciones sobre la salud medioambiental y humana, durante todo el tiempo de vida de una construcción. Además está muy relacionado con el concepto de cálculo de la huella de carbono.

La bioconstrucción es similar a la arquitectura ecológica, pero toma a la propia naturaleza o técnicas ancestrales como referente en el diseño y maximiza el empleo de los elementos naturales mínimamente procesados. El diseño de edificios tiene en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

La arquitectura ecológica y la bioconstrucción están asociadas a la autoconstrucción y por tanto a viviendas unifamiliares, situadas en el campo, lejos de ciudades. El concepto de construcción sostenible no sólo hace referencia a la construcción en sí, si no que incluye otros aspectos como a la gestión del suelo, por lo que un asentamiento de baja densidad con viviendas unifamiliares aisladas, devoradoras de suelo y de recursos (carreteras, servicios,..) al tiempo que maximiza los traslados y reduce las posibilidades de transporte público, nunca se podrá considerar como sostenible.

Por tanto, la arquitectura ecológica y la bioconstrucción no son siempre construcciones sostenibles.

"Está claro que lo verde no es necesariamente sostenible. Sostenible no es un color. Sostenible es un compromiso bien razonado que se aproxima lo más posible al beneficio arquitectónico y se aleja del impacto negativo. Es un compromiso medido, sopesado. La arquitectura sostenible, más que verde, es concienzudamente detallada, es sensible y toma lo mejor de cada aspecto en el que debe tomarse una decisión" (Enric Vijañe Majem-Envima)

"Los edificios energéticamente eficientes tienen altos costes de construcción y mantenimiento, por lo que a día de hoy se encuentran lejos de los precios de mercado, siendo únicamente accesibles a grandes corporaciones o viviendas unifamiliares de gente adinerada. Por contra, una arquitectura sustentable debe ser una arquitectura económica, sin dispositivos que la encarezcan." (Adolfo Martín Martínez)

## 4. CULTURA, TÉCNICA Y BIOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Creo que durante nuestros estudios de la carrera de Arquitectura o Arquitectura técnica, se debe promover el conocimiento, capacidad y el dominio del diseño sostenible, con la intención de llegar a la comodidad, bienestar, la eficiencia energética...tanto en edificios de obra nueva como en edificios que ya existen y se pueden rehabilitar. Esto se puede lograr aplicando los siguientes principios:

1. El diseño sostenible se tiene que tener como una prioridad en la educación de los futuros arquitectos/as.
2. Las instituciones de enseñanza superior y las profesionales, los educadores, los estudiantes y los profesionales deben estar comprometidos con esta prioridad.
3. La educación y el estudio deben incitar y empujar a los futuros arquitectos/as a tratar en serio y de manera creativa e innovadora los retos del diseño.
4. Los profesores deben animar a realizar un enfoque sostenible del diseño a través de métodos pedagógicos, herramientas y técnicas apropiadas.
5. La educación debe promover la conciencia crítica, la responsabilidad y reflexión de las interdependencias dentro del proceso de diseño.
6. El currículo debe apoyar el discurso investigador entre las distintas disciplinas, equipos y profesiones.
7. Para que toda esta educación sea posible, son necesarios los adecuados recursos humanos, de tiempo y financieros.
8. Los profesores, los estudiantes y los profesionales deben progresar constantemente la base de conocimiento de diseño ambiental sostenible por las investigaciones adecuadas y la práctica del diseño.
9. La base de conocimiento de diseño ambiental sostenible se debe divulgar para que sea fácilmente accesible a los estudiantes, profesores, profesionales y a la gente en general.
10. La formación en arquitectura sostenible debe tener el apoyo total de los organismos de acreditación y normativos.

La valoración cultural de una época se manifiesta sobre todo en el entorno construido: nada refleja mejor el estado cultural de un periodo y un pueblo que el modo en que este pueblo vive y habita en este periodo.

En la realización cultural está el objetivo vital del ser humano. La aspiración cultural y ética da sentido a la existencia humana.

Cultura es cultivar, habitar, cuidar, servir, honrar.

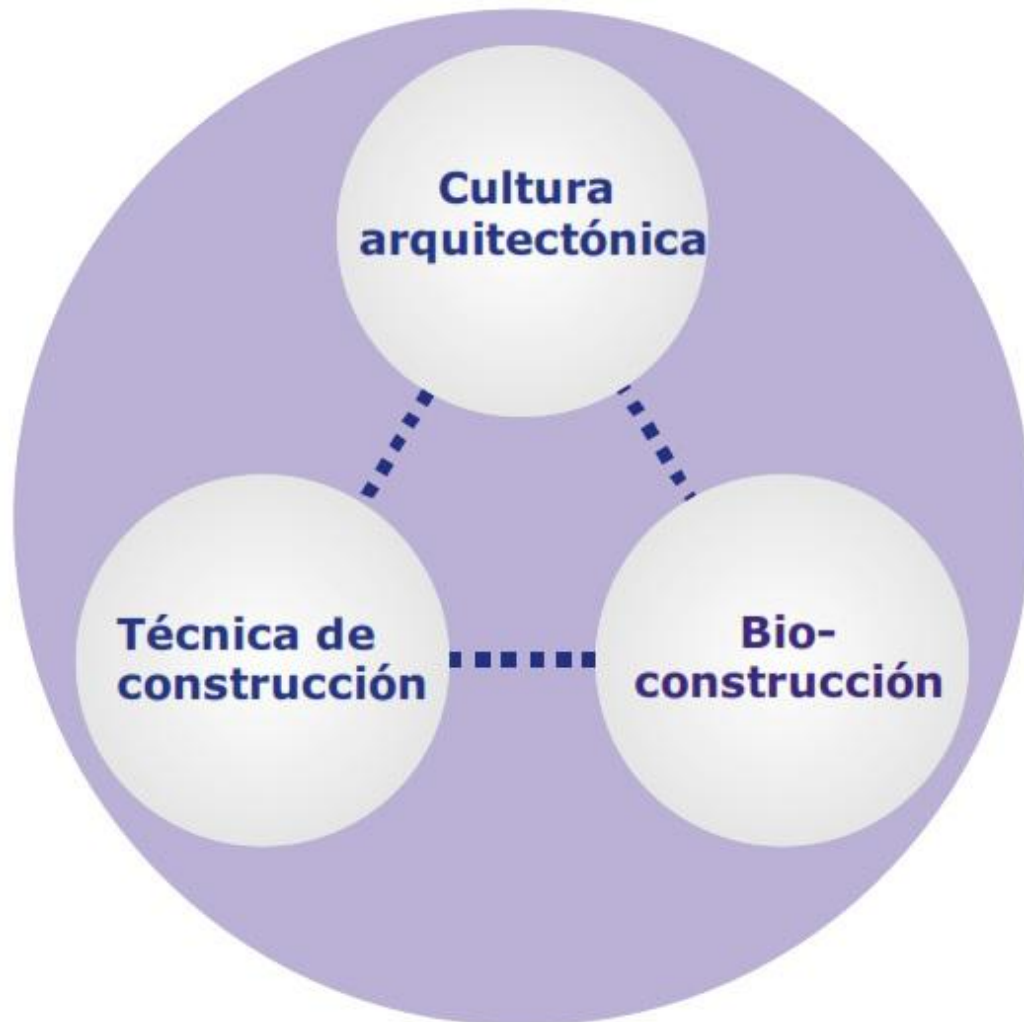


Por cultura se entiende todo lo que ha creado el ser humano con el tiempo en la teoría y en la práctica (religión, ética, política, técnica, industria, arte, ciencia, etc.).

En el equilibrio entre la cultura arquitectónica, la técnica de construcción y la bioconstrucción se halla la globalidad deseable.

La misión profesional, sobre todo de los arquitectos, consiste en crear, más allá de unas técnicas de construcción estrechas de miras y de todo enfoque exclusivamente utilitarista-racionalista, las condiciones propicias para la interacción entre armonía interior y exterior. El arquitecto debe ser al mismo tiempo biólogo, médico, psicólogo, sociólogo, técnico y artista.

El significado del concepto de cultura arquitectónica es difícil de expresar en palabras; las opiniones varían mucho en función de los gustos, de la idea que cada uno tiene del arte y del nivel educativo.



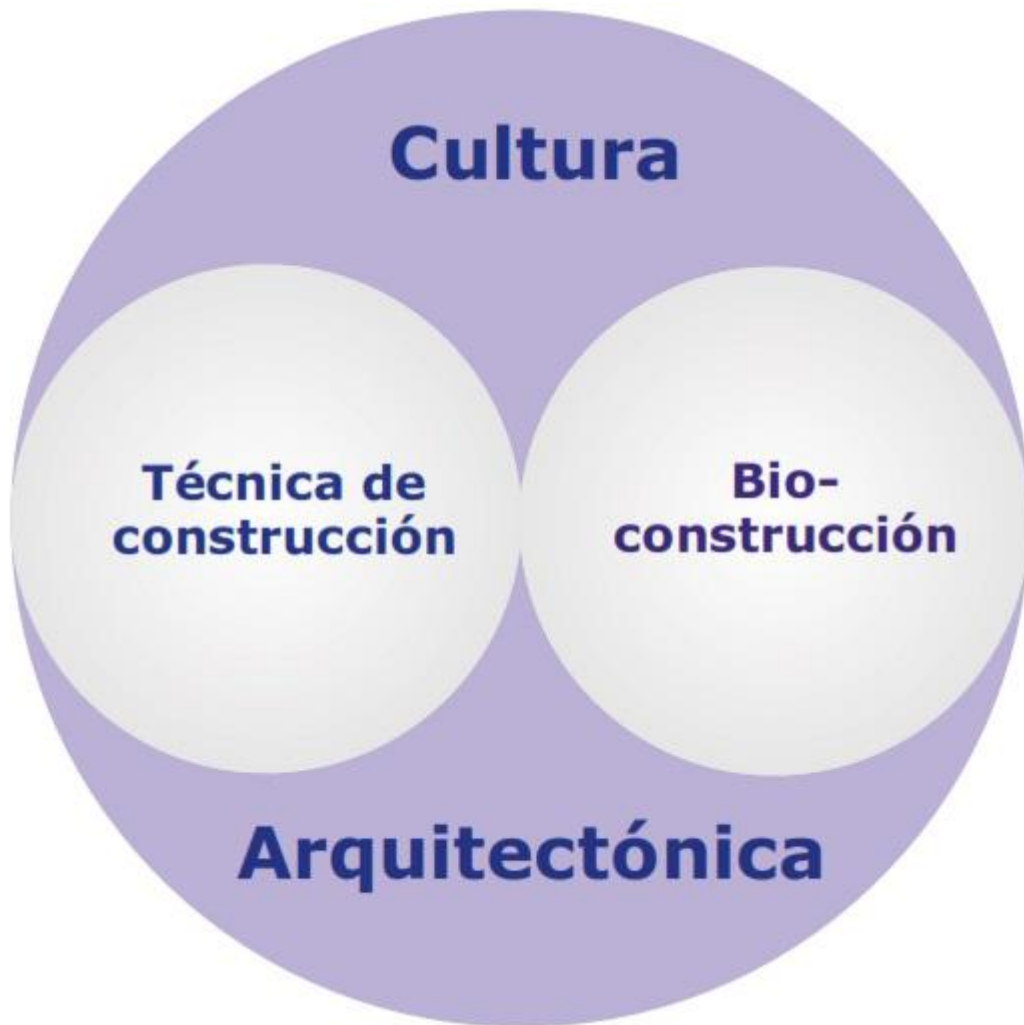


Figura 1: Equilibrio y unidad en el mundo de la construcción. Máster en bioconstrucción IEB-IBN módulo 1: Introducción a la bioconstrucción.

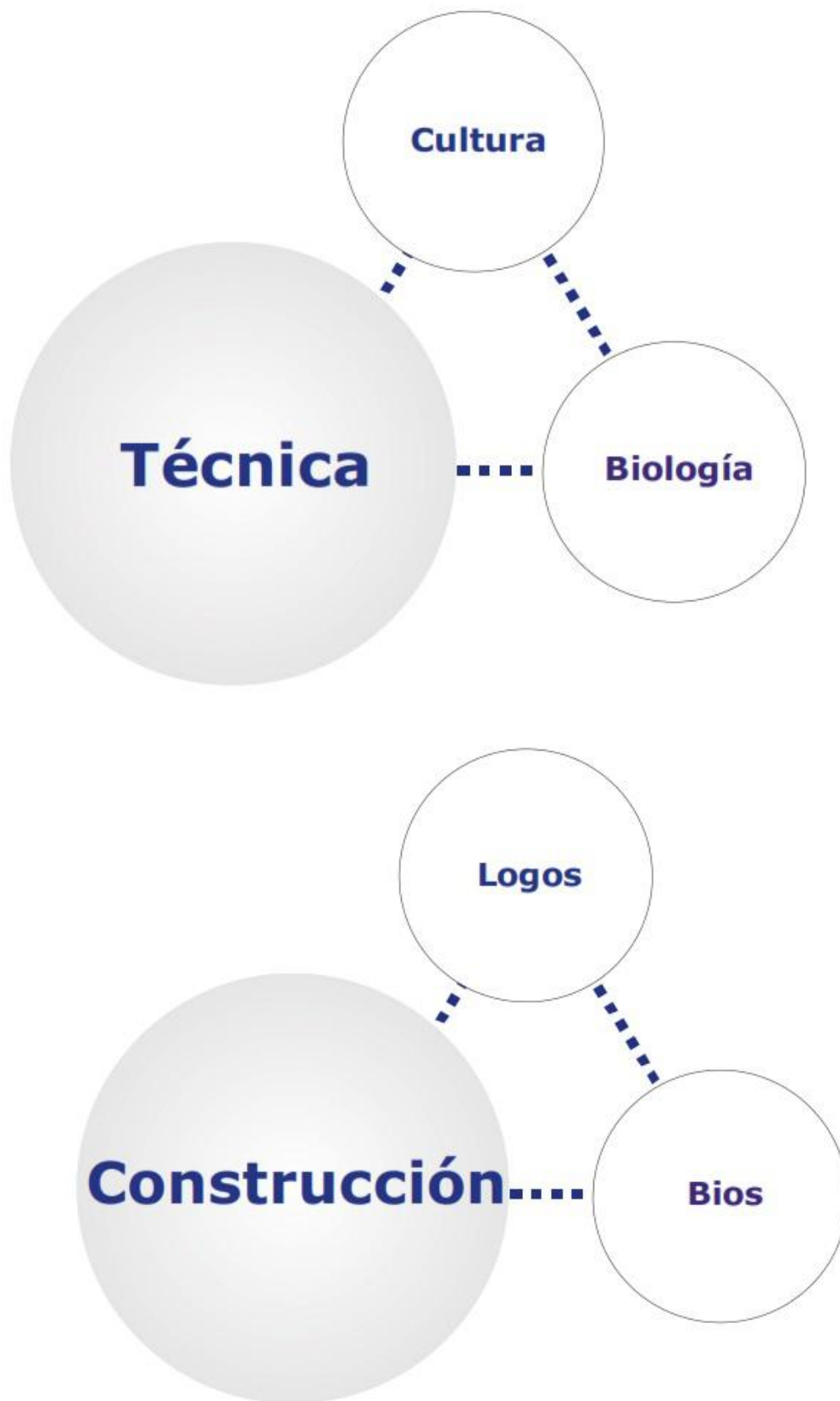


Figura 2: Falta de armonía en la civilización y en el entorno construido Máster en bioconstrucción IEB-IBN módulo 1: Introducción a la bioconstrucción.



Con este planteamiento se puede evaluar desde la crítica cultural cualquier urbanización, cualquier edificio, cualquier vivienda, y al mismo tiempo también desde el punto de vista de la bioconstrucción. Entonces, la arquitectura se convierte en simbiosis de la técnica de construcción, la bioconstrucción y la cultura arquitectónica, que se entrelazan y se complementan formando un conjunto.

En la práctica actual de la construcción y del urbanismo, este triplete de cultura, técnica y biología se ha perdido en la mayoría de los casos. Cuando domina la técnica, la cultura y la biología permanecen en un segundo plano.

No hay nada que objetar contra la técnica, que es parte integrante de toda actividad cultural, siempre que se coordine y se subordine a la naturaleza, la vida y la cultura.

Es la técnica la que ha de adaptarse, también en el ámbito de la vivienda, donde en muchos casos se ha planificado y construido sin tener en cuenta aspectos relacionados con la salud, el bienestar y la dignidad.

La bioconstrucción eleva la cultura arquitectónica a un nivel superior, compatible con la naturaleza.

Una bioconstrucción bien entendida y basada en un enfoque holístico comprende una técnica de construcción humanizada y cumple además las exigencias de la cultura arquitectónica. Sin la bio-logía, la cultura arquitectónica está demasiado sometida a los imperativos de la civilización moderna.

Que nadie espere un cambio rápido, radical y que venga de fuera, en la salida de la profunda crisis actual. Únicamente si todos aquellos que conocen estos problemas y se sienten afectados ponen manos a la obra, siguiendo los principios de la bioconstrucción, se podrá lograr una reorientación hacia la cultura arquitectónica.

Urge crear una formación en bioconstrucción en los centros educativos especializados.

En nuestras manos está la posibilidad de transformar la Tierra en un paraíso.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1. ANTECEDENTES Y CONDICIONANTES DE PARTIDA

El presente proyecto tiene por objeto realizar una intervención en Ateca (Zaragoza).

Dicha intervención pretende definir la nueva construcción de una vivienda unifamiliar.

Ateca es un pequeño pueblo situado en la comunidad de Calatayud, en la provincia de Zaragoza. Tiene una superficie de 84.7 kilómetros cuadrados y cuenta con una población aproximada de 2099 habitantes. Se localiza en la ribera del Río Jalón, justo en la desembocadura del Manubles y del Mesa-Piedra.



Figura 3: Torre de la iglesia de Santa María, *Torre del Reloj* y *Castillo de Ateca*. (Google)

La tradición mudéjar es protagonista, destacando en este aspecto las torres de Santa María y del Reloj. Otras edificaciones que destacan son la iglesia de San Francisco, la Casa Consistorial, el Castillo y la plaza de toros octogonal. El casco urbano tiene traza medieval en muchos casos, aunque sobresale el mudejarismo.



Figura 4: Casa consistorial (Google)



El río Jalón y la nacional II, dividen a Ateca en dos partes: San Martín y el “otro lado”.

La tipología de edificación son casas bajas. Predominan las viviendas aisladas, aunque cada vez se han ido realizando más edificios de viviendas, cuya disposición forma la trayectoria de las calles, escasas, ya que es un pueblo de poca extensión.

Ateca ha destacado en la industria del textil, fábrica que daba trabajo a muchos habitantes del pueblo pero que tuvo que cerrar afectada por la crisis; y en la industria del chocolate, con chocolates Atienza y Valor (La antigua Hueso). Actualmente, se ha instalado la empresa GSS.

La localidad cuenta con el colegio público Virgen de la Peana, el instituto Zaurín y centro de salud.

## 5.2. EMPLAZAMIENTO Y CLIMA

La vivienda se situará en Paseo Aragón, 22, a los pies de la carretera que va de Ateca a Torrijo, ubicada dentro de Ateca, en la provincia de Zaragoza.

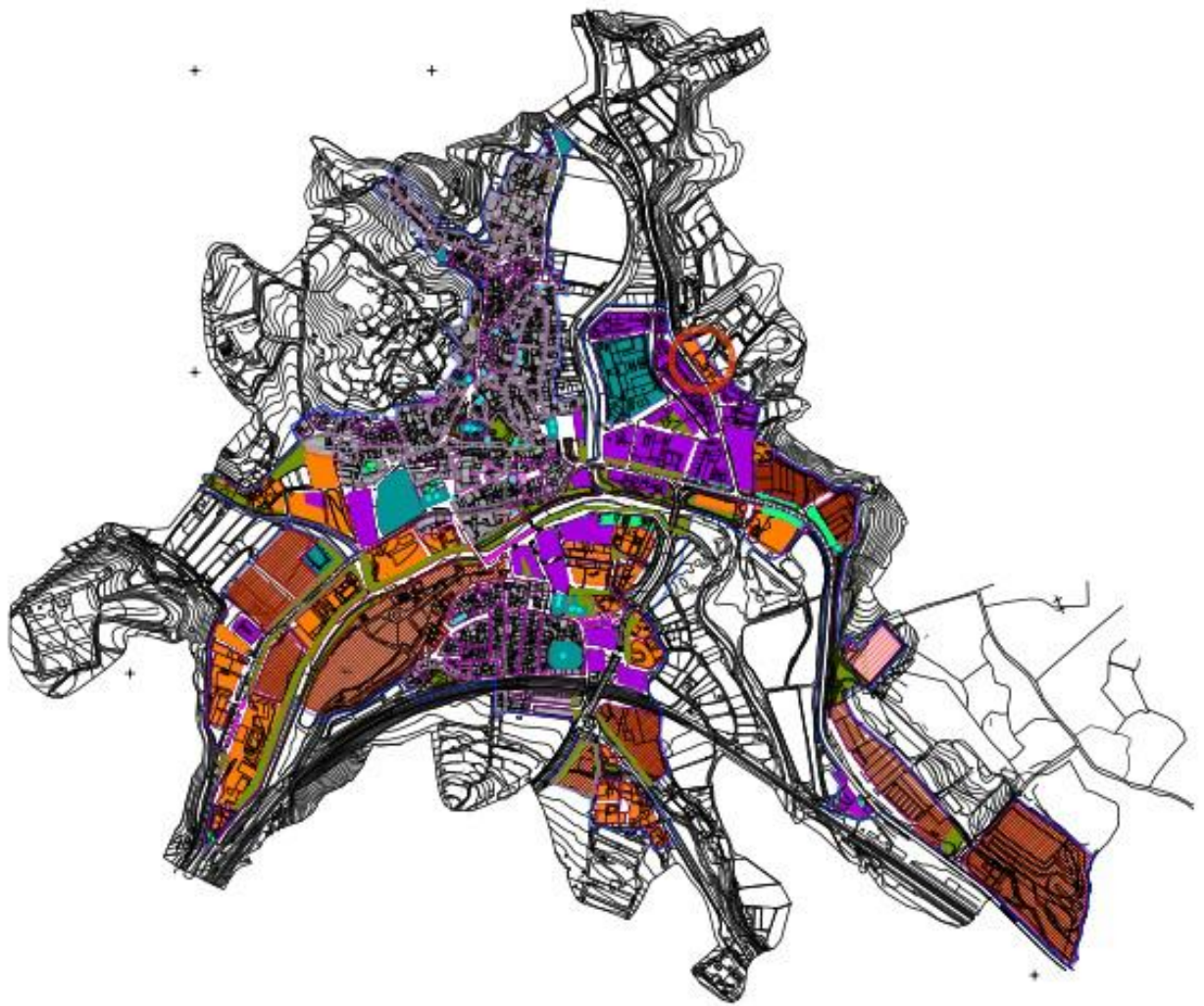


Figura 5: Emplazamiento parcela. (Miguel Ángel Untoria Agustín. Arquitecto Ateca)

Descripción del proyecto

Ateca está situada en el Sistema Ibérico, al sudoeste de la provincia, en la confluencia de los ríos Jalón y Manubles. Se encuentra a 100 km de Zaragoza, 220 de Madrid y a 15 km al sudoeste de Calatayud. Los pueblos de alrededor son Terrer, Bubierca, Moros, Castejón de las Armas y Valtorres.



Figura 6: Plano de situación Madrid- Ateca- Zaragoza. (Google)



Figura 7: Plano de situación con respecto a los pueblos de alrededor. (Google)



Su emplazamiento concreto —a 603 msnm—.

Además de los ríos Jalón y Manubles, el Piedra y el Monegrillo riegan su término municipal.

Temperatura media anual: 13,5°.

Precipitación anual: 380 mm.



Figura 8: Río Jalón y río Manubles. (Google)

## 5.3. DATOS DE LA EDIFICACIÓN

### 5.3.1. Entorno físico

La parcela que ocupará la edificación es de forma irregular. Tiene una superficie de 1061 m<sup>2</sup>. El edificio será aislado y por tanto, tendrá fachadas a los cuatro lados.

La parcela tiene dos alturas. En la zona de la parte de arriba no se puede construir pero abajo el suelo si es urbano.



Figura 9: Parte de arriba de la parcela. No urbana. (Arantza Redondo)

Hay construida una pequeña casa de campo, desde 1990, con 33m<sup>2</sup> y uso almacén.

Descripción del proyecto



Figura 10: Vista desde la puerta de entrada    Figura 11: Vista desde la caseta (Arantza Redondo)

Su referencia catastral es 1664512XL0716S0002XM.

**Datos del Bien Inmueble**

Referencia catastral	1664512XL0716S0002XM	 
Localización	PS ARAGON Suelo 50200 ATECA (ZARAGOZA)	
Clase	Urbano	
Coefficiente de participación	100,000000 %	
Uso	Residencial	
Año construcción local principal	1990	

**Datos de la Finca en la que se integra el Bien Inmueble**

	Localización	PS ARAGON ATECA (ZARAGOZA)
	Superficie construida	33 m <sup>2</sup>
	Superficie suelo	1.061 m <sup>2</sup>
	Tipo Finca	Parcela construida sin división horizontal

(\*) Definición de superficie

¿Cómo se pueden obtener datos protegidos (titularidad y valor catastral) de los inmuebles y certificados telemáticos de los mismos?

Figura 12: Datos catastrales (Portal de la Dirección General del Catastro)

## 5.4. INFRAESTRUCTURAS

El solar donde se ubicará el edificio se encuentra en suelo urbanizado, por tanto dispone de una calzada pavimentada sin acerado por su parte delantera. La parcela dispone de suministro de agua, saneamiento y electricidad.

## 5.5. ANCHO DEL VIAL

El ancho de carretera donde se encuentra el terreno es de 5 metros

## 5.6. URBANIZACIÓN

Situación de la vivienda con respecto al terreno.

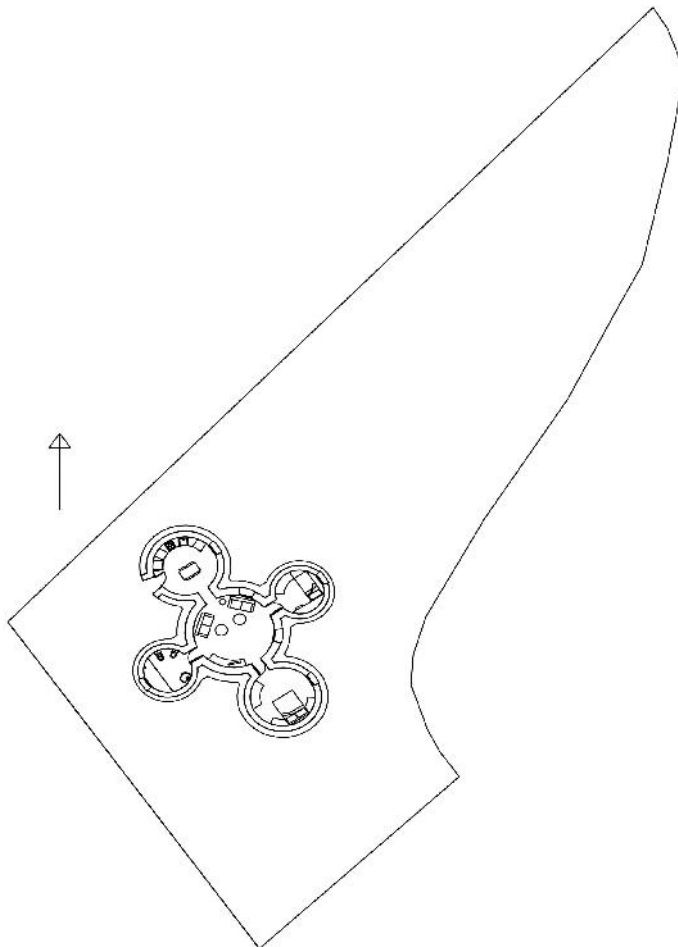


Figura 13: Vivienda de superadobe ubicada en la parcela (Arantza Redondo)

## 6. NORMATIVA

ATECA: MODIFICACION PUNTUAL DE LAS NORMAS SUBSIDIARIAS DE PLANEAMIENTO MUNICIPAL COT 2007/387.

El terreno en el que se va a edificar fue recalificado de urbano acogiéndose a la modificación de las normas subsidiarias de Ateca (Zaragoza), de 2007.

La recalificación se hará de las Parcelas situadas en Paseo de Aragón nº 20 y 24 (Carretera de Moros) actualmente catastralmente urbanas en la totalidad de la parcela para calificar parte de ellas, referencia catastral 1664512XL0716S0001ZX y 1664501XL0716S0002LM.

La edificación es de uso residencial R-3 Grado 2, con un número máximo de CINCO viviendas.

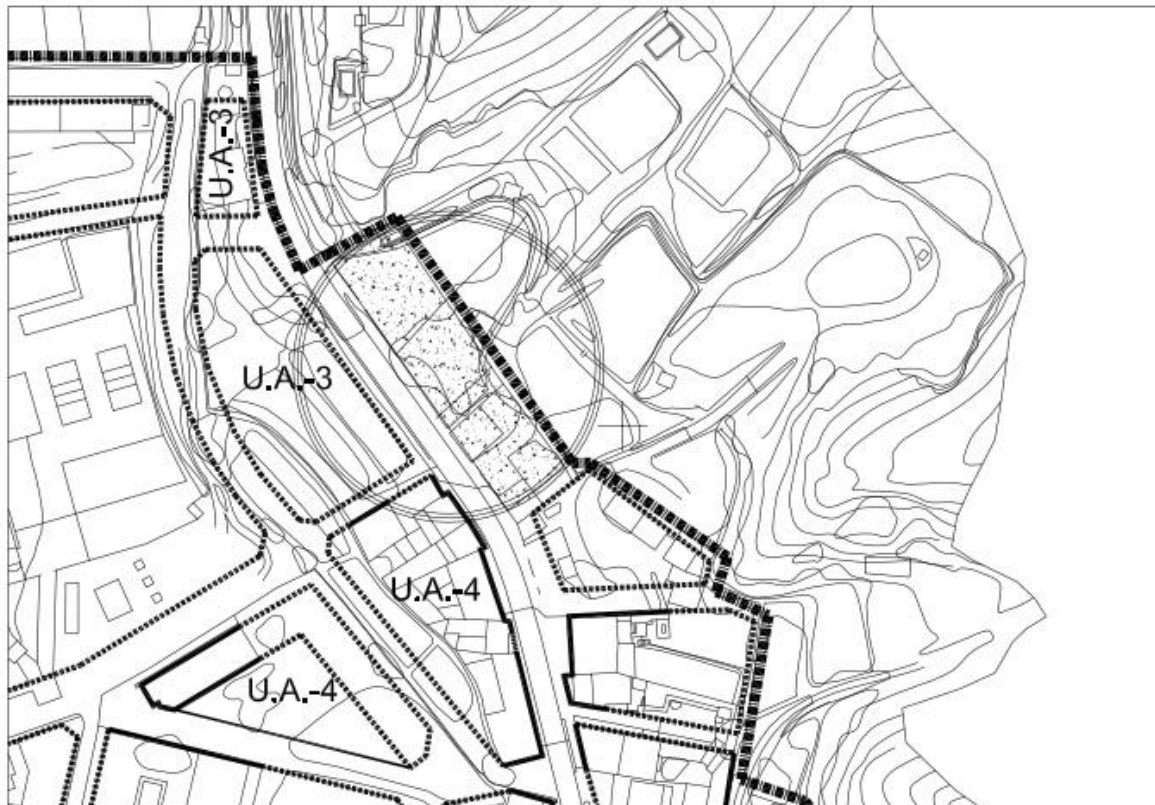
La parcela mínima deberá tener 14,50 m de fachada y 290m<sup>2</sup> de superficie

La edificación será aislada con un retranqueo de 3m a cualquiera de los límites de la parcela sean alineaciones o linderos.

La superficie máxima edificable en planta baja será del 40%.

La edificabilidad máxima, será de 0,675 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

La altura máxima edificable será de 7m y dos plantas (B+1).



**ZONA RESIDENCIAL R-3 G-2 ATECA (ZARAGOZA)**  
**FINCAS PARCIALMENTE AFECTADAS**

	PASEO ARAGON °20	1663213XL0716S0001DX
	PASEO ARAGON °24	1664501XL0716S0002LM

---

<b>TIPO DE SUELO</b>	SUELO RUSTICO
<b>SUPERFICIE PARCELA</b>	870 + 580 = 1450 m <sup>2</sup>
<b>FACHADA</b>	43,50 + 29 m
<b>FONDO</b>	20 m
<b>Nº MAXIMO DE VIVIENDAS</b>	3+2

	43,50	29,00	
20,00	ZONA VERDE PUBLICA		20,00
5,00			
2,50	ACERA		
			ACCESO A FINCA PRIVADA

**NORMAS URBANISTICAS**

**PARCELA MINIMA:** La parcela minima deberá tener 14,5 mts de fachada y 290 m<sup>2</sup> de superficie

**EDIFICABILIDAD:** La edificabilidad maxima sobre parcela será de 0,675 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

**ALTURA MAXIMA:** La altura maxima edificable será de 7 mts y dos plantas (B+1+EC)

---

Se debera ejecutar por parte de los propietarios la conexion de agua y vertido donde indique el Ayuntamiento.

**OBJETIVO DE LA MODIFICACION:**  
 Urbanizar y dotar de acera un tramo de la carretera de Moros.

Figura 14: Normativa para edificar (Miguel Ángel Untoria Agustín. Arquitecto Ateca)

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA

La técnica elegida para este proyecto es el superadobe.

### 7.1. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA. SUPERADOBE

El edificio a construir va a estar basado en la técnica del superadobe.

El superadobe es una técnica que inventó Nader Khalili.

Se basa en el relleno de sacos o tubos de polipropileno con tierra estabilizada, o no, si es posible del lugar. Estos sacos se superponen unos encima de otros, creando hiladas y unidos mediante alambre de púas galvanizado, lo que aporta la resistencia a tracción. Normalmente se crean en forma de cúpulas, por ello también tienen bastante resistencia a compresión.

Se realiza una arquitectura monolítica, siguiendo para todo el proceso el mismo método constructivo. Se crea así una estructura autosuficiente que resiste terremotos, huracanes, inundaciones, incendios... Se sabe que este sistema es resistente a catástrofes naturales ya que se han hecho una serie de pruebas por la ICBO (Conferencia Internacional Oficial de la Construcción), controladas por ingenieros de Inland Engineering Corporation (Corporación de Ingeniería Interna); además de las pruebas realizadas por el instituto Cal-Earth del Arte de la Tierra y Arquitectura en Hesperia, cuyos resultados demostraron que las estructuras no sufrieron deformaciones superficiales. Por otro lado, estructuras de superadobe pasaron dos terremotos medios en más de 6 y 7 grados en la escala de Richter.

Cualquier persona, con mucha paciencia y esfuerzo, puede construir su propio domo de superadobe.

- Ventajas de una casa de superadobe

-Anti-terremotos

-Anti-incendios

-Anti-inundación y huracán

-Inercia térmica

-Anti-balas

-Aislamiento acústico y electromagnético

-Anticarcoma

- Principios básicos generales:

### A.-Resistencia Estructural

El arco y la bóveda son las estructuras y formas más fuertes de la naturaleza, ya que trabajan en armonía con la gravedad, la fricción, la exposición mínima y la compresión simple, sin esfuerzos tangenciales. Su diseño en domo, la robustez de sus muros, así como la calidad y durabilidad de los materiales de construcción empleados (tierra y cal) garantizan la 'eternidad' de estas casas.

### B.-Comportamiento Bioclimático

Estas casas tienen un gran comportamiento térmico, son calurosas en invierno y muy frescas en verano, ya que sus materiales son grandes aislantes. Necesitan muy poca energía para calentarse y prácticamente ninguna para enfriarse.

Habría que estudiar la orientación de la vivienda y la dirección del viento.

### C.-Aislamiento Acústico

Los muros hechos con tierra proporcionan un alto aislamiento acústico.

### D.-Aislamiento Electromagnético

Los muros hechos con tierra también proporcionan un aislamiento electromagnético, permitiendo espacios saludables y limpios de cualquier radiación exterior.

### E.-Durabilidad

No se deterioran por la carcoma u otros xilófagos. Su mantenimiento es mínimo.

### F.-Resistencia a catástrofes naturales

### G.-Modular Ampliable

Se puede realizar la casa a su gusto, con posibles ampliaciones posteriores.

- Pasos a seguir:

### A.-Muestra de terrenos

Para tomar una muestra de terreno tenemos que tomar la tierra a una profundidad de 60-80 cm, para no recoger lodos superficiales ni sustrato vegetal.

Las arenas otorgarán fuerza a nuestra mezcla (gránulos), y las arcillas cohesión.

Una mezcla ideal, que no necesitaría estabilizarse sería:

70%-60% arenas+ 30%-40% arcillas

Hay varios ensayos para comprobar el estado del suelo:

-Composición del suelo

-Índice de contracción

---

Descripción de la solución constructiva

-% estabilizante

-Cimentación en terrenos roturados: Terrenos deficientes, sin cohesión y coherentes

### B.-Estabilizantes

La estabilización del suelo aportará mayor resistencia y durabilidad a la construcción.

Es importante elegir el estabilizador más adecuado en cada caso. Se estabilizará con cal aérea o con cal hidráulica o cemento blanco y Portland, dependiendo del tipo de suelo y la disponibilidad de los materiales. La cal vale para todos los tipos de suelo. Si tenemos un terreno arcilloso (30-40% o más de arcillas) lo estabilizo con cal y si tenemos un terreno arenoso (70-80% de gravas, arenas y limos) lo estabilizo con cal o cemento.

### C.-Reglas de diseño

-Si construimos domos de más de 1,5 metros colocaremos contrafuertes para evitar el colapso.

-Los contrafuertes siempre deben que quedar 46 cm, lo que equivale a 4-5 hiladas por encima del Springline (o punto de surgencia del arco).

-La anchura de los sacos se escoge en función del diámetro del domo. A mayor diámetro, mayor anchura de muros y de sacos.

-A la hora de elegir la anchura de los sacos, hemos de tener en cuenta también que al rellenar y compactar reducen su anchura entre 8-13 cm.

-No debemos usar nunca sacos con una anchura inferior a 30 cm, por ser demasiado estrechos e inoperativos.

-En cada cuadrante del domo solo puede haber una puerta. Si puede añadirse también alguna ventana.

-Entre una puerta y otra ha de haber un mínimo de 1,25 metros (en curva) de separación para que la estructura soporte bien la carga del domo.

### D.-Cimentación y Drenaje

#### 1-Zanja de cimentación:

-Prepararemos una zanja de cimentación de anchura igual a nuestro saco relleno más 5-10 cm por cada lado, para el drenaje lateral del cimientto.

-La profundidad de la zanja medirá la altura de 2-3 sacos rellenos más un mínimo de 15 cm para el drenaje, si este procede.

-La zanja estará nivelada y compactada antes de instalar el drenaje y/o cimientto.

#### 2-Cimientto:



-Construir 2-3 hiladas por debajo del nivel de la tierra, como cimiento, para transmitir las cargas al terreno.

-Debajo del cimiento se colocará un drenaje, con rocas, grava, zahorra o similar, de un mínimo de 15 cm de espesor. El drenaje será más complejo en función de las condiciones de humedad que tenga que soportar la estructura.

-Después de levantar la 2ª hilada de muro y la 1ª de contramuro, se cubrirá la base con una membrana impermeabilizante, para proteger el muro de la humedad por capilaridad.

### 3-Drenajes:

-Podemos evacuar el agua mediante un drenaje bajo nuestros cimientos, evitando embalsamientos y condensaciones de agua debajo de la casa.

-Estudiar el terreno y sus pendientes antes de colocar el drenaje.

### E.-Revestimientos para Superadobe

Hay dos tipos de enfoscados (según se trabaje con cemento o con cal)

-Revoco con cemento (tierra arenosa, cemento y agua)

El revoco se aplicará en dos fases: Fase de regularización y fase de acabado

-Revoco con cal

El revoco se aplicará en dos fases: Fase de regularización y fase de áridos y cal (1º mortero base; 2º mortero intermedio; 3º mortero de acabado)

- Guía de entrenamiento

-Herramientas: saco continuo de polipropileno, tijeras, alambre, palas, cubos, pisones, cizalla, carretillas...

-Preparar la mezcla de cal estabilizada con cal viva, hidráulica o cemento.

-Añadir el agua necesaria

-Situarse la puerta del domo lejos del viento y del agua

-Cavar la zanja de cimentación (40 cm de profundidad y del ancho del saco mas 10 cm)

-Nivelar y compactar la zanja

-Poner grava en el fondo de la zanja

-Colocar el saco en la zanja, cerrar un extremo y comenzar a rellenarlo hacia arriba en forma de columna

-Rellenar con 2-3 cubos de mezcla y sacudir el saco para compactar antes de seguir llenando

Descripción de la solución constructiva

- Colocar el tubo de saco sobre el pie y pantorrilla
- Cerrar la solapa por debajo del saco relleno para cerrarlo
- Compactar el tubo con el pisón, para conseguir un bloque liso, sólido y uniforme.
- Chequear con el compás, por si el saco se ha movido al compactarlo
- Colocar el alambre de espino
- Continuar subiendo hiladas
- Se usarán dos compases para darle forma al domo: Compás central y compás de altura.
- Colocar pre-marco para las puertas y ventanas
- Rellenar y colocar cada pista sobre la anterior moviendo hacia dentro gradualmente las hiladas tal y como te indique el compás de altura y central. Compactar cada pista con una ligera inclinación hacia fuera
- Revocar el exterior del domo
- Impermeabilizar la estructura con materiales locales adecuados para que el domo resista la humedad
- Aplicar capa de revoco grueso y después un revoco fino de cal o cemento.





Figura 15: Curso de superadobe impartido en Monroyo. Teruel. (Arantza Redondo)

- Ejemplos de domos en España

- Restaurante las Cúpulas en Palencia
- Domo en Arañuel (Catellón)
- Domo de Superadobe en Ciudad Real
- Domo en Monroyo (Teruel)



Figura 16: Domo en Arañuel. (Google)



Figura 17: Restaurante Las Cúpulas. Palencia. (Google)



*Figura 18: Domo en Ciudad Real (Google)*

## 7.2. DESCRIPCIÓN DEL DOMO A CONSTRUIR

Serán varios domos adosados, de solo una planta, con un salón, una cocina, dos habitaciones y un baño. El inmueble estará aislado, por lo que sus cerramientos darán al exterior en su totalidad. En el domo central y de mayor superficie se encontrará el salón, y en torno a éste se distribuirán el resto de domos, de menores dimensiones, donde se instalarán los dormitorios, el baño, y la cocina.

	Estancia	Superficie útil	Superficie construida
Domo 1	Salón	19,39 m <sup>2</sup>	
Domo 2	Cocina	13,25 m <sup>2</sup>	
Domo 3	Habitación 1	13,25 m <sup>2</sup>	
Domo 4	Habitación 2	7,74 m <sup>2</sup>	
Domo 5	Baño	7,74 m <sup>2</sup>	
	Total	61,37 m <sup>2</sup>	110,8 m <sup>2</sup>

Figura 19: Cuadro de usos y superficies (Vivienda Superadobe-anexo 3)

	Estancia	Superficie útil	Superficie construida
Habitación 1	Salón	19,54 m <sup>2</sup>	
Habitación 2	Cocina	12,22 m <sup>2</sup>	
Habitación 3	Habitación 1	12,31 m <sup>2</sup>	
Habitación 4	Habitación 2	7,05 m <sup>2</sup>	
Habitación 5	Baño	7,07 m <sup>2</sup>	
Habitación 6	Pasillo	1,99 m <sup>2</sup>	
	Total	60,18 m <sup>2</sup>	72,67 m <sup>2</sup>

Figura 20: Cuadro comparativo de usos y superficies (Vivienda convencional-anexo 3)

Se excavará primero la zanja para la cimentación de unos 40 cm de profundidad y de unos 80 cm de ancho, y se colocará el correspondiente drenaje. Se harán los ensayos necesarios para conseguir la mezcla ideal. Se comenzará a construir el domo central y a partir de ahí los de los laterales. La puerta de entrada a la vivienda se colocará en la cocina. No es lo ideal, pero la distribución te obliga, ya que en el domo central (salón) ya hay cuatro puertas y no es recomendable poner más de una puerta por cuadrante.

Serán estancias bastante luminosas. El domo tendrá la impermeabilización necesaria. Será revocado con cal.

## 7.3. PROBLEMAS DE UNA CASA DE SUPERADOBE

A continuación se va a realizar el análisis de todos los problemas que tiene construir con superadobe. Hoy por hoy, es una técnica que tiene bastantes inconvenientes y por tanto, se le pueden hacer muchas mejoras.

### 7.3.1. Desventajas del sistema constructivo

- Emplazamiento:

Este tipo de construcciones no se pueden edificar en todos los lugares, por ejemplo, no se puede construir un domo en medio de una ciudad. Por su forma, por la limitación en el número de plantas, por la necesidad de tener una parcela y por muchas razones más, los domos solo son aptos para las afueras de los pueblos o para el campo, y por ello, no está al alcance de toda persona, ya que muchas necesitan vivir en la ciudad para trabajar o hacer varios kilómetros cada día para trasladarse. Esto hace plantearse que estas viviendas no son del todo sostenibles.

- Mano de obra:

Es necesaria gran cantidad de mano de obra para realizar un domo. El cribar la tierra, hacer la mezcla en la hormigonera, trasladarla con carretillos y manipular sacos tan pesados, requiere un tiempo excesivo y mucho esfuerzo físico. Si tienes grandes amigos dispuestos a ayudarte poco a poco, está muy bien, pero si tienes que pagar la mano de obra, el aumento del coste es bastante notable.

- Revestimientos:

Los revestimientos son uno de los grandes problemas del superadobe. Se ven gran cantidad de domos con sus paredes agrietadas, o directamente, con su revoco totalmente desprendido. Esto puede ser porque no se ha dejado asentar la construcción el tiempo suficiente antes de revocar, porque se ha usado cal hidráulica en las últimas capas y se ha creado un revestimiento muy rígido, porque el revoco no ha adherido bien al plástico o porque no se ha aplicado correctamente. Hay que mejorar e investigar más sobre este tema.

- Suelos:

Los pavimentos de los domos pueden ser de muchos tipos. Pavimentos de tierra, de madera, de cerámica o incluso de planchas de cal. En cada caso hay que tener en cuenta la impermeabilización del suelo de nuestro Domo con el suelo del terreno para evitar humedades por capilaridad. Los materiales que se utilizan para impermeabilizar, en la mayoría de los casos, normalmente debido a la economía, dejan bastante que desear a la hora de llamarlos ecológicos.

- Condensación e higroscopicidad:

Hay que tener en cuenta en qué época del año construyes la edificación, las excesivas lluvias y la humedad dentro de los sacos puede ser un gran problema, debido a que los sacos de polipropileno no transpiran y por tanto, se pueden llegar a producir condensaciones.

Por higroscopicidad se entiende la capacidad de un material para absorber humedad del aire que lo rodea y de agua presente en forma líquida y devolverla de nuevo regulando de este modo la humedad atmosférica.

El polipropileno tiene un comportamiento regulador de la humedad bastante malo.

Si no hay una buena higroscopicidad se producen condensaciones y la consiguiente formación de moho y daños en la construcción, así como una humidificación permanente de los materiales, derivando en el deterioro de su capacidad aislante y la disminución de temperatura superficial.

Sin embargo, los materiales elegidos para impermeabilizar el suelo, no deben ser higroscóicos si no hidrófugos.

- Andamios:

Los andamios son una problemática, ya que el domo es curvo. Ya se empiezan a idear sistemas de andamios, habría que poner en duda si cumplen normativa en su totalidad, pero la mayoría de construcciones se realizan sin ningún tipo de seguridad. Por ello también habría que investigar y mejorar este tema.

- Grueso de las paredes:

Las paredes son muy gruesas. Es mucha la diferencia de la superficie útil a la superficie construida. Además, es necesario dotar a los domos de más de 1,5 metros de diámetro de un constrafructe alrededor para evitar el colapso. Para las particiones interiores, habrá que buscar otra alternativa, ya que si no la pérdida de superficie útil es demasiada.

### 7.3.2. Desventajas de los materiales

- Tierra:

Es importante realizar un ensayo previo para conocer las características de la tierra de la parcela. Si la tierra no es válida, es necesario transportar y comprar gran cantidad de tierra. Esto encarece y hace menos ecológica la técnica. Si la tierra fuese válida, y se excava en la misma parcela, habrá que tener presente que en medio de ésta va a quedar un enorme hueco.

- Polipropileno:

A continuación, se analizarán varias tablas que puedan dar una idea sobre la ecología de los materiales (Punto 8), y así poder plantearnos qué material usar en nuestro domo. Se puede adelantar que el polipropileno no es el material más adecuado para utilizar en una vivienda ecológica. Se dice que es un material biodegradable con el sol. Si se tapa este plástico con el revoco, el sol no le va a dar, y en caso de que se llegara a biodegradar, habría que estudiar qué tipo de sustancias llegarían a la atmósfera.

La organización pionera y líder en España en difundir, formar y construir la técnica, trae los sacos de polipropileno de China. Evidentemente salen más baratos, pero otra vez hay que poner en duda la ecología.

\*Anexo 2 (medición y presupuesto) y Anexo 3 (planos): Se ha realizado la medición de tres domos tipo de 3, 4 y 5 metros de diámetro con los que después se creará la vivienda tipo. Esta medición se ha hecho para poder ver la cantidad de material que se necesita para construir una estancia de estas dimensiones y la economía necesaria. Si se tiene en cuenta la mano de obra, la diferencia económica con una casa convencional, no es tan notable como se dice, y eso que se ha considerado que la tierra es sacada del mismo terreno, es decir, no ha habido que pagar un transporte, y que no se ha tenido en cuenta el coste de la parcela.

### 7.3.3. Desventajas aplicadas a la vivienda

\*Anexo 3 (planos): Se han construido dos viviendas tipo en Ateca (Zaragoza) para poder compararlas. Una vivienda está hecha con superadobe y la otra con materiales convencionales (sus paredes exteriores miden unos 30 cm).

- Superficie útil y superficie construida:

Tal y como se ha mencionado en las tablas arriba citadas (Figura 19 y 20), la superficie construida, de la vivienda de superadobe, es prácticamente el doble de la superficie útil. La diferencia es muy grande y la pérdida de superficie es notable. Sin embargo, en una vivienda convencional, la diferencia de la superficie útil y construida no es bastante asequible.

Repercusión del suelo: en Ateca ronda más o menos sobre unos 900 €/ m<sup>2</sup>

Vivienda de superadobe: 110,8 m<sup>2</sup> (de superficie construida) x 900 €/ m<sup>2</sup>= 99.720 €

Vivienda convencional: 72,67 m<sup>2</sup> (de superficie construida) x 900 €/ m<sup>2</sup>= 65.403 €

Si comparamos las dos viviendas, con superficie útil prácticamente similar (Figura 18 y 19), pero con bastante diferencia en la superficie construida, se puede ver que la diferencia de precio también es notable.

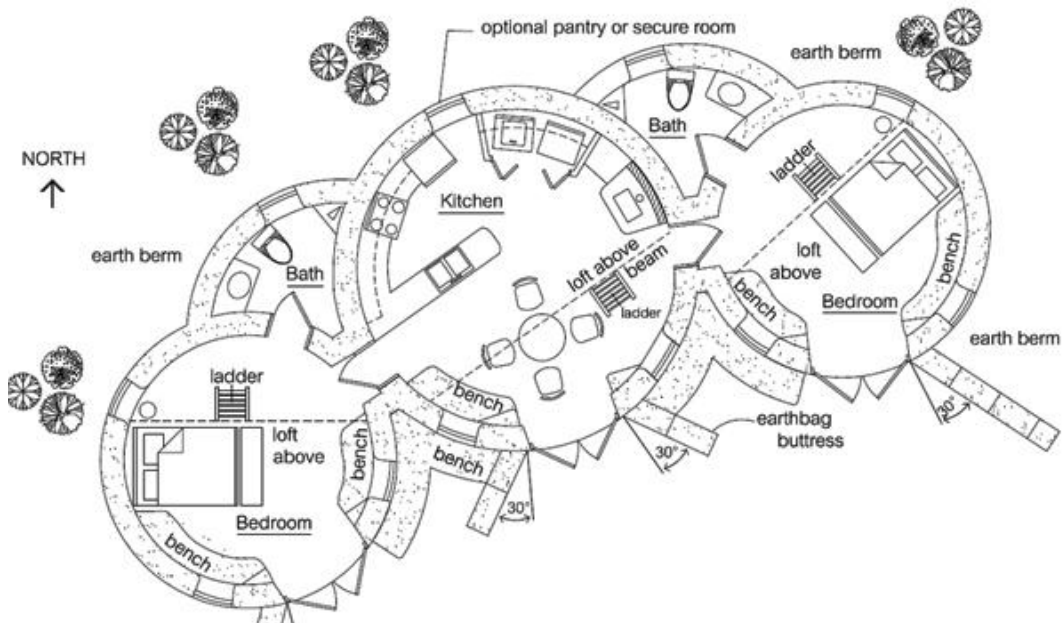


- Adaptación de mobiliario:

Es necesario adaptar el mobiliario a una superficie curva. Hacer los muebles de una cocina redondos o poner un sofá en un salón con las paredes curvas, conlleva a un incremento del coste, ya que no son muebles muy habituales y tendrían que ser realizados a medida, o a tener también una pérdida de superficie útil. En cuanto a la altura pasaría exactamente lo mismo, o el fondo del armario es curvo o hay que separarlo de la pared una distancia notable, dándose las mismas consecuencias.

- Distribución:

Las viviendas realizadas con domos de superadobe no tienen pasillos, esto es un gran inconveniente a la hora de distribuir las estancias. Se ha realizado la vivienda tipo de superadobe de la mejor manera posible (anexo 3), pero aun así tiene grandes inconvenientes, como por ejemplo, la entrada a la vivienda por la cocina, o que todas las estancias den directamente al salón.



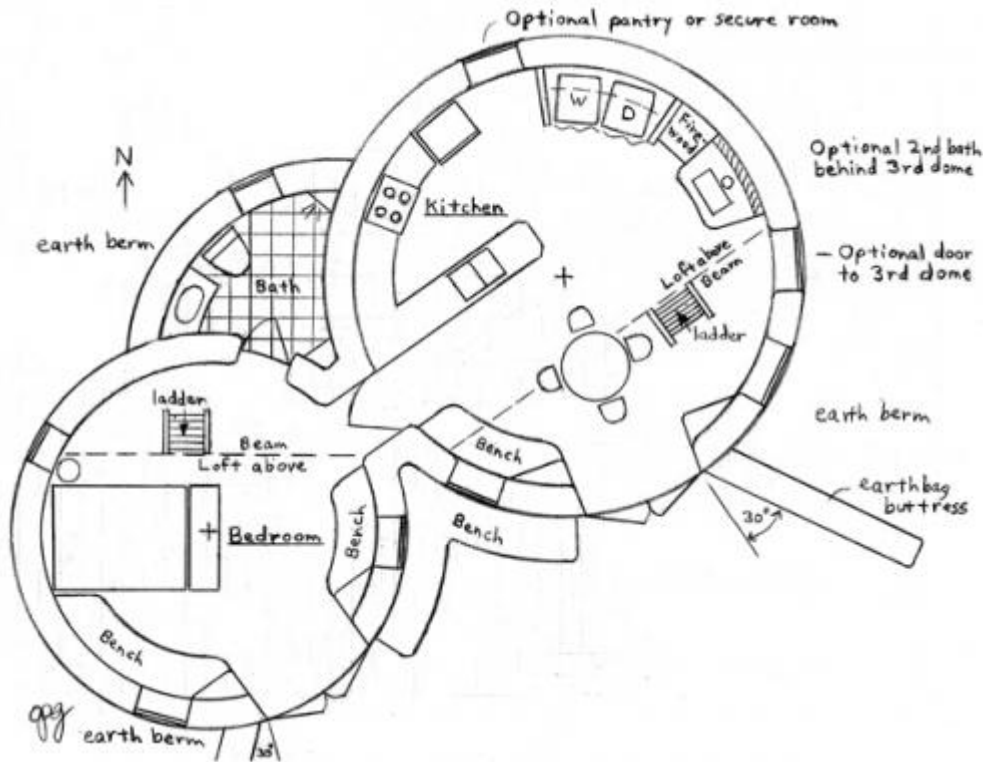


Figura 21: Planos de plantas tipo (Google)

## 8. TABLAS, CUESTIONARIOS Y VALORACIONES

Los alimentos que comemos o el aire que respiramos hacen que nos encontremos bien o mal, ligeros o pesados, sanos o enfermos.

Algo así pasa con los materiales que se encuentran en nuestro entorno, pues todo ayuda de una forma u otra, tanto si lo percibimos con nuestros cinco sentidos atrofiados como si no. Los materiales de construcción y el edificio construido con ellos producen consecuencias.

Hay muchos aspectos que incluso podemos captar subjetiva u objetivamente, como por ejemplo la influencia de los materiales de construcción en:

-el ambiente interior (humedad atmosférica, temperatura de las superficies y del aire, corrientes de aire),

-el electroclima (carga electrostática, campos eléctricos y electromagnéticos, ionización, campos eléctricos y magnéticos continuos),

-las condiciones de luminosidad y color,

-la composición del aire,

-el olor,

-las condiciones de toxicidad,

-las condiciones acústicas,

-los microorganismos.

Por ello, si se tiene en cuenta la consideración holística ya no da lo mismo cómo y con qué materiales se construye un edificio. Las consecuencias son muy variadas y marcan de manera notable nuestro bienestar personal y social.

Cuando en un edificio, "enferma" un material, al final puede ser el conjunto del edificio el que "enferme". (Petra Jebens-Zirkel)

El impacto, que sobre el medio ambiente y la salud humana, producen los materiales de construcción, puede centrarse en cinco aspectos:

- El consumo de recursos naturales. El empleo de la madera puede ser un buen ejemplo de material renovable y abundante.
- El consumo de energía. Los metales y los plásticos consumen gran cantidad de energía en su proceso de fabricación, aunque los primeros presentan unas óptimas características resistentes y los segundos unas propiedades aislantes de interés.
- Las emisiones que generan. Los PVC, abanderados de la industria del cloro, y debido a sus contaminantes emisiones de dioxinas y furanos, son materiales que poco a poco van siendo prohibidos en cada vez más usos, por ejemplo en el suministro de agua para el consumo humano.

- El impacto sobre los ecosistemas. Las maderas tropicales sin ninguna garantía en la gestión de su procedencia, la bauxita procedente de las selvas tropicales para la fabricación del aluminio, las graveras en áreas protegidas de interés para la extracción de áridos.
- Su comportamiento como residuo. Los materiales metálicos para chatarra, la teja cerámica vieja, las vigas de madera de determinada sección pueden ser pequeñas joyas en el derribo para un uso posterior.

Pautas para una selección de materiales sostenibles:

- que tengan larga duración.
- que puedan ajustarse a un determinado modelo.
- que provengan de una justa producción.
- que tengan un precio accesible.
- que sean valorizables.
- que sean no contaminantes.
- que consuman poca energía en su ciclo de vida.
- que en su entorno tengan valor cultural.
- que provengan de fuentes abundantes y renovables.
- que posean un porcentaje de material reciclado.
- que no utilicen materiales de aislamiento que contenga CFC (clorofluorocarburos).

En este apartado del trabajo, se han estudiado numerosas tablas y bases de datos después de una larga búsqueda. De todo el material encontrado, se han elegido seis tablas o bases de datos, las más destacadas en España. Más adelante, se procederá al análisis de estas tablas y se decidirá si nos sirven para nuestro trabajo en concreto o no.

Lo que hacen estas tablas o bases de datos es poner una nota a cada material según una serie de indicadores, o mostrar su emisión de CO<sub>2</sub>. Con ello, lo que se consigue es poder averiguar, por nosotros mismos y no por ningún fabricante cuyo interés sea vender, qué material es más conveniente para nuestro edificio, ecológicamente hablando.

En este trabajo, se centrará la atención en los materiales que intervienen en el superadobe. Se planteará que, quizás, en vez de usar polipropileno para los sacos, es mejor usar yute o raschel, ya que son tejidos naturales. Eso es lo que se quiere llegar a descubrir.

Creo que así podré aportar “mi granito de arena” en la docencia o educación del diseño sostenible y así estaré ayudando a mejorar el medio ambiente.

## 8.1. HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LA ECOLOGÍA DE LOS MATERIALES

### 8.1.1. Simapro

Simapro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRé Consultants, que permite realizar Análisis de Ciclo de Vida (ACV), mediante el uso de bases de datos de inventarios propias y bibliográficas (Ecoinvent, BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM).

Es una herramienta profesional para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos, asociados a una producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, con aplicación al ecodiseño, al desarrollo de ecoetiquetas, al cálculo de huellas de carbono o huellas hídricas, entre otros.

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

MATERIAL	Efecto invernadero <i>Greenhouse</i>	Acidificación <i>Acidification</i>	Contaminación atmosférica <i>Air pollution</i>	Ozono <i>Ozone</i>	Metales pesados <i>Heavy metals</i>	Energía <i>Energy</i>	Residuos sólidos <i>Solid waste</i>
CERÁMICA <i>CERAMIC</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
PIEDRA <i>STONE</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
ACERO <i>STEEL</i>	++	++	+	+++	++	++	+++
ALUMINIO <i>ALUMINUM</i>	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
POLIESTIRENO <i>POLYSTYRENE</i>	++	+	+	++	+	+	++
POLIURETANO <i>POLYURETHANE</i>	+	++	+	+	++	++	+++
PINO <i>PINE</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Figura 22: Tabla que indica el impacto de algunos materiales con Simapro (María José Granizo- Granada)

## 8.1.2. Indicadores de Luis de Garrido

-Biografía de Luis de Garrido: posee una dilatada trayectoria profesional, con más de 20 años de experiencia. En el año 1987 abrió su estudio en Valencia, y en el año 2003 en Barcelona.

Durante estos años Luis de Garrido ha compartido su actividad en tres frentes diferentes: la docencia, la investigación, y la actividad profesional.

Ha impartido clases en 25 universidades de 5 países diferentes, y ha impartido más de 300 conferencias en 25 países.

Ha realizado dos tesis doctorales (arquitectura e informática). Ha escrito 6 libros, y más de 100 artículos. Además, ha construido diferentes prototipos experimentales de vivienda.

Respecto a su actividad profesional, Luis de Garrido ha realizado unos 200 proyectos, de varias tipologías, incluyendo un total de unas 2.000 viviendas, en España y en Colombia.

Lo que hace única la arquitectura de Luis de Garrido es su alto valor ecológico, ya que sigue fielmente con un conjunto de 39 indicadores sostenibles, que el mismo se autoimpuso hace 20 años. De este modo ha conseguido el máximo nivel ecológico que puede conseguirse en una construcción hecha por el hombre, con la tecnología actual.

Los indicadores sostenibles pueden evaluar el grado de sostenibilidad de un determinado edificio, y además, en fase de proyecto, pueden indicar el camino que se debe tomar para lograr una arquitectura sostenible.

Un indicador debe ser fácil de identificar, tiene que tener un carácter muy general, debe poder medir con mucha facilidad y, además, no debe solaparse con otro indicador.

Luis de Garrido da 39 indicadores sostenibles con los que es posible conseguir una verdadera arquitectura sostenible.

### 1. Optimización de recursos. Naturales y artificiales

1.1. Nivel de utilización de recursos naturales

1.2. Nivel de utilización de materiales duraderos

1.3. Nivel de utilización de materiales recuperados

1.4. Capacidad de reutilización de los materiales utilizados

1.5. Nivel de utilización de materiales reutilizables

- 1.6. Capacidad de reparación de los materiales utilizados
- 1.7. Nivel de utilización de materiales reciclados
- 1.8. Capacidad de reciclaje de los materiales utilizados
- 1.9. Nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados
2. Disminución del consumo energético
  - 2.1. Energía consumida en la obtención de materiales
  - 2.2. Energía consumida en el transporte de materiales
  - 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra
  - 2.4. Energía consumida en el proceso de construcción del edificio
  - 2.5. Energía consumida por el edificio a lo largo de su vida útil
  - 2.6. Nivel de adecuación tecnológica para la satisfacción de necesidades humanas
  - 2.7. Eficacia energética del diseño arquitectónico bioclimático
  - 2.8. Nivel de inercia térmica del edificio
  - 2.9. Energía consumida en el proceso de derribo o desmontaje del edificio
3. Fomento de fuentes energéticas naturales
  - 3.1. Nivel de utilización tecnológica a base de energía solar
  - 3.2. Nivel de utilización tecnológica a base de energía geotérmica
  - 3.3. Nivel de utilización tecnológica a base de energías renovables por el ecosistema natural
4. Disminución de residuos y emisiones
  - 4.1. Nivel de residuos y emisiones generadas en la obtención de materiales de construcción
  - 4.2. Nivel de residuos y emisiones generadas en el proceso de construcción
  - 4.3. Nivel de residuos y emisiones generadas en el mantenimiento de los edificios
  - 4.4. Nivel de residuos y emisiones generadas en el derribo de los edificios
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios
  - 5.1. Emisiones perjudiciales para el ecosistema natural
  - 5.2. Emisiones perjudiciales para la salud humana



5.3. Numero de enfermedades de los ocupantes del edificio

5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes del edificio

6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios

6.1. Nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida funcional

6.2. Adecuación funcional de los componentes

6.3. Recursos consumidos por el edificio en su actividad cotidiana

6.4. Energía consumida por el equipamiento tecnológico del edificio

6.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio

6.6. Energía residual consumida por el edificio cuando no está ocupado

6.7. Nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio

6.8. Nivel de necesidad de tratamiento de emisiones y residuos generados por el edificio

6.9. Coste económico en la construcción del edificio

6.10. Entorno social y económico

Luis de Garrido define un sistema sencillo de evaluación numérica para cada indicador:

0: nivel cero

1: nivel muy bajo

2: nivel bajo

3: nivel medio

4: nivel alto

5: nivel muy alto

Con este sencillo sistema cualquier arquitecto puede cuantificar por sí mismo cada indicador, y obtener así un resultado numérico exacto sobre el "nivel de sostenibilidad" de un determinado material, un determinado sistema constructivo, o un edificio completo. Al final se obtendrá una media aritmética ponderada en forma de un valor numérico. Este valor tendrá una escala de "0" a "5", por lo que para obtener una escala decimal (de "0" a "10") simplemente se debe multiplicar por dos el resultado obtenido.



En la tabla siguiente se presenta el “nivel de sostenibilidad” de los materiales habituales en construcción, evaluando cada material con todos los indicadores sostenibles, y haciendo una media.

Esta tabla ha sido elaborada, bajo la dirección de Luis de Garrido, por el grupo de investigación establecido para tal fin, de la Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible (ANAS), y liderado por los arquitectos y Master en Arquitectura sostenible (ANAS): Samuel Ballester Pérez, Alfred Esteller Agustí y Verena Behrens Baumann.

INDICADOR	Optimización de recursos. Naturales y artificiales									Disminución del consumo energético				Disminución de residuos y emisiones		Aumento de la calidad de vida de los ocupantes				Disminución del mantenimiento y coste de los edificios				NOTA		
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.7	2.8	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.7		6.9	6.10
<b>Aslamentos</b>																										
CAÑAMO - ROLLO	5	2	4	2	4	5	1	4	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	4	5	3	4	7,52
CELULOSA - GRANEL	3	2	1	1	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	4	3	7,36
ESPUMA - POLIURETANO	1	2	1	1	4	1	1	4	2	5	4	5	1	1	2	2	1	2	2	3	2	5	4	2	4,72	
FIBRA MADERA PRENSADA	4	2	4	2	3	4	5	5	4	4	3	5	1	4	3	5	4	4	3	4	3	5	3	3	7,36	
FIBRAS TEXTILES	2	2	4	3	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	3	3	7,60
LANA DE OVEJA - ROLLO	5	2	2	3	4	5	1	1	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	5	5	3	4	7,28
LANA DE ROCA	4	3	4	2	3	4	5	5	5	3	4	3	5	1	2	3	5	4	5	2	4	4	5	3	3	7,28
PAJA	5	2	1	2	2	2	1	1	5	5	4	4	5	1	4	5	5	4	4	2	5	2	5	5	4	6,80
PANELES - XPS LIBRE DE CO2	1	3	4	1	4	4	1	1	4	2	5	3	4	1	2	3	5	5	5	2	2	4	5	3	3	6,16
<b>Cerámicos</b>																										
AZULEJO	3	5	1	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	4	2	1	5,44
BALDOSA HIDRAULICA	4	4	3	4	3	1	2	3	4	4	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	5	4	2	2	6,88
BLOQUES CERÁMICOS	4	5	2	2	2	1	2	1	3	5	2	3	4	4	1	3	5	5	5	3	1	5	5	3	2	6,24
LADRILLO CERÁMICO COCCIÓN BAJA Tº	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	3	4	3	4	6,40
LADRILLO CERÁMICO HUECO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	2	3	4	3	1	2	5	5	5	3	1	3	5	4	3	5,92
LADRILLO CERÁMICO MACIZO	4	5	2	2	2	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	4	5	2	2	6,08
LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	3	5	2	2	5,84
LADRILLO CERÁMICO VITRIFICADO	3	5	1	2	1	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	5	2	2	5,44
LOSETA CERÁMICA CON ANCLAJE	3	5	1	4	5	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	4	5	5	5	4	1	5	4	3	2	6,32
LOSETAS BARRO COCCIÓN BAJA Tº	4	5	1	4	1	1	2	2	4	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	4	2	5	4	3	3	6,72
LOSETAS CERÁMICAS (PORCELÁNICO)	3	5	1	2	1	1	2	1	2	4	3	3	3	3	1	2	5	5	5	5	1	3	4	2	1	5,44
LOSETAS CERÁMICAS DOBLE COCCIÓN	4	5	1	2	1	1	2	1	3	4	3	3	4	3	1	2	5	5	5	5	1	2	4	2	1	5,60
MOSAICO CERÁMICO	3	5	3	4	2	1	2	1	3	4	3	2	3	3	1	3	5	5	5	5	1	2	4	2	3	6,00
TRENCADIS	3	5	4	2	2	1	2	1	5	5	3	2	5	3	3	3	5	5	5	4	1	2	4	2	2	6,32
<b>Hormigones</b>																										
BLOQUE DE HORMIGÓN	3	5	1	1	1	1	2	1	4	5	2	3	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	3	6,64
HORMIGÓN ARMADO IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	5	3	3	5	5	5	4	4	3	4	3	3	6,16
H.A. ALIGERADO (ARCILLA EXPANDIDA) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. ALIGERADO (AIRE) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. PREFABRICADO	2	4	1	4	5	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	7,44
H.A. PREFABRICADO ALIGERADO	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO ARCILLA EXPANDIDA	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO CON FIBRAS	2	4	1	5	5	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	4	4	5	5	5	4	2	2	7,28
HORMIGÓN EN MASA	3	5	1	1	1	3	3	1	4	5	2	2	5	5	4	4	5	5	5	4	4	2	5	3	3	6,80
<b>Imperm.</b>																										
BETÓN	3	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	3	4	1	3	3	2	3	4	2	3	2	2	5	4	5,36
LÁMINA ASFÁLTICA	3	3	1	1	2	4	1	1	4	2	3	3	4	1	3	3	4	4	4	2	3	4	3	4	3	5,60
LÁMINA DE CAUCHO NATURAL	5	4	1	1	3	3	4	4	4	3	3	3	5	1	4	3	5	5	5	3	4	5	3	3	3	6,96
<b>Maderas</b>																										
MADERA LIGERA	5	4	2	4	3	4	1	3	3	5	4	3	5	3	4	4	5	5	5	4	5	3	3	3	3	7,44
MADERA PESADA	5	4	2	5	4	4	1	3	3	5	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	2	3	7,84
MADERA TERMOTRATADA	5	5	2	4	4	3	1	3	3	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	7,68
<b>Metalles</b>																										
ACERO	2	3	3	5	5	4	5	5	5	2	3	3	4	2	2	2	4	5	5	4	4	5	3	2	2	7,36
ACERO CORTEN	2	4	2	5	5	4	5	4	5	2	3	3	4	2	2	5	3	4	5	4	4	2	4	2	2	6,96
ACERO GALVANIZADO	2	3	2	2	3	3	5	3	5	2	3	3	4	2	1	5	5	5	5	3	3	4	4	3	2	6,56
ACERO INOXIDABLE A	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ACERO INOXIDABLE B	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ALUMINIO	2	2	2	2	2	2	3	5	1	4	3	3	1	1	1	4	5	4	5	4	3	1	3	3	2	5,52
COBRE	3	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	4	2	2	3	3	4	4	3	3	1	3	1	3	6,32
ZINC	2	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	2	2	2	3	4	4	4	3	4	1	3	2	3	6,40
<b>Paneles madera</b>																										
PANELES CEMENTO - MADERA	4	3	3	4	4	4	3	2	3	3	4	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	2	7,36
PANELES CONTRACHAPADO DE MADERA	3	3	2	3	4	4	2	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	3	3	3	3	6,56
PANELES FIBRA MADERA CON RESINAS	3	3	3	4	4	4	4	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	2	2	6,48
PANELES FIBRAS MADERA. ALTA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES FIBRAS MADERA. BAJA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,04
PANELES FIBRAS MADERA. MEDIA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES YESO - MADERA	4	3	2	2	2	4	3	2	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	5	4	4	3	3	3	2	6,56
<b>Pétreos</b>																										
ADOBE	5	2	2	1	1	2	5	2	4	5	4	2	4	4	5	5	5	5	5	1	1	2	2	5	3	6,56
GRAVA	5	5	1	3	4	1	1	1	4	4	3	3	4	3	4	5	5	5	5	5	4	3	2	5	4	7,04
PIEDRA NO LABORADA	5	5	1	4	4	3	1	1	5	5	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	4	3	5	2	4	7,68
YESO	4	3	1	1	1	5	1	1	4	3	3	3	4	1	3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	3	6,24
<b>Pinturas</b>																										
PINTURA A LA CAL	4	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	6,08
PINTURA A LOS SILICATOS	4	3	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	5,76
PINTURA ORGÁNICA	3	2	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	2	2	5	3	5	4	1	4	1	3	3	5,04
PINTURA PLÁSTICA	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	3	1	4	4	1	1	1	5	2	4,00
PINTURA PLÁSTICA AL AGUA	2	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	4	2	5	4	1	2	1	5	2	4,40
<b>Plásticos</b>																										
MELAMINA	2	4	1	1	1	3	1	1																		

	NOTA REAL
1 H.A. PREFABRICADO	7,48
2 PIEDRA NO LABORADA	7,39
3 VIDRIO	7,37
4 MADERA PESADA	7,32
5 MADERA TERMOTRATADA	7,15
6 H.A. PREFABRICADO CON FIBRAS	7,14
7 CAÑAMO - ROLLO	6,95
8 LANA DE OVEJA - ROLLO	6,91
9 H.A. PREFABRICADO ALIGERADO	6,88
10 H.A. PREFABRICADO ARCILLA EXPANDIDA	6,88
11 VIDRIO TEMPLADO	6,83
12 PANELES CEMENTO - MADERA	6,80
13 FIBRAS TEXTILES	6,79
14 MADERA LIGERA	6,78
15 ACERO	6,74
16 GRAVA	6,67
17 CELULOSA - GRANEL	6,65
18 ACERO INOXIDABLE A	6,59
19 ACERO INOXIDABLE B	6,59
20 LANA DE ROCA	6,35
21 HORMIGÓN EN MASA	6,31
22 POLIPROPILENO	6,28
23 BLOQUE DE HORMIGÓN	6,27
24 FIBRA MADERA PENSADA	6,25
25 LÁMINA DE CAUCHO NATURAL	6,17
26 PANELES FIBRAS MADERA. ALTA DENSIDAD	6,16
27 PANELES FIBRAS MADERA. MEDIA DENSIDAD	6,16
28 PAJA	6,16
29 POLICARBONATO	6,13
30 ACERO CORTEN	6,13
31 POLIETILENO	5,97
32 ACERO GALVANIZADO	5,86
33 LOSETA CERÁMICA CON ANCLAJE	5,81
34 LOSETAS BARRO COCIDO BAJA Tª	5,81
35 HORMIGÓN ARMADO IN SITU	5,76
36 PVC	5,76
37 PANELES FIBRAS MADERA. BAJA DENSIDAD	5,75
38 METACRILATO	5,74
39 BALDOSA HIDRÁULICA	5,74
40 PANELES CONTRACHAPADO DE MADERA	5,67
41 PANELES - XPS LIBRE DE CO2	5,61
42 YESO	5,58
43 BLOQUES CERÁMICOS	5,48
44 ADOBE	5,45
45 PANELES YESO - MADERA	5,41
46 PANELES FIBRA MADERA CON RESINAS	5,39
47 LADRILLO CERÁMICO COCIDO BAJA Tª	5,32
48 H.A. ALIGERADO (ARCILLA EXPANDIDA) IN SITU	5,31
49 H.A. ALIGERADO (AIRE) IN SITU	5,31
50 ZINC	5,11
51 LADRILLO CERÁMICO HUECO	5,04
52 PINTURA A LA CAL	4,98
53 TRENCADIS	4,97
54 LADRILLO CERÁMICO MACIZO	4,95
55 LÁMINA ASFÁLTICA	4,92
56 LASUR	4,91
57 MOSAICO CERÁMICO	4,86
58 COBRE	4,66
59 LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	4,60
60 PINTURA A LOS SILICATOS	4,53
61 BETÓN	4,30
62 LADRILLO CERÁMICO VITRIFICADO	4,21
63 ALUMINIO	4,19
64 AZULEJO	4,13
65 LOSETAS CERÁMICAS (PORCELÁNICO)	4,06
66 LOSETAS CERÁMICAS DOBLE COCCIÓN	4,00
67 MELAMINA	3,92
68 PINTURA ORGÁNICA	3,31
69 ESPUMA - POLIURETANO	3,20
70 BARNIZ AL AGUA	2,47
71 PINTURA PLÁSTICA AL AGUA	2,42
72 BARNIZ	2,15
73 LACAS HIERRO	2,08
74 PINTURA PLÁSTICA	1,85
75 BARNIZ MARINO	1,80

Figura 23: Tablas indicadores Luis de Garrido. Arquitectura y salud. (Metodología de diseño para lograr una arquitectura saludable y ecológica, de Luis de Garrido)

### 8.1.3. Base de datos de ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción)

El ITEC es una fundación privada al servicio de la sociedad que trabaja en el ámbito del sector de la construcción.

Objetivos:

-Generación y la transferencia de información y conocimiento y la prestación de servicios tecnológicos para la mejora de la competitividad de los agentes del sector de la construcción: entidades, empresas y profesionales.

-Institución de referencia en materias de formación, innovación y sostenibilidad aplicadas al sector de la construcción.

-Ser una herramienta para la mejora continua de los profesionales del sector de la construcción que refuerce su posición en el mundo.

-Ser una voz cualificada del sector de la construcción en materia de conocimiento e innovación con especial incidencia en Europa y América Latina.

-Ser una entidad de referencia en el ámbito de la evaluación técnica y certificación de productos y sistemas innovadores, y de la calidad de las empresas.

-Ser una entidad promotora de la colaboración interdisciplinar de los diferentes agentes del sector poniendo la pericia propia de cada uno de ellos al servicio de la calidad del producto construido.

BEDEC 2015 es un conjunto de bases de datos con información de productos de la construcción que ofrece información de precios, pliegos de condiciones, características técnicas, empresas, certificaciones, imágenes de productos y datos medioambientales.

El banco BEDEC del ITeC, banco estructurado de datos de elementos constructivos, es el banco paramétrico que contiene 750.000 elementos de obra nueva y mantenimiento de edificación, urbanización, ingeniería civil, rehabilitación y restauración, seguridad y salud, ensayos de control y gastos indirectos, con precios de referencia para todas las provincias y CCAA, 5.000 pliegos de condiciones técnicas, la integración de los productos comerciales de 89 empresas y datos medioambientales (residuos de obra y de embalaje, coste energético, emisión de CO<sub>2</sub>, % materia prima y % material reciclado). También contiene un directorio de normativa vigente y un directorio de 2.970 empresas, con su red comercial y 5.500 productos comerciales con sus certificados, características e imágenes.

Con los precios del banco BEDEC, una vez añadidos los gastos indirectos, se obtiene el PEM (Presupuesto de ejecución material). Por tanto, no incluyen los gastos generales de empresa (del 13% al 17% para obras oficiales), el beneficio industrial (6% para obras oficiales), ni el IVA.

\*Descubrí la existencia de la base de datos del ITEC gracias a José Antonio Turégano. Él me puso en contacto con Eva Roldán Saso (ganadora del premio Zaragoza Sostenible 2013) y me informó de ésta.

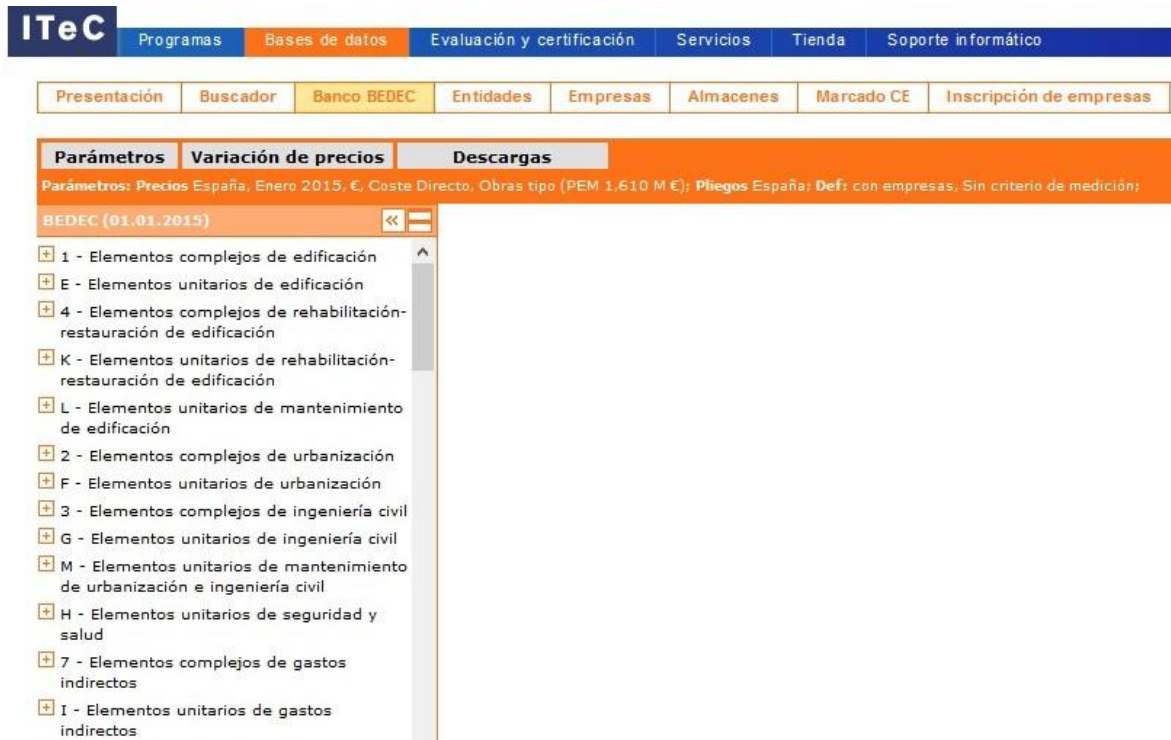


Figura 24: Base de datos ITEC (Google)

### 8.1.4. Ecómetro

Es una herramienta de código abierto para la medición y lectura transversal de la ecología en el proceso de diseño, construcción y uso de los edificios, que cuantifica tanto los impactos sobre la Tierra, como sobre los ecosistemas y la salud humana. Utiliza el lenguaje del análisis de ciclo de vida.

Se presenta en una forma digital, un programa (Open Source) a través de un website que mide el impacto medioambiental de un edificio. Es similar a la declaración ambiental de un producto pero de un edificio.

Mide y comunica los resultados de los impactos para poder actuar y corregir resultados en la fase de un proyecto de arquitectura.

El análisis de la ecología medioambiental que propone se fundamenta sobre cinco ejes que condicionan el impacto de un edificio sobre el entorno y las personas que lo habitan. Son cinco categorías diferentes, donde se agrupan indicadores similares por familias relacionadas con un criterio principal, diseño, material, energía, agua o entorno. Esto permite poder interpretar los resultados desde distintas perspectivas en un proceso

complejo y sistémico donde todo tiene cierta relación, como es el ciclo de vida la construcción de un edificio.

LUGAR: Relación con el entorno

MATERIALES: Bioconstrucción

DISEÑO: Bioclimática

AGUA: Gestión del agua

ENERGÍA: Gestión de la energía

## ecómetro

Has iniciado sesión como **arantza** / [abandonar sesión](#) | [Ir a página de usuario](#)

**Pasos a seguir:**

1. Datos básicos
2. Mapa de aproximación
3. Datos sobre el proyecto
4. Análisis del ciclo de vida
5. Resultado final

**Menú principal del segundo paso:**

**Datos básicos del proyecto.**

**domo superadobe**

Fecha del proyecto	Proyecto
Lugar	ateca
Latitud	41.3411754
Longitud	-1.8006424
Uso general	Vivienda
Tipo de proyecto	Nueva construcción
Breve descripción	vivienda de superadobe con un salon-cocina, dos habitaciones y dos baños
Nº ocupantes	3
Superficie de parcela	1.061,00
Superficie ocupada	1.061,00
Superficie	120,00

**Matriz de fichas para Mapa de aproximación.**

Ficha sin empezar  
 Ficha incompleta  
 Ficha completa

<b>mp1</b> Compacidad y complejidad.	<b>mp2</b> Valor del suelo. Ocupación y riesgos.	<b>mp3</b> Valor del suelo. Permeabilidad y gestión de escorrentías.	<b>mp4</b> Valor del suelo. Ecosistemas.	<b>mp5</b> Clima local y efecto isla de calor.
<b>mp6</b> Caídas del aire exterior.	<b>mp7</b> Ambiente local. Ruido exterior. Luz.	<b>mp8</b> Radiación no ionizante. Campos electromagnéticos.	<b>mp9</b> Radiación ionizante.	<b>mp10</b> Redes locales. Movilidad. Dotaciones y acceso al transporte público.
<b>mp11</b> Redes locales. Energía.	<b>mp12</b> Redes locales. Agua.	<b>mp13</b> Redes locales. Recursos.	<b>mp14</b> Redes locales. Gestión de residuos en uso.	<b>mp15</b> Redes locales. RCT
<b>mp16</b> Cargas existentes. Energía y agua.				

Figura 25: Ecómetro (Google)

### 8.1.5. Tabla Javier de Mena

Javier de Mena es un Arquitecto y asesor energético especialista en rehabilitación energética y arquitectura bioclimática. Experto en simulación energética, infografía, diseño y presentación multimedia. Máster en Arquitectura y Urbanismo Sostenibles.

Material (1m <sup>2</sup> )	Espesor	Peso	Conductividad	Ahorro energía	Coste energía	Balance ahorro/coste	Residuos	Emisión de CO2	Precio
	mm	Kg	W/m.K	MJ	MJ	MJ	Kg	Kg	€
Lana de Vidrio	100 (190)	2,55	0,035	14369	96	150	0,09	3,75	6,20
Aglomerado de Corcho	100	11,00	0,045	4993	43	116	1,39	2,64	16,25
Lana de Roca	100 (90)	12,05	0,037	14239	149	95	0,06	17,04	14,84
Perlita expandida	100	15,00	0,05	4494	68	66	0,16	2,10	18,00
Fibra de Algodón	100	2,5	0,039	5761	93,5	61,5	0,12	3,64	-
Espuma de Poliuretano	100	10,00	0,023	21865	384	57	0,09	103,32	17,81
Lana de Cáñamo	100	3,10	0,042	5350	100	53,5	0,02	5,45	-
Panel de Celulosa	100 (30)	23,00	0,039	5761	126	46	0,27	1,29	(25,70)
Poliestireno Expandido	100	1,00	0,046	4885	117	42	0,15	17,27	12,51
Poliestireno Extruido	100	3,00	0,036	14634	351	41,5	0,15	51,81	11,62
Placa de Lino	100	3,10	0,040	5617,5	152	37	0,01	3,05	-
Fibras de madera+EPS	100	0,40	0,06	3745	646	10	0,15	31,5	-

Figura 26: Tabla comparativa para el análisis de la sostenibilidad de diferentes materiales aislantes. Javier de Mena. Mimbrea (Google)

### 8.1.6. Tabla del master en bioconstrucción del IEB facilitada por Petra Jebens- Zirkel.

Son 4 las personas que están al frente del instituto español de Baubiologie. Son un equipo multidisciplinar, que llevan trabajando en Bioconstrucción desde hace más de dos décadas.

Su principal objetivo es la difusión de los principios de la Bioconstrucción, a través de la información a la sociedad de los peligros de algunos materiales de nuestro entorno, así como el planteamiento de propuestas para un hábitat sano y natural que las distintas posibilidades de la Bioconstrucción ofrecen. Les preocupa la actual situación de profundo desequilibrio social y económico, y quieren aportar una visión holística e integradora a nuestra manera de construir y habitar edificios, así como poner en práctica la autosuficiencia, la eficiencia energética, el cuidado de la salud en la arquitectura y la belleza de los edificios, con el máximo respeto por su entorno natural.

Las personas que integran el IEB son:

Autor: Arantza Redondo Hernández



-Petra Jebens-Zirkel

-María Figols González

-Alfred Johann Zirkel

-Paula Sanz Aznar



**Material**

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Nota
		Material de construcción natural	Propiedades térmicas	Comportamiento a la humedad/Absorción	Difusión de vapor de agua ( $\mu$ )	Materias contaminantes	Olores	Electrobiología	Radiactividad	Problemática ecológica	Consumo de energía	Comportamiento al fuego	Aislamiento acústico a ruido aéreo	Aislamiento acústico a ruido de impactos	Prestaciones a largo plazo	Relación precio/prestaciones	
<b>Materiales para la estructura del edificio (en parte para recubrimientos)</b>																	
1	Madera maciza	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2,5
2	Productos de barro (Incluso revoques)	3	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	3	2	2,6
3	Ladrillos	2	2	2	3	2	3	3	2	2	1	3	3	1	2	2	2,2
4	Hormigón celular	2	3	1	3	2	3	3	3	2	2	3	2	1	2	2	2,3
5	Hormigón de cal y arena	2	1	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	0	3	2	2,3
6	Hormigón en masa	1	0	0	0	2	2	3	2	2	0	3	3	0	2	2	1,5
7	Hormigón armado	1	0	0	0	2	2	1	2	1	0	2	3	0	2	2	1,2
<b>Morteros, revoques</b>																	
8	Mortero y revoque de cal	2	1	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	0	3	2	2,3
9	Mortero y revoque de cemento	1	1	1	2	3	2	3	2	2	2	3	3	0	3	2	2,0
10	Revoque de resino sintética	0	1	0	0	1	1	2	3	0	1	2	3	0	2	1	1,1
11	Mortero y revoque ligero (perlita)	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1	3	2	1	2	2	2,1
<b>Materiales aislantes</b>																	
12	Espumas de derivados plásticos	0	3	0	1	1	0	0	3	0	1	0	0	2	1	0	0,8
13	Lana de roca y fibra de vidrio	0	2	0	3	1	0	2	2	0	1	2	0	3	1	1	1,2
14	Lana de oveja	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	1	0	2	1	2	1,9
15	Lino/cáñamo	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1	0	1	2	2	2,3
16	Celulosa	1	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	2,2
17	Tablero blando de fibra de madera	2	2	3	3	2	3	3	3	3	1	2	2	2	3	2	2,4
18	Corcho	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	1	1	2	3	2	2,3
19	Fibra de coco	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	1	3	3	2	2,3
20	Relleno de perlita	2	2	1	3	2	2	3	2	1	2	3	1	2	2	2	2,0
21	Tablero de virutas de madera (aglomerado con magnesita)	1	1	3	3	3	3	3	3	2	1	2	1	2	3	2	2,3

Material		Material de construcción natural														Nota	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
<b>Barreras reguladoras y de bloqueo de vapor</b>																	
22	Papel Kraft recubierto de polietileno	1	-	2	2	2	2	2	3	1	2	1	-	-	1	2	1,8
23	Lámina de polietileno	0	-	0	0	2	2	1	3	1	1	1	-	-	2	1	1,2
24	Lámina de aluminio	0	-	0	0	3	3	0	3	1	0	3	-	-	3	2	1,5
25	Cartón alquitranado	1	-	0	0	0	0	3	3	1	1	1	-	-	2	2	1,2
<b>Placas de revestimiento</b>																	
26	Tableros de conglomerado de madera (aglomerados con resina sintética)	1	2	1	1	0	1	3	3	1	2	1	2	1	2	1	1,5
27	Tableros de conglomerado de madera (aglomerados con cemento)	2	1	1	2	3	3	3	3	2	2	2	3	0	3	2	2,1
28	Tableros de chapa de madera	1	2	1	1	1	1	3	3	1	0	1	2	1	2	1	1,4
29	Tableros OSB	1	2	1	0	1	2	3	3	1	1	1	2	1	2	2	1,5
30	Placas de yeso natural	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	1	3	2	2,3
31	Placas de yeso REA	1	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	1	3	2	2,2
<b>Tratamientos superficiales, colas</b>																	
32	Productos de resina natural	2	-	2	2	2	2	3	3	2	2	2	-	-	2	2	2,2
33	Productos de resina sintética	0	-	0	0	1	1	0	3	0	0	0	-	-	1	0	0,5
<b>Otros</b>																	
34	Linóleo	2	2	1	0	2	1	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1,8
35	Productos de PVC (duro)	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	2	0	0,5
36	Vidrio	2	0	0	0	3	3	3	3	1	0	3	3	0	3	2	1,7

Clave:

- 0 = Muy deficiente, producto a rechazar
- 1 = Deficiente, puede causar problemas
- 2 = Bastante bueno, recomendable
- 3 = Perfecto, muy recomendable

Figura 27: Tabla Lista de comprobación de materiales de construcción. Criterios de evaluación. Master en bioconstrucción del IEB.

## 9. ANÁLISIS DE LAS TABLAS O BASES DE DATOS

Lo que se pretende realizar con el análisis de las herramientas de medida, es descubrir cuál de ellas conviene utilizar para este caso en concreto.

Hay que plantearse qué material es más conveniente para los domos, si conviene más usar un saco de polipropileno o rafia, yute o raschel, cuál impacta menos sobre el medio ambiente o cuál es más ecológico.

INSTRUMENTO DE MEDIDA	ANÁLISIS
1. simapro	<p><u>Desestimado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Programa de pago de difícil acceso para cualquier persona.</li> <li>-Elevadas limitaciones en la versión demo.</li> </ul>
2. indicadores de Luis de Garrido	<p><u>Desestimado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-En la tabla no aparecen materiales actuales (yute, raschel...) y no se ajusta a las necesidades de este trabajo en concreto.</li> <li>-No tiene en cuenta la consideración holística. Hay indicadores importantes que faltan de analizar (como los que tienen que ver con la salud).</li> </ul>
3. base de datos de ITEC	<p><u>Desestimado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-En la tabla no aparecen materiales actuales (yute, raschel...) y no se ajusta a las necesidades de este trabajo en concreto.</li> </ul>
4. Ecómetro	<p><u>Desestimado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La herramienta todavía está en desarrollo.</li> <li>-Proceso complejo, que tiene en cuenta infinidad de parámetros, de difícil acceso para cualquier persona.</li> <li>-Valora el impacto de un edificio y no de un material</li> </ul>

5. Tabla comparativa de materiales aislantes Javier de Mena.	<u>Desestimado:</u>  -En la tabla no aparecen materiales actuales (yute, raschel...) y no se ajusta a las necesidades de este trabajo en concreto.
6. Tablas del IEB facilitadas por Petra Jebens- Zirkel	<u>Aceptado:</u>  -Es la tabla más completa en cuanto a indicadores analizados y a materiales. Tiene en cuenta la consideración holística.  -Se acerca más a las necesidades del trabajo. No aparecen exactamente los materiales que se buscan, pero sí hay otros similares.

Figura 28: Tabla que analiza las herramientas de medida. (Arantza Redondo)

## 10. APLICACIÓN DE LA TABLA ELEGIDA Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La tabla escogida, ya que se ha pensado que es la más adecuada para este trabajo en concreto, ha sido la del Instituto español de Baubiologie.

Los dos materiales que se quieren analizar son el polipropileno y el yute. El polipropileno es el material que usan actualmente, la gran mayoría de las personas que construyen con superadobe. Como alternativa se propone el yute, ya que se cree que es un producto más ecológico perfectamente cualificado para esta técnica.

Ya que en la tabla del IEB no aparecen los sacos de polipropileno y de yute como tal, se han buscado materiales con propiedades similares para realizar el estudio.

Se ha comprobado que el polietileno tiene propiedades similares al polipropileno y que el yute tiene características muy parecidas al lino (este un poco más resistente).

Se ha calculado la transmitancia térmica y la acumulación de calor, dos propiedades importantes a la hora de elegir un material, ya que tienen una gran influencia en el bien estar de las personas. Los cálculos se han hecho de la siguiente manera:

La siguiente tabla nos da las características térmicas de algunos materiales. Se han cogido las propiedades del lino, ya que como se ha dicho anteriormente, son similares a las del yute, y se han aplicado las fórmulas correspondientes. Sin embargo, en dicha tabla, no aparecen ni el polietileno ni el polipropileno. Por ello se han buscado sus propiedades en internet y se ha seguido el mismo procedimiento.



Material	Densidad aparente $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conduct. térmica $\lambda$ [W/mK] 3.1.1. a)	Capac. calorífica especif. $c_p$ [J/kgK] 3.1.1. g)	Capac. de acum. de calor <sup>1</sup> $s$ [J/m <sup>3</sup> K] 3.1.1. h)	Efusividad térmica $b$ [J/m <sup>2</sup> x K x s <sup>0,5</sup> ] 3.1.1. j)	Difusividad térmica. <sup>2</sup> $a$ x 10 <sup>-3</sup> [cm <sup>2</sup> /s] 3.1.1. k)
Poliestireno extruido	15	0,035	1.500	22,5	28	15,6
Fibra de vidrio o lana de roca	30	0,040	800	24	31	16,7
Aislamiento de lino o cáñamo	30	0,040	1.300	39	39	10,3
Celulosa a granel	50	0,045	1.900	95	65	4,7
Virutas de madera	70	0,055	2.100	147	90	3,7
Placas de corcho o lana de coco	100	0,045	1.600	160	85	2,8
Baixas de paja	100	0,045	1.260	126	75	3,6
Tableros blandos de fibra de madera	190	0,045	2.100	399	134	1,1
Junco suelto	190	0,055	1.300	247	117	2,2
Tableros ligeros de viruta de madera	400	0,075	2.100	840	251	0,9
Hormigón celular	400	0,10	1.050	420	205	2,4
Ladrillo térmico	600	0,12	920	552	257	2,2
Madera maciza (blanda)	600	0,13	2.100	1.260	404	1,0
Tablero de barro prefabricado	500	0,14	1.140	570	282	2,4
Barro ligero en masa	800	0,25	1.100	880	469	2,8
Panel de fibras de celulosa y yeso	1.000	0,27	840	840	476	3,2
Ladrillo aligerado de cal y arena 1,0	1.000	0,50	880	880	663	5,7
Ladrillo perforado 1,2	1.200	0,50	920	1.104	743	4,5
Barro con paja (adobe)	1.200	0,55	1.000	1.200	812	4,6
Revoque de barro	1.700	0,80	1.000	1.700	1.166	4,7
Revoque de mortero de cal	1.800	0,87	960	1.728	1.226	5,0
Barro en masa	1.800	0,91	1.000	1.800	1.280	5,1
Piedra arenisca	2.400	2,10	930	2.232	2.165	9,4
Hormigón armado	2.500	2,10	960	2.400	2.245	8,7
Acero	7.800	60,00	400	3.120	13.682	192,3
Aluminio	2.700	203,00	900	2.430	22.210	835,4

Figura 29: Características térmicas de materiales. Master en bioconstrucción del IEB

- Transmitancia térmica

Polipropileno/ Polietileno

$$U = 1 / R_t$$

$$R_t = R_{se} + R + R_{si}$$

$$R_{se} = 0,04 ; R_{si} = 0,13 ; R = d / \lambda = 0,010 / 0,1 = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{se} + R + R_{si} = 0,04 + 0,1 + 0,13 = 0,27 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / R_t = 1 / 0,27 = 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Yute/ Lino

$$U = 1 / R_t$$

$$R_t = R_{se} + R + R_{si}$$

$$R_{se} = 0,04 ; R_{si} = 0,13 ; R = d / \lambda = 0,010 / 0,035 = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{se} + R + R_{si} = 0,04 + 0,25 + 0,13 = 0,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / R_t = 1 / 0,42 = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

La transmitancia térmica del polipropileno es mayor que la del yute. Cuanto menor es el valor de la transmitancia, mejor aislada está la estructura, por ello el yute nos da mejores resultados.

- Capacidad de acumulación de calor

Polipropileno/ Polietileno

$$s = c_p \times V$$

$$s = 1700 \times 900 = 1.530.000 = 1530 \text{ J/m}^3\text{k}$$

Yute/ Lino

$$s = c_p \times V$$

$$s = 1300 \times 30 = 39.000 = 39 \text{ J/m}^3\text{k}$$



En cuanto a la capacidad de acumulación de calor, la del polipropileno es mucho más alta que la del yute. Esto quiere decir, que el yute es mejor aislante térmico.

Una vez estudiadas estas propiedades se procede a la evaluación ecológica de estos dos materiales, tal y como nos indican las tablas del Instituto español de Baubiologie.

Sobre la base de los criterios de evaluación mencionados y de los datos biológicos conocidos de los materiales de construcción es posible proceder a una calificación de los mismos mediante un sistema de notas. Esto parece importante en la medida en que mediante esta ponderación de todos los factores que intervienen se garantiza una evaluación de conjunto, y no unilateral. Al expresar el conjunto de características de un material mediante una sola cifra, la comparación entre distintos materiales posibles es más fácil, precisa y uniforme. La disponibilidad de estos valores resulta de gran ayuda para el trabajo en proyectos y obras de nueva planta y de rehabilitación para el especialista en bioconstrucción.

En la siguiente lista de comprobación se intenta establecer una evaluación global de los materiales de construcción desde el punto de vista de la bioconstrucción.

Desde luego, esta lista no es exhaustiva, ni puede serlo.

La lista no recoge más que los principales grupos de materiales. En la práctica sería necesario realizar una evaluación de cada producto concreto, pues hay grandes diferencias entre un fabricante y otro.



Material		Material de construcción natural														Nota	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
<b>Materiales para la estructura del edificio (en parte para recubrimientos)</b>																	
1	Madera maciza	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2,5
2	Productos de barro (Incluso revoques)	3	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	3	2	2,6
3	Ladrillos	2	2	2	3	2	3	3	2	2	1	3	3	1	2	2	2,2
4	Hormigón celular	2	3	1	3	2	3	3	3	2	2	3	2	1	2	2	2,3
5	Hormigón de cal y arena	2	1	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	0	3	2	2,3
6	Hormigón en masa	1	0	0	0	2	2	3	2	2	0	3	3	0	2	2	1,5
7	Hormigón armado	1	0	0	0	2	2	1	2	1	0	2	3	0	2	2	1,2
<b>Morteros, revoques</b>																	
8	Mortero y revoque de cal	2	1	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	0	3	2	2,3
9	Mortero y revoque de cemento	1	1	1	2	3	2	3	2	2	2	3	3	0	3	2	2,0
10	Revoque de resino sintética	0	1	0	0	1	1	2	3	0	1	2	3	0	2	1	1,1
11	Mortero y revoque ligero (perlita)	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1	3	2	1	2	2	2,1
<b>Materiales aislantes</b>																	
12	Espumas de derivados plásticos	0	3	0	1	1	0	0	3	0	1	0	0	2	1	0	0,8
13	Lana de roca y fibra de vidrio	0	2	0	3	1	0	2	2	0	1	2	0	3	1	1	1,2
14	Lana de oveja	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	0	2	1	2	2	1,9
15	Lino/cáñamo	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1	0	1	2	2	2,3
16	Celulosa	1	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	2,2
17	Tablero blando de fibra de madera	2	2	3	3	2	3	3	3	3	1	2	2	2	3	2	2,4
18	Corcho	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	1	1	2	3	2	2,3
19	Fibra de coco	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	1	3	3	2	2,3
20	Relleno de perlita	2	2	1	3	2	2	3	2	1	2	3	1	2	2	2	2,0
21	Tablero de virutas de madera (aglomerado con magnesita)	1	1	3	3	3	3	3	3	2	1	2	1	2	3	2	2,3

Material	Material de construcción natural															Nota	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
<b>Barreras reguladoras y de bloqueo de vapor</b>																	
22	Papel Kraft recubierto de polietileno	1	-	2	2	2	2	3	1	2	1	-	-	1	2	1,8	
23	Lámina de polietileno	0	-	0	0	2	2	1	3	1	1	1	-	-	2	1,2	
24	Lamina de aluminio	0	-	0	0	3	3	0	3	1	0	3	-	-	3	2	1,5
25	Cartón alquitranado	1	-	0	0	0	0	3	3	1	1	1	-	-	2	2	1,2
<b>Placas de revestimiento</b>																	
26	Tableros de conglomerado de madera (aglomerados con resina sintética)	1	2	1	1	0	1	3	3	1	2	1	2	1	2	1	1,5
27	Tableros de conglomerado de madera (aglomerados con cemento)	2	1	1	2	3	3	3	3	2	2	2	3	0	3	2	2,1
28	Tableros de chapa de madera	1	2	1	1	1	1	3	3	1	0	1	2	1	2	1	1,4
29	Tableros OSB	1	2	1	0	1	2	3	3	1	1	1	2	1	2	2	1,5
30	Placas de yeso natural	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	1	3	2	2,3
31	Placas de yeso REA	1	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	1	3	2	2,2
<b>Tratamientos superficiales, colas</b>																	
32	Productos de resina natural	2	-	2	2	2	2	3	3	2	2	2	-	-	2	2	2,2
33	Productos de resina sintética	0	-	0	0	1	1	0	3	0	0	0	-	-	1	0	0,5
<b>Otros</b>																	
34	Linóleo	2	2	1	0	2	1	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1,8
35	Productos de PVC (duro)	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	2	0	0,5
36	Vidrio	2	0	0	0	3	3	3	3	1	0	3	3	0	3	2	1,7

Clave:

- 0 = Muy deficiente, producto a rechazar
- 1 = Deficiente, puede causar problemas
- 2 = Bastante bueno, recomendable
- 3 = Perfecto, muy recomendable

Figura 30: Tabla Lista de comprobación de materiales de construcción. Criterios de evaluación. Master en bioconstrucción del IEB.

La nota que tiene el yute (lino) es de 2,3 y la nota que se le ha adjudicado al polietileno (polipropileno) es de 1,2.

Esto nos indica que, desde el punto de vista de la bioconstrucción, el polipropileno es deficiente y puede causar problemas. Sin embargo, el yute es bastante bueno y por ello, recomendable.

## 11. CONCLUSIÓN

Cuando empecé a indagar sobre tablas de materiales que me pudiesen decir qué material era más ecológico y por qué, que pudiesen estar al alcance de todo tipo de personas, y que analizaran los indicadores correctos para dar la puntuación merecida, me di cuenta que muy pocas personas se habían planteado esto antes. Se me llegó a decir que dejase de buscar, que la escasez y desinformación en este tema era tal, que no existía la tabla correcta y que, por tanto, nadie me podría ayudar. Que me tenía que concienciar de que la conclusión que sacaría en mi trabajo era que la solución a este problema aún estaba por llegar. Yo creía que no podía ser la primera que me hubiese planteado esto, por ello seguí intentándolo.

Leí y estudié muchos libros de la biblioteca Hypatia de Alejandría (Zaragoza), donde encontré las tablas de Luis de Garrido.

Busqué y busqué por internet.

Fui al colegio de arquitectos donde no pudieron ayudarme ya que no disponían de la información adecuada.

Contacté vía email con Jose Antonio Turégano, profesor de la universidad de Zaragoza, que muy amablemente me puso en contacto con Eva Roldan Saso, ganadora del premio Zaragoza sostenible 2013. Ella me informó sobre la existencia de la base de datos del ITEC.

Como esta base de datos no servía para este trabajo en concreto, seguí indagando. Le mandé un correo a Petra Jebens. Ella me contestó enseguida, se interesó por mi trabajo, y me invitó a su casa en Oncins (Huesca) a 300 km de Ateca. Así fue como di con la tabla que yo llevaba tanto tiempo buscando.

Internet puede darte mucha información pero, también, puede darte mucha desinformación. Hay que tener cuidado con lo que se lee.

Bajo mi punto de vista, el superadobe tiene todavía muchos aspectos que mejorar, aunque en internet solo aparezcan ventajas. Hay otras técnicas en bioconstrucción más recomendables y con menos inconvenientes, que está comprobado que han dado mejores resultados.

Si se compara la repercusión del suelo de una casa convencional y una casa de superadobe la diferencia es muy notable.

Adaptar el mobiliario a un domo es bastante complicado y distribuir las estancias de una manera funcional es difícil sin la existencia de pasillos. Al igual que amoldar andamios o sistemas de seguridad.

Pero la mayor desventaja para el medio ambiente, y que por tanto, hace discutible que el superadobe sea una técnica ecológica, es el uso de polipropileno para los sacos. Por ello se ha analizado una alternativa, el yute, y se ha comprobado que da mejores resultados en todos los aspectos.

Como conclusión final diré que, una vez analizadas las características térmicas y ecológicas de los dos materiales, el yute es bastante mejor que el polipropileno para los sacos utilizados en la construcción de superadobe. A veces, el ahorrarnos un poco de dinero nos puede salir muy caro.

## 12. ENTREVISTA A PETRA JEBENS- ZIRKEL Y A SU MARI DO ALFRED JOHANN- ZIRKEL

Durante la estancia en casa de Petra Jebens y su marido Alfred, permitieron que les grabara y les hiciera varias preguntas. Éste fue el resultado:

- ¿Crees que está más avanzada la bioconstrucción en España que en Alemania?

Petra: No, la bioconstrucción en España está por detrás.

- ¿En el año 2009 se funda el Instituto Español de Baubiologie, pero, desde cuando existe en Alemania?

Petra: Desde hace más de 40 años. La gente está mucho más concienciada.

- ¿Por qué Oncins?

Alfred: Hacía un año que habíamos llegado a España, un señor del pueblo nos ofreció la finca, donde no había nada, y comenzamos a construir nuestra propia casa desde cero.

- ¿Cómo hicisteis éste edificio?

Alfred: Éste edificio tiene dos plantas, 130 m<sup>2</sup> aproximadamente. Se construyó entre cinco personas. Trabajábamos siete horas diarias de Lunes a Viernes.

Teniendo en cuenta la mano de obra que se le pagó a tres de las personas y los materiales, la casa nos costó unos 35.000 euros.

Las paredes son de termoarcilla por fuera y de gero por dentro. Aunque si tuviésemos que hacer este edificio otra vez lo haríamos con ladrillo cannabric. En el techo, tenemos aislamiento de corcho natural con cal y arena de unos 20 cm. La cubierta es ajardinada así no tuvimos que comprar tejas.

Las vigas son de pino y abeto. Los revoques son de cal y arena. Tenemos unas grandes cortinas de lana de oveja. El interior del edificio guarda mucho el calor.

La calefacción es de biomasa. Normalmente, con un metro cúbico de leña es suficiente para pasar el invierno. Tenemos agua caliente todo el año gracias a los paneles solares y a la estufa de biomasa.

- ¿Qué opinas sobre la información o desinformación que te puedes encontrar en internet?

Alfred: La palabra bio no está protegida.

Petra: Lo que vende hoy en día es lo ecológico, como lo que interesa es vender, ahora todo es ecológico. Cuando vinimos a España y tuvimos que comprar materiales, cuando preguntábamos sobre qué llevaba esto o qué llevaba lo otro, la gente se extrañaba. No hay costumbre en España de preguntar y de contrastar, lo que te dicen te lo crees.

- ¿En qué parámetros te basas para valorar los materiales?

Petra: La palabra clave es el enfoque holístico. Hay que tener una visión completa de los materiales. Hay que cambiar la forma de pensar e ir más allá.

Alfred: Hay que tener en cuenta qué efecto tiene un material, en la vida de una persona y con todo lo que le rodea, desde que "nace" hasta que "muere". Si un material contamina, si su comportamiento puede dañar a nuestra salud, el precio, qué se hace cuando se deja de usar y lo que eso conlleva. La repercusión que tiene un material durante toda su vida y desde todos sus puntos de vista.

Petra: Las tablas de Luis de Garrido tienen un enfoque muy técnico. Falta el análisis de la salud. Por ejemplo, el hormigón armado no es un material muy favorable, ya que gasta mucha energía, por ello no es un material sostenible. Los productos químicos deberían de tener un valor muy bajo, así como la fibra de vidrio o la lana de roca.

- ¿Qué propiedad consideras que debe de tener un material para que sea saludable?

Petra: Es clave la higroscopicidad para que haya un ambiente saludable, tiene que haber un transporte de la humedad.

Alfred: Si te pones un chaleco de plástico y te vas a correr, el sudor no transpira. Exactamente lo mismo pasa con los sacos de polipropileno en la construcción de superadobe. Se pierden todas las propiedades válidas de la tierra. Hay mohos muy perjudiciales para la salud.

- ¿Qué opinas sobre el Ecómetro?

Petra: El inconveniente del ecómetro es que es muy complejo pero es que la bioconstrucción es muy compleja. Nosotros apoyamos el ecómetro porque tiene en cuenta el enfoque holístico.

- ¿Cuál es tu opinión sobre el Superadobe?

Petra: Me alegro de que te sintieras engañada con el superadobe. Es una técnica muy pobre. Tienen mucho éxito únicamente por la publicidad que realizan. No es tan fácil como te lo venden.

Está bien hacer una crítica constructiva. Para nosotros es perder el tiempo, tenemos que cuadrar el tiempo para las cosas importantes, lo que nos parece interesante y válido allí trabajamos, y lo que no, lo dejamos al lado. Para ti es interesante hacer la crítica.

Alfred: Una vez vi un domo que estaban haciendo en la universidad de Lérida y fue un desastre. El revoco necesita mucho tiempo para secarse. Quizás el plástico también es un problema para que agarre.

Petra: Personas que se dedican a la construcción de superadobe intentaron contactar con nosotros pero les dijimos que mientras utilizaran estos sacos no podíamos apoyarles. Únicamente tienen el enfoque económico.

Alfred: la mano de obra eleva mucho el precio. El edificio puede costar 5 o 10 veces más que si te lo haces tú. Depende de cómo te organices el tiempo, nuestra casa nos la hemos hecho nosotros.

Petra: Se puede hacer adobe como lo que hace Gernot Minke (manual de construcción en tierra), para mí, el "Papa del barro". Él viene a Graus este año a las jornadas técnicas de bioconstrucción.

Alfred: Somos partidarios del Cob o el adobe. Hoy por hoy usamos el ladrillo cannabric, hecho de cáñamo, barro y cal. Lamentablemente se produce bastante lejos, en Guadix, pero se pide un trailer para dos obras.

- ¿Crees que sería favorable que me especializase en técnicas de bioconstrucción, como por ejemplo, el adobe?

Petra: Un trabajo seguro para el futuro será la rehabilitación de adobe. Muchos arquitectos no tienen idea de cómo tratar el adobe. En dos tres años puedes deshacer casas que llevan siglos construidas, por ejemplo, poniendo un revoque de cemento, ya que no deja pasar la humedad. Es importante saber las propiedades del adobe y además saber qué es lo que más le conviene. Estaría muy bien que te especializases en esto.



Figura 31: Foto con Petra y Alfred. Detrás cubierta ajardinada.



## 13. BIBLIOGRAFÍA

-De Garrido, L. (2014). Arquitectura y salud. Metodología de diseño para lograr una arquitectura saludable y ecológica. 144. Monsa Publications.

-González, F.M. (Mayo 2015). ¿Está el sector de la construcción en España preparado para afrontar una nueva etapa de cambio y renovación? CIC Arquitectura y sostenibilidad. Especial Construmat, 97.

-Huerta, D. (Mayo 2015). ¿Está el sector de la construcción en España preparado para afrontar una nueva etapa de cambio y renovación? CIC Arquitectura y sostenibilidad. Especial Construmat, 97.

-The University of Nottingham, Architectural Association School of Architecture, Université Catholique de Louvain, Architecture et Climat Technische Universität München, Dipartimento DATA, Università di Roma La Sapienza, Seminario de arquitectura y medioambiente, Budapesti Muszaki és Gazdaságtudományi Egyetem). 2012. Educación en arquitectura sostenible, 20. Sergio Altomonte

-Jebens- Zirkel, P. Apuntes de Master en Bioconstrucción del IEB. Módulo 01.

-Domoterra. Apuntes curso de bioconstrucción con sacos de tierra estabilizada, Superadobe o Earth- bag.

-Inicio. Aragón. <<<http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp>>>

-Ateca. <<<http://es.wikipedia.org/wiki/Ateca>>>

- <<<http://sigpac.magrama.es/fega/h5visor/>>>

-<<<http://www.sedecatastro.gob.es/>>>

-Owen, G. Enviro earthbag dome 2.

<<<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/enviro-dome2.htm>>>

-Del Toro, A. ¿Por qué lo verde no es sostenible?

<<<http://blog.deltoroantunez.com/2014/02/por-que-lo-verde-no-es-sostenible.html>>>

Bibliografía

- Construcciones ecológicas. <<<http://ecoconstruxion.blogspot.com.es/>>>
  
- Bioguía. Definición de Arquitectura ecológica. Bioconstrucción.  
<<<http://www.labioguia.com/definicion-de-arquitectura-ecologica-bioconstruccion/>>>
  
- De Garrido, L. Definición Arquitectura sostenible. <<<http://www.ecoticias.com/bioconstruccion/46638/>>>
  
- Gauzin- Muller, D. (2002). Arquitectura ecológica. 29 ejemplos europeos.287.  
Gustavo Gili.
  
- Edwards, B. Guía básica de la sostenibilidad. 224. Cartoné.
  
- Behnisch, S. Stephan Behnisch habla de arquitectura. 2011.  
<<[http://www.wipo.int/wipo\\_magazine/es/2011/05/article\\_0005.html](http://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2011/05/article_0005.html)>>
  
- La sostenibilidad o sustentabilidad como revolución cultural, tecnocientífica y política.  
<<<http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=000>>>
  
- ¿Qué es sostenibilidad? <<<http://sostenibleperdona.blogspot.com.es/p/que-es-sostenibilidad.html>>>
  
- Linares, P. (Septiembre 2012). El concepto marco de sostenibilidad: variables de un futuro sostenible. Universidad Pontificia de Comillas. 22.
  
- ¿Qué es la construcción sostenible? <<<http://www.holcim.com.ec/desarrollo-sostenible/holcim-foundation-for-sustainable-construction/que-es-la-construccion-sostenible.html>>>
  
- Materiales de construcción sostenibles  
<<[http://www.construmatica.com/construpedia/Materiales\\_de\\_Construccion%3Bn\\_Sostenibles](http://www.construmatica.com/construpedia/Materiales_de_Construccion%3Bn_Sostenibles)>>
  
- ¿Qué es la bioconstrucción? <<[http://www.redverde.es/que\\_es\\_bioconstruccion](http://www.redverde.es/que_es_bioconstruccion)>>
  
- Bioconstrucción, ¿Por qué bioconstrucción?  
<<<http://www.biohaus.es/bioconstruccion.php>>>

-¿Qué es la bioconstrucción? <<<http://arquitectutecnica.com/2013/06/17/que-es-la-bioconstruccion/>>>

-COAAT Navarra, (Mayo 2010). Materiales en Bioconstrucción. 11.  
<<<http://www2.itl.cat:8080/Formacio/CAT/web/Documentacio/Documentaico%20cursos/201000064/Pamplona1005-1.pdf>>>

-¿Qué es la baubiologie? <<<http://www.baubiologie.es/quienes-somos/que-es-la-baubiologie>>>

-Arquitectura Bioclimática. Viviendas bioclimáticas en Galicia.  
<<<http://abioclimatica.blogspot.com.es/>>>

-Arquitectura Bioclimática, descripción.  
<<<http://www.ecotec2000.de/espanol/arqfaq/arqtop.htm>>>

-Macedo, B. (2005). El concepto de sostenibilidad. 4.

-Fernandez Buey, F. (2004). Filosofía de la sostenibilidad. 11

-Granizo, M.J. (2015). Apuntes asignatura Control de edificación y desarrollo sostenible. Granada.

-SimaPro. Características y versiones. <<<http://www.simapro.es/versions.html>>>

-Simapro, herramienta de ACV. Presentación.  
<<<http://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/simapro-herramienta-de-analisis-de-ciclo-de-vida>>>

-De Garrido, L.  
<<[http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Categor%C3%ADa:De\\_Garrido,\\_Luis](http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Categor%C3%ADa:De_Garrido,_Luis)>>

-Presentación del banco BEDEC.  
<<<http://itec.es/noumetaBase2.e/Presentacio.aspx?page=bancbedec>>>

-Ecómetro. Asociación. <<<http://ecometro.org/faq/>>>



-IEB. Equipo. << <http://www.baubiologie.es/quienes-somos/equipo>>>

-Casanovas, X. (2009). La construcción sostenible. Una mirada estratégica. 17

## Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria .....	68	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos .....	33	páginas

La Almunia, a 1 de Septiembre de 2015

Firmado: Arantza Redondo Hernández



## Etiqueta para CD/DVD





**Universidad**  
Zaragoza

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)

Superadobe: problemas y soluciones

422.13.166

Autor: Arantza Redondo Hernández  
Director: Juan Villarroya Gaudó  
Fecha: Septiembre 2015



