

ETSAE

Escuela Técnica  
Superior de  
Arquitectura y  
Edificación

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación

## Guía de Bioconstrucción: Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

**Autor: Fátima Yahyane**

Director: David Navarro Moreno

Curso académico: 2018/2019



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



## RESUMEN

La sociedad actual es inconsciente de hasta qué punto el hogar donde se vive puede influir en el bienestar de sus ocupantes, pero sí que está cada vez más sensibilizada por el respeto hacia el medio ambiente, por lo que el presente trabajo pretende dar un paso más y no solo analizar los materiales y sistemas constructivos desde un punto de vista sostenible, sino que aspira además a su estudio en lo relativo a la salud de los usuarios, ofreciendo en la medida de lo posible un abanico de posibilidades tanto de materiales como de técnicas bioconstructivas mediante la elaboración de una guía de bioconstrucción que no solo abarca la parte constructiva de una edificación sino que indaga en otros aspectos como el tipo de mobiliario o ubicación idónea. Esta guía se complementa a su vez con un caso práctico a través de la presentación de un edificio construido con criterios convencionales donde se proponen soluciones y alternativas que responden a los criterios bioconstructivos, estableciendo así una comparación entre los dos enfoques, tradicional y bioconstructivo.

**Palabras Claves:** sostenibilidad, salud, bioconstrucción, bioclimatismo, biohabitabilidad.

## ABSTRACT

*Nowadays society is unaware of the extent to which the home where they live can influence the well-being of their occupants, but it is increasingly sensitive to respect for the environment, which is why the present work intends to go a step further and not only analyze the materials and construction systems from a sustainable point of view, but also aspires to its study in relation to the health of users, offering as much as possible a range of both material and bioconstructive techniques through the elaboration of a bioconstruction guide that not only covers the constructive part of a building but also explores other aspects such as the type of furniture or ideal location. This guide is complemented in turn with a practical case through the presentation of a building constructed with conventional criteria where solutions and alternatives that meet the bioconstructive criteria are proposed, thus establishing a comparison between the two criteria.*

**Keywords:** sustainability, health, bioconstruction, bioclimatism, biohabitability.



# INDICE

<b>CAPÍTULO 0. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
0.1 PREÁMBULO.....	11
0.2 JUSTIFICACIÓN.....	12
0.3 OBJETIVOS.....	12
0.4 ESTADO DEL ARTE DE LA BIOCONSTRUCCIÓN.....	13
0.4.1 Instituto de Baubiologie + Sostenibilidad (IBN) .....	13
0.4.2 Asociación de Estudios Geobiológicos (GEA).....	17
0.4.3 Marco normativo.....	19
0.4.4 Referencias bibliográficas.....	24
0.5 METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	27
<b>CAPÍTULO 1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE BIOCONSTRUCCIÓN.</b> .....	29
1.1 CAMBIO CLIMÁTICO: EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.....	31
1.2 INTRODUCCIÓN A LA BIOCONSTRUCCIÓN.....	36
1.3 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.....	41
1.4 CONSTRUCCIÓN BIOCLIMÁTICA .....	50
1.5 HABITAT SALUDABLE: GEOBIOLOGÍA Y BIOHABITABILIDAD.....	57
<b>CAPÍTULO 2. PRINCIPIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN</b> .....	65
2.1 TERRENO.....	69
2.2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y PROTECCIÓN ACÚSTICA.....	72
2.3 CLIMA INTERIOR.....	73
2.4 DISEÑO INTERIOR.....	85
2.5 MEDIOAMBIENTE, ENERGÍA Y AGUA.....	89
<b>CAPÍTULO 3. MATERIALES EN BIOCONSTRUCCIÓN</b> .....	93
3.1 PÉTREOS.....	97
3.2 CERÁMICOS.....	101
3.2.1 Conglomerantes.....	101
3.2.1.1 Yeso.....	101
3.2.1.2 Cal.....	104
3.2.1.3 Cemento.....	107

3.2.2 Conglomerados.....	110
3.2.2.1 Morteros .....	110
3.2.2.2 Hormigón.....	112
3.2.3 Arcilla cocida. ....	115
3.2.4 Vidrio. ....	118
3.5 METALES.....	121
3.6 POLÍMEROS.....	125
3.9 MATERIALES NATURALES. ....	130
3.9.1 Leñosos.....	130
3.9.1.1 Madera.....	130
3.9.1.2 Bambú.....	133
3.9.1.3 Balas de paja.....	136
3.9.2 Térreos.....	138
<b>CAPÍTULO 4. SISTEMAS BIOCONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>141</b>
4.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO. ....	144
4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL.....	146
4.2.1 Cimentación. ....	146
4.2.2 Estructura portante. ....	152
4.2.3 Estructura horizontal. ....	170
4.3 SISTEMA ENVOLVENTE.....	172
4.3.1 Fachada.....	172
4.3.2 Cubierta. ....	175
4.3.3 Suelos. ....	176
4.4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN. ....	178
4.5 SISTEMA DE ACABADOS. ....	180
4.6 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES. ....	182
4.6.1 Instalación eléctrica.....	182
4.6.2 Instalación de fontanería y saneamiento. ....	183
4.6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.....	187
4.7 EQUIPAMIENTO. ....	190
<b>CAPÍTULO 5. PROYECTOS BIOCONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>191</b>

5.1. INSTITUTO DE BAUBIOLOGIE+NACHHALTIGKEIT (IBN).....	194
5.2. HOLZ HAUS.....	197
5.3.EDIFICIO COMERCIAL ARTIS. ....	200
5.4. OMICRON CAMPUS. ....	203
5.5 GAIA-1 Eco-House .....	206
5.6 CASA NUÑEZ. ....	209
5.7 CASA UNIFAMILIAR CON CANNABRIC. ....	212
5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA APLICACIÓN DE CRITERIOS BIOCONSTRUCTIVOS. ....	215
5.8.1 Terreno. ....	215
5.8.2 Materiales de construcción y protección acústica. ....	216
5.8.3 Clima interior. ....	216
5.8.4 Diseño interior.....	217
5.8.5 Medio ambiente, energía y agua. ....	218
<b>CAPÍTULO 6. CASO PARÁCTICO.....</b>	<b>221</b>
6.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO. ....	225
6.2 SISTEMA ESTRUCTURAL.....	228
6.2.1 Cimentación. ....	228
6.2.2 Estructura portante. ....	230
6.2.3 Estructura horizontal. ....	234
6.3 SISTEMA ENVOLVENTE.....	236
6.3.1 Fachada.....	236
6.3.2 Cubierta. ....	244
6.3.3 Suelo.....	247
6.4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN. ....	250
6.5 SISTEMA DE ACABADOS. ....	252
6.6 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES. ....	252
6.6.1 Instalación eléctrica.....	253
6.6.2 Instalación de fontanería y saneamiento. ....	253
6.6.3 Instalación de calefacción, climatización y ventilación. ....	253
6.7 EQUIPAMIENTOS. ....	253

<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES</b> .....	255
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	261
<b>ANEXOS</b> .....	269

---

## CAPÍTULO 0. INTRODUCCIÓN.

---



---

## 0.1 PREÁMBULO.

---

No cabe duda de que la construcción ha ido evolucionando con el paso del tiempo. Antes para construir una casa bastaba con elegir materiales propios de la naturaleza y de la zona donde se pretendía emplazarla como la tierra, la madera, etc., consiguiendo con ello la adaptación al entorno, así como a las condiciones climatológicas del lugar.

Con esto se entiende que no se producía degradación del medio ambiente ya que la construcción estaba integrada en la naturaleza. Pero a lo largo del tiempo y con la revolución industrial estos preceptos han sido sustituidos por el empleo de materiales de construcción sintéticos y materiales procedentes de sitios alejados, lo que conlleva un gasto energético en el transporte de estos, etc. Todos estos cambios, entre otros, han contribuido a la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.

Hoy en día se está ante una sociedad muy industrializada donde las personas pasan la mayor parte del tiempo en sus casas o en el trabajo, lo que implica a veces un ritmo de vida bastante acelerado que genera un constante estrés y un estilo de vida insatisfecho. ¿Por qué uno se siente relajado en la playa, montaña o campo?, quizá es porque al estar en contacto con la naturaleza se produce una sensación de bienestar que a veces es difícil de encontrar en los propios hogares ya que en la mayoría de los casos no se tiene en consideración la presencia de una serie de factores que influyen de forma negativa en la salud de los ocupantes, como el uso de materiales de construcción sintéticos que liberan compuestos orgánicos volátiles (COV), tecnologías que emiten campos electromagnéticos, etc.

Dentro de este contexto la “Baubiologie” cobra gran importancia ya que trata a los edificios como seres vivos que enferman y respiran debido a que la envolvente de la edificación se concibe como una tercera piel del ser humano después de la ropa y la epidermis. Se intenta cambiar con ello la percepción de los espacios donde se vive y trabaja al entender de qué forma la salud de las personas está relacionada con la salud de la edificación.

La palabra Baubiologie es de origen alemán y traducida al castellano significa biología de la construcción o bioconstrucción. Se trata de un término que traspasa el concepto de sostenibilidad, siendo este uno de los puntos entre los muchos que engloba la bioconstrucción. Por lo tanto, la expresión construcción sostenible resulta insuficiente cuando se apunta a los efectos de los materiales de construcción, campos electromagnéticos artificiales, alteraciones telúricas, etc., sobre la salud. Aunque se sobreentiende que el uso de un material que no tenga secuelas negativas sobre el medioambiente será por consiguiente saludable para las personas, pero no siempre es así. La construcción sostenible se enfoca principalmente en el medio ambiente, ahorro de energía, etc., pero no sobre la salud de forma primordial.

Es importante que la construcción vaya junto con la salud a través del empleo de materiales compatibles con la biología del ser humano porque no tiene sentido que estos sean efectivos y con excelentes prestaciones, pero a la vez perjudiciales.

---

## 0.2 JUSTIFICACIÓN.

---

Actualmente el sector de la construcción está progresando en lo relativo a la sostenibilidad mediante el empleo de materiales de bajo impacto ambiental, aumento del uso de energías renovables y mejora de eficiencia energética en los edificios para cumplir con lo marcado por distintas normativas que tienen como objetivo la limitación de la negativa contribución del sector al cambio climático.

Sobre dichos aspectos existe un gran abanico de información, trabajos e investigaciones. En cambio, la bioconstrucción, que constituye un concepto más profundo y amplio, además de haber tenido una reciente incorporación en España en comparación con otros países como Alemania, Francia o Suiza, es un tema bastante incomprendido y poco investigado. Si bien, cabe decir que se observa un notable interés por parte de los profesionales del sector acerca de la arquitectura ecológica, el hábitat saludable, geobiología, la innovación en los procesos constructivos tradicionales, etc.

Se plantea por ello este trabajo, que se dirige a clarificar el concepto de bioconstrucción a través de la presentación de los diferentes principios sobre los que se sustenta, así como del análisis de los principales materiales y técnicas constructivas por los que ella aboga.

---

## 0.3 OBJETIVOS.

---

El presente trabajo tiene como objetivo general proporcionar una guía de bioconstrucción como una herramienta para la correcta elección de materiales y sistemas constructivos sostenibles y saludables a la hora de proyectar una edificación.

Como objetivos específicos se pretende:

- Realizar una aproximación al concepto de bioconstrucción mediante la definición y análisis de las distintas disciplinas que esta engloba.
- Identificar y desarrollar los principios que rigen la arquitectura bioconstructiva.
- Analizar y evaluar los materiales de construcción desde un enfoque bioconstructivo.

- Analizar y evaluar los sistemas de construcción desde un enfoque bioconstructivo.
- Estudiar la aplicación de los principios y sistemas bioconstructivos mediante la presentación y análisis de diferentes edificaciones realizadas.
- Aplicar a un caso práctico los principios de la bioconstrucción mediante la propuesta de materiales y sistemas bioconstructivos realizando también un análisis comparativo de sus prestaciones con respecto a los materiales y sistemas constructivos convencionales.

---

## 0.4 ESTADO DEL ARTE DE LA BIOCONSTRUCCIÓN.

---

### 0.4.1 Instituto de Baubiologie + Sostenibilidad (IBN)

El primer referente en esta materia y que sigue siéndolo hasta hoy en día es el Instituto alemán “Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN” (Instituto de Baubiologie + Sostenibilidad), fundado en 1976 por Anton Schneider inicialmente como “Institut für Baubiologie” (Instituto de Baubiologie), cuyo nombre se cambió en 1983 a “Institut für Baubiologie + Ökologie Nuebeurn” (Instituto de Baubiologie + Ecología Nuebeurn) hasta 2014.

Actualmente el IBN está dirigido por el hijo de Anton Schneider, Winfried Schneider. Su sede se encuentra ubicada en Rosenheim (Alemania) y se trata de un proyecto referente en el ámbito de la bioconstrucción. En España el instituto filial es el “Instituto Español de Baubiologie IEB”, fundado en 2009 por Anton Schneider, con sede en El Pueyo de Araguas (Huesca), dirigido actualmente por la arquitecta Petra Jebens-Zirkel.

Las principales actividades que lleva a cabo el IBN son:

#### *Formación IBN.*

La formación del IBN se basa en impartir un Curso, así como un Máster en el tema. El Curso de Bioconstrucción habilita el título de “Biólogo de Construcción IBN” ofrecido desde 1977 y se estructura en seis grandes bloques que estudian:

- Bloque 1: introducción a la bioconstrucción.
- Bloque 2: biología de los materiales y la física de la construcción, los sistemas de calefacción y ventilación, instalación sanitaria y la eficiencia energética en la construcción.
- Bloque 3: contaminantes físicos, biológicos y químicos presentes en el aire interior.

- Bloque 4: ruido y aislamiento acústico, relaciones de espacio-forma-proporción y la arquitectura psicológica.
- Bloque 5: espacios abiertos ajardinados, la fisiología del hogar y la ergonomía del mobiliario.
- Bloque 6: iluminación natural, artificial, y efecto de los colores sobre la salud.

En cuanto al Máster de Bioconstrucción, este se imparte de forma semipresencial y online en diferentes países con duración de dos años, siendo impartido en España por la Universidad de Lleida. Engloba las temáticas descritas anteriormente de forma más extensa, así como varios temas más profundos. Está estructurado en veinticinco módulos que estudian:

- Módulo 1: marco actual de la bioconstrucción como asignatura y su categoría científica, las investigaciones científicas realizadas hasta ahora, así como el perfil de especialistas en el tema.
- Módulo 2: medio ambiente y el sitio donde se ubica el edificio.
- Módulo 3: factores que influyen en el ambiente interior como la temperatura, la humedad atmosférica interior, calefacción, ventilación, etc.
- Módulo 4: sistemas constructivos como la construcción con madera, obras de fábrica y tierra, hormigón en masa y hormigón armado, construcción con balas de paja, etc.
- Módulo 5: ciclo de vida de los materiales de construcción, sellos de calidad y distintivos ecológico de los productos de construcción, compatibilidad ambiental de empresas y obras, etc.
- Módulo 6: tipos de tratamiento y conservación de la madera.
- Módulo 7: consideración y evaluación holística de los materiales y sistemas de construcción, normas técnicas de medición en bioconstrucción, etc.
- Módulo 8: efectos de la calefacción radiante desde el punto de vista de la salud, evaluación bioconstructiva y económica de distintos tipos de calefacción, proceso de elección de un sistema de calefacción con leña, renovación del aire interior, los agentes contaminantes presentes, etc.
- Módulos 9 y 10: sistemas de ahorro del agua y aparatos sanitarios.
- Módulo 11: radiaciones procedentes de los campos continuos y alternos, así como los procedentes de las ondas electromagnéticas, el gas radón, valores de referencia y valores límite de estas radiaciones.
- Módulo 12: instalaciones eléctricas domésticas y electricidad generada por energías renovables como la energía solar.

- Módulo 13: contaminantes presentes en el aire interior como fibras y partículas, metales pesados, sustancias nocivas volátiles, etc.
- Módulo 14: contaminación acústica y cómo influye el ruido sobre la salud, el coste económico de los distintos sistemas de protección acústica, el aislamiento acústico en edificios, etc.
- Módulos 15 ,16, 17, 18 y 19: diseño de la edificación teniendo en cuenta la proporción, la imitación de las formas a partir de elementos existentes en la naturaleza, la consideración de la psicología del hábitat y el medio ambiente, los efectos de la monotonía, paisajes urbanos, la forma eco social de vida y de sociedad, marco legal y ordenación territorial, espacios no edificados, protección de la naturaleza, biodiversidad y planificación regional.
- Módulo 20 y 21: fisiología en la vivienda, los muebles de asientos y mesas, la cama, mobiliario, etc.
- Módulo 22 y 23: luz e iluminación natural y artificial, pinturas y tratamiento de superficies, así como los efectos psicológicos de los colores.
- Módulo 24: legislación, ejecución de obra, control de calidad en bioconstrucción, situación jurídica de la especialización en bioconstrucción, etc.
- Módulo 25: especialidad de la bioconstrucción en la práctica como la relación de esta con las ramas de la salud y asesoría empresarial en bioconstrucción.

Asimismo, junto con el Curso y Máster en Bioconstrucción, se ofrecen seminarios de especialización como Técnico de Medición IBN que permite la calificación de los técnicos para el análisis y medición de los factores de riesgo físicos, químicos y biológicos presentes en los hogares. Cuenta con una duración entre 128 y 160 horas presenciales y constituye una de las especializaciones más relevantes de la bioconstrucción.

Además del Técnico de Medición IBN se organizan los seminarios para la consultoría de energía de edificios de bioconstrucción IBN que califica a los técnicos para ser Consultores de Energía de edificios, así como para el asesoramiento para la renovación. Y seminarios para la calificación de Diseñador de Interiores IBN estructurados en tres bloques en los que son abordados respectivamente temas relacionados con los materiales naturales; color y espacio; luz y diseño.

#### *Divulgación y publicaciones IBN.*

El IBN realiza divulgación de la bioconstrucción mediante la publicación trimestral desde 1979 de la revista electrónica en alemán “Wohnung + Gesundheit” (Apartamento + Salud) en la que se tratan temas relacionados con la salud en los hogares, los materiales sanos y ecológicos, la arquitectura artesanal, etc.

En la página web del IBN se puede comprar una serie de libros en alemán disponibles de forma física y electrónica relacionados con los materiales de construcción,

construcción en obra nueva y la rehabilitación, enfermedades de los edificios, ambiente interior, etc.<sup>1</sup>

#### *Investigación, asesoramiento, medición y especialización IBN.*

El IBN realiza actividades de investigación, asesoría en centros de asesoramiento para edificios nuevos y rehabilitados. Así, elabora informes de bioconstrucción, análisis de espacios interiores tanto en viviendas como espacios de trabajo y terreno mediante la Norma Técnica de Medición en bioconstrucción SBM-2015, siendo esta última la octava edición, que deroga a la anterior norma SBM-2008.

La citada norma fue desarrollada en 1992 por expertos en bioconstrucción procedentes de distintas disciplinas como la arquitectura, la física, la química, la biología, la medicina ambiental, etc. Su objetivo es regular los aspectos físicos, químicos y biológicos de forma exhaustiva con el fin de detectar y eliminar o minimiza los riesgos de dichos contaminantes sobre la salud de las personas a través de disposición de medidas correctoras. (Se desarrolla más adelante en el apartado 1.5.4.)

La norma se estructura en tres grandes grupos en función de los tipos de contaminantes que son físicos (grupo A), químicos (grupo B) y biológicos (grupo C):

- Grupo A, de campos, ondas y radiación. Se miden los campos eléctricos y magnéticos alternos y continuos, las ondas electromagnéticas, la radiactividad (gas radón) y las perturbaciones geológicas.
- Grupo B, de toxinas domésticas, agentes contaminantes, ambiente interior. Se miden los compuestos orgánicos tanto los muy volátiles como los poco volátiles, el formaldehído y otros agentes gaseosos, las partículas y fibras, la humedad relativa interior, electricidad atmosférica, etc.
- Grupo C, de hongos, bacterias y alérgenos.

#### *Certificación IBN*

A partir del 2017 el instituto establece certificaciones de bioconstrucción para sistemas y métodos de construcción, edificios y habitaciones. Otorgando un sello de aprobación certificando el edificio con calificación de “biológicamente recomendado”, así como una lista de materiales con el nombre del producto, fabricante, campo de aplicación y breves descripciones.

#### *Centros filiales IBN.*

A fecha de hoy existen diversos centros filiales de IBN en todo el mundo relacionados con la bioconstrucción como:

IBN de Baubiologie de Alemania en inglés [www.buildingbiology.com](http://www.buildingbiology.com) (Alemania).

---

<sup>1</sup> IEB: Instituto Español de Baubiologie [web en línea] [consulta:30/12/2017]. Disponible en: <http://www.baubiologie.es>

VB - Verband Baubiologie [verband-baubiologie.de](http://verband-baubiologie.de) (Alemania).  
VDB - Berufsverband Deutscher Baubiologen [baubiologie.net](http://baubiologie.net) (Alemania).  
BBI - Baubiologisches Institut Linz [baubiologie.or.at](http://baubiologie.or.at) (Austria).  
HDB - Haus der Baubiologie [hausderbaubiologie.at](http://hausderbaubiologie.at) (Austria).  
AIBB - Australian Institute of Building Biology [buildingbiology.org.au](http://buildingbiology.org.au) (Australia).  
IEB - Instituto Español de Baubiologie [baubiologie.es](http://baubiologie.es) (España).  
IBEF - Institut français de Baubiologie [baubiologie.fr](http://baubiologie.fr) (Francia).  
CBB - Centre for Building Biology [buildingbiology.in](http://buildingbiology.in) (India).  
BBA - Building Biology Association [buildingbiology.co.uk](http://buildingbiology.co.uk) (Inglaterra).  
Baubiologie Südtirol [baubiologie.bz.it](http://baubiologie.bz.it) (Italia).  
BIJ - Baubiologie Institute of Japan [baubiologie.jp](http://baubiologie.jp) (Japón).  
Baubioswiss [baubio.ch](http://baubio.ch) (Suiza).  
YBE - Yapi Biyolojisi & Ekolojisi Enstitüsü [yapibiyolojisi.org](http://yapibiyolojisi.org) (Turquía).

#### **0.4.2 Asociación de Estudios Geobiológicos (GEA).**

Paralelamente al IEB, otro referente en esta materia a nivel nacional es la “Asociación de Estudios Geobiológicos GEA”, fundada en 1991 por Mariano Bueno (junto con otros compañeros), se trata de una entidad independiente y sin ánimo de lucro, cuya finalidad es el estudio, investigación y divulgación de la geobiología, la bioconstrucción y todos los aspectos relacionados con la salud, el hábitat y el medioambiente.

##### *Formación GEA.*

A partir del momento en el que se fundó GEA, se llevó a cabo la formación a través de talleres, cursos y jornadas. Ejemplo de ello es el Curso de Gestión Medioambiental, con el objetivo de proporcionar un alto nivel de formación en el ámbito de la bioconstrucción, el medio ambiente y las energías alternativas. Junto a él pueden mencionarse otros como el Curso de Bioconstrucción, Curso de Energías Renovables, Curso de Geobiología y Curso de Jardinería Sostenible.

Desde 2008 en GEA se ofrece formación de prospectores de geobiología y biohabitabilidad, con objeto de unificar metodologías y criterios de trabajo. Partiendo de la base metodológica y material ofrecido por el convenio de colaboración firmado con “Forschungskreis für Geobiologie Dr. Hartmann e.V” (Grupo de Investigación en Geobiología), la documentación ha sido traducida, adaptada y complementada con las aportaciones de expertos españoles.

Estos cursos de formación GEA se estructuran en tres bloques diferenciados donde cada uno se compone de tres seminarios con una duración de dos años, y estudian:

- Bloque 1: introducción a la geobiología, bioconstrucción, biohabitabilidad y radiestesia en el cual se realizan diferentes prácticas para manejar los instrumentos radiestésicos como las varillas, péndulos, y equipos electrónicos de medición de los campos electromagnéticos, así como las técnicas de percepción mediante la sensibilidad personal.
- Bloque 2: prospecciones de habitaciones y terrenos con la contratación de los resultados obtenidos entre alumnos y expertos, así como la profundización en los temas relacionados con los campos electromagnéticos de alta y baja frecuencia.
- Bloque 3: módulos de aptitud profesional complementarios que consisten en jornadas técnicas con el objetivo de reunir a expertos en las materias abordadas, con el fin de profundizar en las tres áreas básicas de la práctica geobiológica. El primer módulo trata sobre la radiestesia aplicada a la geobiología, el segundo módulo lo campos electromagnéticos y equipos electrónicos de medición, y el ultimo módulo geobiología aplicada.

#### *Divulgación y publicaciones GEA.*

Desde dicha asociación se han llevado a cabo una serie de labores como la creación de la página web de la Agenda de la Construcción Sostenible en 1999 junto con el Colegio de Arquitectos Técnicos y la Universidad Politécnica de Barcelona. Dicha página web, que sigue aún vigente, recoge recursos para la aplicación de la bioconstrucción.<sup>2</sup>

Se han organizado además diferentes jornadas como las primeras Jornadas de Bioconstrucción en Mallorca en 2001; Jornadas de Bioconstrucción y Bioclimática en Fira Natura Lleida en 2001; la primera Feria de Bioconstrucción GEA en Barcelona en 2001; primero Congreso Internacional Salud y Hábitat, celebrado en 2006 en Barcelona; Jornadas de Bioconstrucción “Hacia un hábitat más sano y ecológico” en Construmat en 2007; primer Congreso de Bioarquitectura, Arquitectura, clima y salud, celebrado en 2011 en Barcelona, etc.

Al igual que el IBN, la asociación publica una revista de forma trimestral en forma de boletines desde 1991 donde presenta noticias e información de interés relacionados con la geobiología y bioconstrucción. En 2001 se publicó la primera revista en España dedicada a la bioconstrucción, la revista “ReHabitat” (Silvestre, 2016). Esta publicación dejó de editarse en 2004, naciendo como consecuencia la revista “EcoHabitat”, también con carácter trimestral. Dicha revista, vigente hasta hoy en día, cuenta con una página web de gran interés, y edita y difunde varias publicaciones relacionadas con la bioconstrucción. Actualmente colabora con el IEB en lo relativo a la formación, investigación y desarrollo técnico de la bioconstrucción.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Agenda de la Construcción Sostenible [web en línea] [consulta: 02/01/2018]. Disponible en: <http://www.csostenible.net/>

<sup>3</sup> EcoHabitat [web en línea] [consulta: 15/12/2018]. Disponible en: [www.ecohabitar.org](http://www.ecohabitar.org)

Además de los boletines GEA y la revista “EcoHabitar”, se publican de forma bianual los Cuadernos Monográficos GEA: “Geobiología y Biohabitabilidad. La salud a través del hábitat” y “Radiestesia y Geobiología. Prácticas de sensibilidad personal”.

#### *Investigación GEA.*

Los resultados de las diferentes investigaciones realizadas por GEA, fruto de los esfuerzos de algunos socios de la asociación, quedan recogidos en los diferentes boletines de esta.

#### *Centros filiales GEA.*

Existen filiales de GEA España en otros países, como Argentina, Colombia, Chile, Cuba, México y Suiza.

### **0.4.3 Marco normativo.**

En España, las principales normativas de obligado cumplimiento que regulan el sector de la construcción son la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), Código Técnico de la Edificación (CTE), Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), así como otras normativas reglamentarias de seguridad industrial, etc.

#### 0.4.3.1 Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

##### *Definición.*

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) con número 266, es la base fundamental del proceso edificatorio en España donde establece los requisitos básicos de los edificios, actualiza y completa la configuración legal de los agentes que intervienen en el proceso de construcción.<sup>4</sup>

La ley fija los requisitos básicos relativos a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad para garantizar el bienestar de la sociedad, seguridad de las personas y protección del medio ambiente definidos en el artículo 3 de la misma.

##### *Objetivos.*

Según el artículo 1 de la LOE, se exponen los objetivos de la norma, que son la regulación del proceso de edificación mediante la definición de las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, determinación de las garantías necesarias para el adecuado desarrollo de esta, con el fin de asegurar la calidad a través del cumplimiento de los requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios.

---

<sup>4</sup> BOE: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [web en línea] [consulta: 18/05/2018]. Disponible en: <https://www.boe.es/>

### *Ámbito de aplicación.*

Según el artículo 2.1 de la LOE, esta es de aplicación al proceso de la edificación, es decir, la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén relacionados con los grupos mencionados anteriormente. Expresados en el artículo 2.2 de la misma.

### 0.4.3.2 Código Técnico de la Edificación (CTE).

#### *Definición.*

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por lo que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE) nace de la LOE, se trata del marco normativo que establece las exigencias que los edificios han de cumplir en lo relativo a los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad fijados por esta.<sup>5</sup>

En el área de seguridad, están los Documentos Básicos (DB) de Seguridad Estructural, Seguridad en Caso de Incendios y la Seguridad de Utilización. Mientras, en el área de habitabilidad están los relacionados con la Salubridad, la Protección frente al Ruido y el Ahorro de Energía.

Estos Documentos Básicos son textos técnicos donde se determinan las exigencias básicas, los límites y la cuantificación de dichas exigencias y una relación de procedimientos que permiten su cumplimiento.

#### *Objetivos.*

Los objetivos de los documentos básicos del CTE se recogen en los siguientes artículos:

- Artículo 10 del Documento Básico Seguridad Estructural (SE): garantizar que la estructura posee un buen comportamiento frente a las diferentes acciones que actúan sobre ella durante la construcción, así como a lo largo de su vida útil.

---

<sup>5</sup> CTE: Código Técnico de la Edificación [web en línea] [consulta: 18/05/2018]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/>

- Artículo 11.1 del Documento Básico Seguridad en Caso de Incendio (SI): disminuir a niveles aceptables los riesgos que provienen de un incendio accidental en un edificio que causen daños a los ocupantes de este.
- Artículo 12.1 del Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad (SUA): disminuir a niveles aceptables los peligros sufridos por los ocupantes derivados del uso de este, además de favorecer su utilización y accesibilidad de forma independiente y segura a las personas discapacitadas.
- Artículo 15.1 del Documento Básico Ahorro de Energía (HE): limitación de la demanda energética del edificio estableciendo su adecuada gestión, con el mínimo uso de esta teniendo en cuenta el enfoque sostenible, además del apoyo de las energías renovables.
- Artículo 13.1 del Documento Básico Protección frente al Ruido (HR): limitación de los daños sufridos por los ocupantes del edificio, provocados por el ruido, siempre y cuando esto ocurra dentro de las condiciones normales del uso de este.
- Artículo 14.1 del Documento Básico Salubridad (HS): limitación de riesgo de molestias o enfermedades como consecuencia de la utilización del edificio dentro de las condiciones normales del uso de este, además de la limitación de su deterioro y del daño que provoca sobre el medio ambiente.

#### *Ámbito de aplicación.*

Según el artículo 2, Disposiciones generales de la parte 1 del CTE, será de aplicación, en los términos establecidos en la LOE y con las limitaciones que en el mismo se definen, a las construcciones públicas y privadas, en las cuales sus proyectos necesitan disponer de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible:

- Obras de edificación de nueva construcción, exceptuando aquellas edificaciones de una planta de carácter constructivo y técnico sencillo, no destinadas a uso residencial o público y sin afectar a la seguridad de las personas.
- Aquellas intervenciones en edificios existentes cuyo cumplimiento tenga que justificarse en el proyecto o la memoria llevada a cabo por el técnico competente, junto a la solicitud de licencia o de autorización administrativa para las obras.
- Cuando se cambia el uso característico de un edificio existente se deberán cumplir las exigencias básicas del CTE.

#### 0.4.3.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

##### *Definición.*

El Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), es el marco reglamentario que regula los

aspectos relacionados con el diseño, instalación y mantenimiento de las instalaciones de climatización y de producción de agua caliente sanitaria.

*Objetivos.*

Según el artículo 1 del RITE, tiene como objetivo establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que tienen que cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como establecer los procedimientos para garantizar su cumplimiento.<sup>6</sup>

*Ámbito de aplicación.*

Según el artículo 2, se aplica a aquellas instalaciones térmicas en edificios de nueva construcción, así como en edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan.<sup>7</sup>

#### 0.4.3.4 Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

*Definición.*

El Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), es la normativa que regula el cálculo y seguridad en las estructuras de hormigón.

*Objetivos.*

Según el artículo 1, la EHE-08 tiene como objetivo determinar las exigencias que tienen que cumplir las estructuras de hormigón durante la fase de proyecto, construcción y mantenimiento para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y de seguridad en caso de incendio, así como la protección del medio ambiente, mediante la proporción de los procedimientos que permiten su cumplimiento con suficientes garantías.

*Ámbito de aplicación.*

El artículo 2, establece que la norma es de aplicación a todas las estructuras y elementos de hormigón estructural, de edificación o de ingeniería civil, exceptuando los siguientes casos de estructuras:

- Mixtas de hormigón y acero estructural (las estructuras mixtas de hormigón estructural y otro material distinto que posee función resistente).

---

<sup>6</sup> Las instalaciones térmicas son aquellas fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria (ACS).

<sup>7</sup> Cuando el cambio que se realiza en las instalaciones térmicas implica la modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada, como el cambio del tipo de energía utilizada, incorporación de nuevos sistemas, aumento del número de equipos generadores de calor o frío, etc.

- En las que la acción del pretensado se introduce a través de armaduras activas fuera del canto del elemento.
- Realizadas con hormigones especiales que no están considerados en la norma, como los pesados, refractarios, etc.
- Expuestas a temperaturas superiores a 70°C.
- Tuberías de hormigón para la distribución de fluidos y presas.

#### 0.4.3.5 Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).

##### *Definición.*

El Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) es la normativa que regula la construcción de estructuras sismorresistentes en España. Publicada en dos partes, General y edificación, y Puentes. Es elaborada por la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (CPNS).

##### *Objetivos.*

Según el artículo 1, la norma tiene como objetivo establecer los puntos que han de seguirse para la consideración de la acción del sismo en la fase de proyecto, construcción, reforma y conservación de construcciones con el fin de evitar la pérdida de vidas humanas, así como la reducción de los daños y costes económicos originados por futuros terremotos.

##### *Ámbito de aplicación.*

Según el artículo 1.2.1, la norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta, así como en los casos de reforma o rehabilitación.<sup>8</sup>

Las edificaciones se clasifican en función del uso y el grado de daños que pueda ocasionar su destrucción:<sup>9</sup>

- De importancia moderada.

Las edificaciones con probabilidad despreciables de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos.

---

<sup>8</sup> Se refiere a las obras de rehabilitación o reforma en las que se modifica la estructura, se consideran como nueva construcción.

<sup>9</sup> El artículo 1.2.3 expone que no es de aplicación la norma en los casos de construcciones de importancia moderada, normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  es inferior a 0,04g, siendo g la aceleración de la gravedad.

- De importancia normal.

Las edificaciones cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para uso colectivo, o producir considerables daños económicos, no tratándose de un servicio imprescindible y sin generar efectos catastróficos.

- De importancia especial.

Las edificaciones cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio para la colectividad o dar lugar a efectos catastróficos. Como los hospitales, edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas, edificios de bomberos, policía, fuerzas armadas, centrales eléctricas, centros de transformación, aeropuertos, puerto, ferrocarriles, etc.

#### **0.4.4 Referencias bibliográficas.**

Para el desarrollo del trabajo, se ha apoyado sobre una serie de referencias bibliográficas sobre la bioconstrucción, una rama de conocimiento que no solo implica la disciplina de la arquitectura, sino también la salud, la psicología, etc. Así, se ha consultado en primer lugar las obras específicas sobre el tema abordado para llevar a cabo una comprensión general, y después diferentes obras relacionadas con diferentes temáticas como la salud en los hogares, bioclimatismo, sostenibilidad, etc.

##### *Bioconstrucción.*

Dentro de las publicaciones sobre bioconstrucción escritas en castellano se encuentra *Guía de Bioconstrucción: Sobre materiales y técnicas constructivas saludables y de bajo impacto ambiental* (1999), del arquitecto Camilo Rodríguez Lledó, trata de manera práctica algunas técnicas indicando los materiales de bioconstrucción más utilizados, además de incluir un directorio de empresas del área. Esta obra fue una de las primeras referencias bibliográficas específicas sobre el tema en España,

Seguidamente se encuentra el libro *Bioconstrucción: Como crear espacios saludables, ecológicos y armoniosos* (2015), del arquitecto Ángel Martínez Martínez, donde se realiza un recorrido completo desde la cimentación hasta los tipos de acabados a utilizar en bioconstrucción, así como por otros aspectos relacionado con la salud en el hogar.

Aparte de las obras nacionales, una obra que cobra un cierto interés es *Building Biology: Criteria and architectural design* (2018), de la arquitecta Nurgül Ece, redactado en alemán y traducido al inglés, donde se explican los principios de la bioconstrucción que se imparten en el Curso de Bioconstrucción y se recoge una colección de ejemplos de proyectos bioconstructivos construidos en diferentes sitios de los cuales destaca la construcción de la nueva sede del IBN como un ejemplo más.

Además de los libros específicos, se han consultado varias publicaciones sobre temas afines y que a la vez se encuentran íntimamente relacionados entre sí. Estos han sido

ordenados en función de las temáticas más importantes y conforme a los apartados en que se estructura el presente trabajo:

#### *Construcción sostenible.*

La construcción sostenible es la temática que engloba la bioconstrucción y tiene en cuenta el respeto hacia el medioambiente mediante la utilización de materiales de construcción de bajo impacto ambiental, así como la adecuada gestión de los recursos naturales.

Las obras relacionadas con la construcción sostenible son muy amplias, por lo que se citan algunas obras consultadas como *La enseñanza de la arquitectura y del medio ambiente* (1997), de la arquitecta Natividad Casado Martínez junto con otros arquitectos. La publicación trata de tener en cuenta el medio ambiente cuando se realiza un proyecto de edificación mediante la exposición de información relativa a los materiales, residuos, etc. Otra obra interesante es *Sustainable construction* (2008), de la ingeniera en diseño y tecnología Sandy Halliday.

#### *Construcción bioclimática.*

Un tema que forma parte de las distintas disciplinas de la bioconstrucción es la arquitectura bioclimática, cuyo objetivo final es la capacidad de un edificio de autorregularse térmicamente sin necesidad de sistemas de climatización y calefacción, o en el caso de que sea posible sus usos, sea mínima. Consiguiendo con ello una alta eficiencia energética.

Con respecto a la construcción bioclimática, se puede encontrar una amplia bibliografía. Una obra clásica que sirve como referencia a muchos arquitectos e ingenieros interesados en el tema es *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (1998), del arquitecto, urbanista y pionero en bioclimatismo Víctor Olgyay. En ella se exploran las relaciones entre edificios y el medio natural que los envuelve, entre “arquitectura” y “lugar”, “forma” y “clima”, “urbanismo” y “regionalismo”.

#### *Hábitat saludable: geobiología y biohabitabilidad.*

En lo relativo a la temática de la salud en el hogar, es un tema muy amplio que abarca de forma conjunta el término de geobiología y biohabitabilidad. A su vez estos dos conceptos engloban un gran abanico de puntos (contaminantes en el aire interior, alteraciones de los campos electromagnéticos, materiales de construcción, iluminación, radiactividad, etc.).

Entre las obras más destacadas se encuentra *El libro práctico de la casa sana* (2004) y *El gran libro de la casa sana* (2010), del geobiólogo y pionero en todo lo relativo con el hábitat saludable Mariano Bueno. La primera proporciona una guía práctica en la cual se lleva a cabo las pautas y estrategias a seguir para convertir los espacios interiores en sitios más saludables y cuenta con más de 10 ediciones. Y la segunda pretende adecuar el hogar a los criterios de la vida saludable.

Otra obra interesante es *Casa saludable: Como hacer de tu hogar un entorno más sano* (2009), realizada de forma conjunta por Mariano Bueno y la bióloga Elisabet Silvestre, experta en temas de biohabitabilidad. En ella se expone de forma clara y precisa los criterios de biohabitabilidad que aportan alternativas y soluciones para vivir en espacios más saludables.

Destacan también las obras *Hogar sin tóxicos: Cómo prevenir enfermedades eliminando los venenos domésticos* (2013), del naturalista, periodista y escritor Carlos de Prada, y *Vivir sin tóxicos: Como ganar bienestar y salud en tu vida cotidiana* (2014), de Elisabet Silvestre. En esta última se hace hincapié en los diferentes elementos que componen un hogar desde los materiales de construcción hasta la ropa, y como afectan la salud y que soluciones se ofrecen. Dentro de la misma temática y con igual importancia que las obras anteriores está el libro *Arquitectura y salud: Metodología de diseño para lograr una arquitectura saludable y ecológica* (2014), del arquitecto e ingeniero informático Luis De Garrido, que describe la estrategia general de diseño para obtener una arquitectura saludable.

#### *Materiales de construcción.*

Con respecto a los materiales de construcción, estos forman parte de las temáticas relativas a la bioconstrucción, ya que en cada una de ellas juegan un papel fundamental. Para el desarrollo del presente trabajo se ha consultado una obra genérica sobre los materiales de construcción, denominada *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* (2006), de los ingenieros William F. Smith y Javad Hashemi. Esta abarca las propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas de los materiales de construcción convencionales (metales, materiales cerámicos, polímeros, etc.), así como los materiales biológicos y biomateriales.

Además, se ha llevado a cabo también una consulta específica atendiendo a la naturaleza de estos como *Tecnología de los metales* (1992), de Hans Appold junto con otros autores; *Tecnología de la madera* (2006), de Santiago Vignote Peña y Isaac Martínez Rojas, etc.

#### *Sistemas constructivos.*

Con respecto a los sistemas constructivos convencionales se ha consultado una obra genérica denominada *Construcción: elementos y sistemas constructivos* (2006), del arquitecto Vicente Ferrándiz Araújo.

#### *Materiales y sistemas bioconstructivos.*

En lo relativo a los materiales y sistemas bioconstructivos se ha consultado: *Casas de madera: Los sistemas constructivos a base de madera aplicados a las viviendas unifamiliares* (1995), del arquitecto José Enrique Peraza Sánchez junto con otros autores. *Techos verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos* (2004) del arquitecto e ingeniero alemán Gernot Minke. *Guía de construcción sostenible* (2005), del arquitecto Antonio Baño Nieva y el ingeniero técnico de obras públicas Alberto Vigil-Escalera del Pozo. En ella se sugieren materiales, sistemas constructivos y equipos más adecuados

ambiental o energéticamente. *Manual de construcción con fardos de paja* (2005), de Gernot Minke junto con Mahlke Friedemann. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (2005) de Gernot Minke. Otra obra es *Guía de materiales para una construcción sostenible* (2008), de los arquitectos técnicos Francisco Periago Carretero y Javier Tornero Franco. Este libro, editado por el Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia (COATIEMU), recopila una serie de materiales, sistemas constructivos, así como sistemas de instalaciones sostenibles. *Manual de construcción con bambú* (2010), de Gernot Minke.

Los autores mencionados en las bibliografías consultadas como Mariano Bueno y Elisabeth Silvestre (geobiología y biohabitabilidad), Víctor Olgyay (construcción bioclimática), Gernot Minke (construcción sostenible) y Luis De Garrido (construcción bioclimática y sostenible), se consideran importantes referencias en dichas temáticas, por lo que estos se estudian detalladamente en el capítulo 1.

---

## 0.5 METODOLOGÍA DEL TRABAJO.

---

El presente trabajo se estructura en los capítulos que se desarrollan a continuación:

Capítulo 0: Introducción.

Justificación de la elección del tema y los objetivos tanto generales como específicos que se pretenden conseguir a través de cada capítulo. Elaboración del estado del arte acerca de la bioconstrucción, referenciándose las principales instituciones y organizaciones sobre la materia tanto a nivel internacional como nacional, el marco normativo y una selección de diferentes publicaciones consultadas.

Capítulo 1: Aproximación al concepto de bioconstrucción.

Aproximación a la bioconstrucción a través de la definición de esta, cómo y en qué contexto surgió dicho concepto, complementándolo con la explicación y desarrollo de las diferentes temáticas afines como la construcción sostenible, construcción bioclimática y hábitat saludable: geobiología y biohabitabilidad.

Capítulo 2: Principios de bioconstrucción.

Exposición detallada de las reglas básicas que rigen la bioconstrucción, como la adecuada elección del terreno libre de campos electromagnéticos, materiales de construcción sanos y libres de tóxicos, protección acústica, clima interior saludable a través de materiales y sistemas que proporcionen un aire más limpio y libre de contaminantes, diseño interior a través de una adecuada iluminación natural y ergonomía

en el mobiliario, utilización de materiales cercanos a la obra y de bajo impacto medioambiental, empleo de energías renovables y una adecuada gestión del agua.

### Capítulo 3: Materiales en bioconstrucción.

Desarrollo de cada uno de los materiales de construcción mediante la definición, clasificación, usos, características, proceso de fabricación, análisis del impacto sobre el medio ambiente y salud en cada etapa de ciclo de vida del material desde una perspectiva bioconstructiva.

### Capítulo 4: Sistemas bioconstructivos.

Presentación de la guía de bioconstrucción, donde se recogen alternativas bioconstructivas a los sistemas constructivos convencionales, así como los sistemas de instalaciones eléctricas, de fontanería y saneamiento, calefacción, refrigeración y ventilación, además de considerar los materiales usados en los muebles, el lugar donde se ubica en edificio, etc.

### Capítulo 5: Proyectos bioconstructivos.

Recopilación de diferentes ejemplos de edificaciones de carácter bioconstructivo donde se establece una lista de chequeo sobre el cumplimiento de los principios de la bioconstrucción y su aplicación a cada proyecto, análisis de los materiales y sistemas constructivos empleados, así como un estudio estadístico respecto al cumplimiento de dichos principios.

### Capítulo 6: Caso práctico.

Análisis de un caso práctico a través de la selección de un proyecto de un edificio proyectado con materiales y sistemas convencionales y la correspondiente propuesta de materiales y sistemas considerando los criterios de la bioconstrucción.

### Capítulo 7: Conclusiones.

Exposición de las conclusiones relativas a los capítulos definidos anteriormente.

### Bibliografía.

Las referencias bibliográficas mencionadas anteriormente se consideran las más importantes, pero cabe destacar que se ha consultado otras obras que igualmente quedaran reflejadas en la bibliografía final.

### Anexos.

En los anexos se adjuntan las fichas justificativas del cálculo del DB-HE1 y DB-HR relativas a los sistemas constructivos alternativos a los convencionales desarrolladas en el capítulo 6.

---

**CAPÍTULO 1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE  
BIOCONSTRUCCIÓN.**

---



---

## 1.1 CAMBIO CLIMÁTICO: EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

---

Según el Diccionario de la Real Academia Española (RAE) se entiende por cambio climático al “cambio previsible en el clima terrestre provocado por la acción humana que da lugar al efecto invernadero y al calentamiento global”; efecto invernadero como “elevación de la temperatura de la atmósfera próxima a la corteza terrestre, por la dificultad de que se disipe la radiación calorífica, debido a la presencia de una capa de gases, especialmente dióxido de carbono, procedentes de las combustiones industriales y otras actividades”; y calentamiento global como “incremento de temperatura de la atmósfera terrestre asociado en parte a la emisión de gases de efecto invernadero”.<sup>10</sup>

Entre los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) se encuentran:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): generado por la deforestación, cambios en el uso de la tierra y la quema de los combustibles fósiles.
- Metano (CH<sub>4</sub>): producido a través de fuentes naturales y actividades humanas como la agricultura y especialmente el cultivo de arroz.
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O): producido por la combustión de combustibles fósiles, prácticas de cultivo del suelo y la quema de biomasa.
- Hidrofluorocarbonos (HFC): producidos por sistemas de refrigeración, aire acondicionado, espumas y aerosoles.
- Perfluorocarbonos (PFC): producidos por la producción primaria de aluminio, y de la incineración de plásticos y cerámicas.
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>): producido por procesos industriales como la desgasificación del aluminio, etc.

Con esto se concluye que la principal causa de este fenómeno es la actividad humana, lo que afirma el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), en su Quinto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático publicado en 2014. En él se expone que existe una probabilidad mayor del 95% de que las emisiones de GEI producidos por los seres humanos a través de las distintas actividades (construcción, transporte, etc.), han contribuido a un aumento del calentamiento de la tierra en los últimos 50 años.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Diccionario de la Real Academia Española. *RAE: Real Academia Española* [web en línea] [consulta:27/12/2017]. Disponible en: <http://www.rae.es/>

<sup>11</sup> El IPCC fue establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

Como resultado de estas emisiones, se ha llegado a las siguientes conclusiones, tal y como publica el IPCC en la contribución del Grupo de Trabajo 1 a su Quinto Informe de Evaluación (AR5):

- La concentración de CO<sub>2</sub> es 40% más que en los tiempos preindustriales.
- La actividad humana es el responsable de la mayor parte del calentamiento entre 1951 y 2010.
- La superficie de la tierra se calentó 0,85°C durante el periodo 1880 a 2012.
- Las olas de calor y fuertes lluvias son más frecuentes desde 1950.
- El nivel global del mar se especula que aumentara entre 26 y 82 cm sobre el año 2100.
- Solo una mitigación agresiva puede mantener el aumento de temperatura por debajo de 2°C.

Las conclusiones anteriores indican que se trata de un serio problema, el cambio climático ya es una realidad. Pero cabe resaltar que a lo largo del tiempo se han llevado a cabo una serie de políticas para su lucha, como el Protocolo de Kyoto, adoptado en 1997 en la tercera Conferencia de las Partes (COP3), entrando en vigor hasta 2005 y tratándose del primer tratado mundial que vincula a los países desarrollados para reducción de emisiones de GEI.<sup>12</sup>

El primer período de compromiso del Protocolo comenzó en 2008 y finalizó en 2012, donde 37 países industrializados y la Comunidad Europea se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI en un promedio del 5% desde los niveles de 1990. Ya con la finalización del primero periodo se adoptó el segundo periodo del Protocolo en la “Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto”, dentro del marco de la decimoctava Conferencia de las Partes (COP12), celebrada en 2012, en Doha (Qatar), que comenzó en 2013 y finalizará en 2020. Las Partes se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 18% desde los niveles de 1990 durante un período de ocho años desde 2013 hasta 2020.<sup>13</sup>

Como consecuencia de esto, se llevó a cabo un acuerdo histórico como marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020 llamado “Acuerdo de París”, adoptado en la vigésimo primera sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), celebrada en 2015, en París (Francia), donde 195 países acordaron combatir el cambio

---

<sup>12</sup> La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se adoptó en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York (Estados Unidos), en 1992 que entró en vigor hasta 1994. Los 196 países que firmaron el tratado eran conocidos como “Partes” que se reúnen hasta hoy día de forma anual en la Conferencia de las Partes (COP) para negociar respuestas multilaterales al cambio climático.

<sup>13</sup> United Nations Climate Change [web en línea] [consulta:29/11/2018]. Disponible en: <https://unfccc.int/>

climático y determinar acciones e inversiones hacia un futuro sostenible y bajo en carbono.

Los principales objetivos del Acuerdo de París fueron:<sup>14</sup>

- Evitar que el incremento de la temperatura media global supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales y que el calentamiento global no supere los 1,5°C.
- Comprometer a todos los países que, en el periodo de cinco años, comuniquen y mantengan sus objetivos de reducir las emisiones, así como implementar políticas y medidas nacionales con el fin de alcanzar dichos objetivos.
- Establecer un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de GEI.
- Implementar modelos de desarrollo bajos en emisiones.

Con el fin de avanzar en la redacción del libro de las reglas del Acuerdo de París y demostrar su exitosa implementación, se celebró la vigésimo segunda sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 22), en 2016, en Marrakech (Marruecos). Y en la vigésimo tercera sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio (COP 23), celebrada en 2017, en Bonn (Alemania), se han sentado las bases para la aplicación del acuerdo, además en ella se ha abierto un proceso inclusivo para el diálogo facilitador, llamado “Diálogo Talanoa 2018”, orientado a avanzar en el Programa de Trabajo del Acuerdo de París.

Los países de la Unión Europea (UE), como Partes integrantes en esa lucha contra el cambio climático, y siendo España miembro de esta, han establecido numerosas medidas como la aprobación en 2008 del Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020, en el cual se definen los objetivos del 20/20/20 en lo relativo a energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de GEI a alcanzar para 2020.

Los objetivos del Paquete de Energía y Cambio Climático son:

- Reducir los niveles de emisiones de GEI en un 20% en comparación con los de 1990.
- Aumentar en 20% el uso de energías renovables.
- Aumentar en 20% la mejora de la eficiencia energética.

Según la Comisión Europea, la UE disminuyó sus emisiones en un 23% entre 1990 y 2016, bajando un 0,7% en 2016.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Ministerio para la Transición Ecológica [web en línea] [consulta: 11/02/2018]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-parís/default.aspx>

<sup>15</sup> Comisión Europea: Energía, Cambio climático, Medio ambiente [web en línea] [consulta 29/11/2018]. Disponible en: <https://ec.europa.eu>

Esto quiere decir que la Unión Europea va bien encaminada hacia el cumplimiento del objetivo de reducción de emisiones en 20%, por lo que, para darle continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, se aprobó en 2014, en las conclusiones del Consejo Europeo, el Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático 2021-2030 denominado “Marco 2030”.

Como principales objetivos del “Marco 2030”, se encuentran que para 2030:

- Reducir los niveles de emisiones de GEI en un 40% en comparación con los de 1990.
- Aumentar al menos un 27% el uso de las energías renovables.
- Aumentar al menos un 27% la mejora de la eficiencia energética.<sup>16</sup>

Dentro de este contexto, interesa saber cuál es el grado de implicación del sector de la construcción en el cambio climático, que políticas y medidas se toman y como se puede orientar, para ello se formulan un par de preguntas como las siguientes:

*¿Cómo contribuye el sector de la edificación al cambio climático?*

El sector de la edificación contribuye en el cambio climático mediante las emisiones de GEI generadas durante la fabricación de los materiales, transporte de estos, etc., en la figura 1.1 según el Quinto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático del IPCC, se observa que en 2010 estas emisiones representaron el 19% de las emisiones totales, incluyendo las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico. Esta cifra se interpreta en que el sector de la construcción contribuye de forma significativa en el cambio climático.

---

<sup>16</sup> En 2016, la Comisión propuso una actualización de la Directiva de Eficiencia Energética, que incluye un nuevo objetivo de eficiencia energética del 30% para 2030.

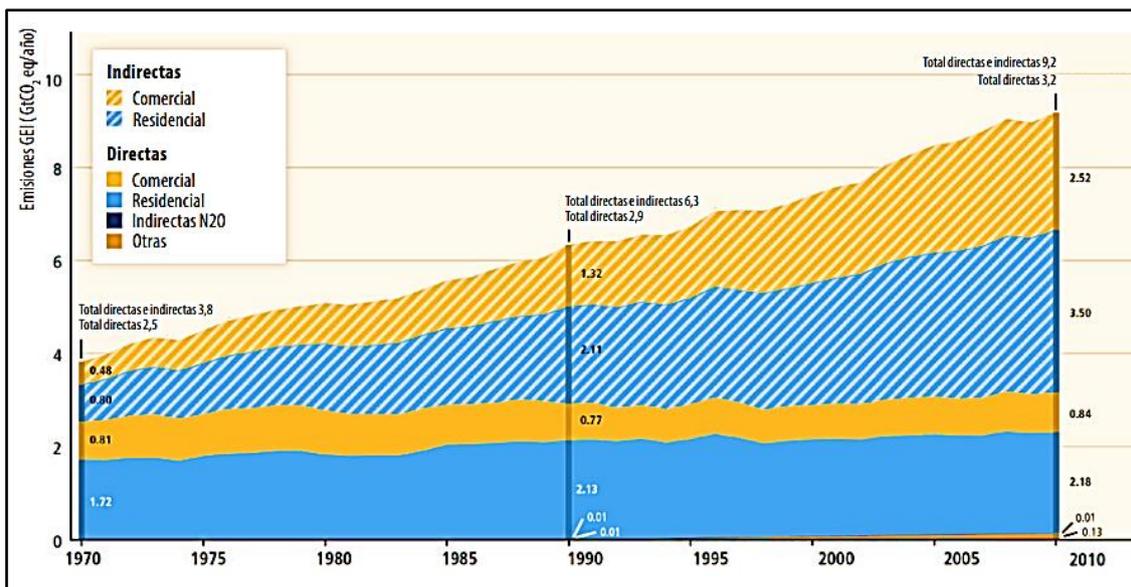


Figura 1.1. Emisiones de GEI en el sector de la construcción.<sup>17</sup>

¿Cómo se actúa desde el sector de la edificación?

Adentrando en la materia de eficiencia energética, actualmente cobra gran interés el término de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN) que según el artículo 2.2 de la Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética de los edificios, se define como:

Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

Tal y como viene determinado por la Directiva, a partir de diciembre de 2018 todos los edificios públicos nuevos serán EECN, y en diciembre de 2020 lo serán todos los nuevos edificios. En España esto se materializa con la nueva actualización del Documento Básico DB, Ahorro de Energía HE.

Con esta medida, entre otras, se orienta la construcción de los edificios para el cumplimiento de los objetivos marcados por la UE, ya que se es consciente de cómo este sector contribuye en el cambio climático.

<sup>17</sup> Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología, Centro Nacional de Educación Ambiental). *Cambio climático: mitigación. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de Trabajo III*. Madrid, 2015. [consulta: 05/064/2018]. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico>

### ¿Cómo se puede enfocar la edificación?

Un EECN es un edificio encaminado cada vez más hacia un enfoque bioclimático, que se traduce en alta eficiencia energética, es decir, el uso de estrategias pasivas como muros de gran inercia térmica, buen aislamiento térmico, correcta orientación del edificio, etc., lo que hace que la demanda energética sea nula o casi nula. En el caso de que se requiera energía, estas sean de fuentes renovables como la energía solar, biomasa, etc.

En la figura 1.2 se observa que los objetivos planteados por la UE para reducir las emisiones de GEI, aumentar el empleo de las energías renovables y mejorar la eficiencia energética, en el ámbito de la edificación, se pueden alcanzar perfectamente mediante una concepción bioconstructiva, lo que implica tener en cuenta el punto de vista bioclimático, sostenible y además el enfoque saludable en la construcción.

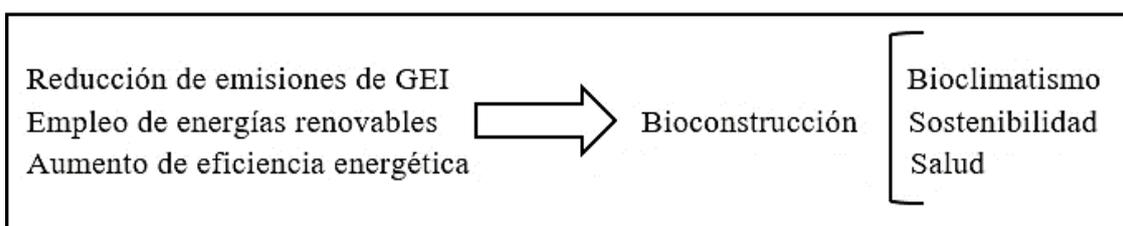


Figura 1.2. Estrategias para conseguir los objetivos de la UE.

(Elaboración propia)

---

## 1.2 INTRODUCCIÓN A LA BIOCONSTRUCCIÓN.

---

### 1.2.1 Definición.

Según la RAE el término bio significa “vida” u “organismo vivo” y “biológico, que implica respeto al medio ambiente”. Y construcción hace referencia a la “acción y efecto de construir, “Arte de construir” o “obra construida o edificada”. Con esto se entiende de forma inicial que bioconstrucción relaciona la edificación con la biología, es decir, la biología aplicada al edificio.

Este concepto fue creado por Anton Schneider, inquieto por la creación de espacios de vida saludables y la mejora de calidad de vida de las personas, definiéndolo como “el estudio de las relaciones holísticas entre el ser humano con su entorno edificado residencial y laboral”. Es decir, pretende lograr una forma de construir que respete tanto la vida de las personas como el entorno donde se construye, logrando con ello un equilibrio entre los humanos, lo construido, y el entorno natural, considerando a toda

edificación como un organismo vivo, por lo que la casa debe transpirar y no acumular gases tóxicos mediante la utilización de materiales transpirables, naturales y duraderos con el menor impacto medioambiental.

Este enfoque holístico se basa en la sostenibilidad (energías renovables, eficiencia energética, materiales regionales, sin problemas para el medioambiente), salud (clima interior saludable, sin emisiones tóxicas, la mejor calidad posible del agua, luz y aire, aislamiento acústico, geobiología, biohabitabilidad, etc.) y diseño (dimensiones y formas respetando la escala humana, integración en el entorno, la naturaleza como ejemplo, bioclimatismo, psicología arquitectónica, iluminación natural, colores, etc.) (Schneider citado en Ece, 2018).

De esto se deduce que la bioconstrucción es una disciplina compleja ya que engloba muchas áreas temáticas que son intrínsecamente interdisciplinarias. Como la geobiología, ya que no tiene sentido construir una casa con criterios bioconstructivos si el terreno donde se ubica presenta radiaciones y campos electromagnéticos naturales que influyen en la salud; bioclimatismo, donde se aprovechan los recursos naturales como el sol para crear espacios eficientes energéticamente; la salud, mediante la integración del concepto de biohabitabilidad; sostenibilidad, etc.

Una casa sana o bioconstructiva es posible mediante la adecuada gestión, interacción y optimización de los recursos básicos como el aire, agua, energía, materiales, sol, viento, etc.

En la figura 1.3 se refleja la diferencia entre una mala gestión (casa enferma), donde los recursos básicos (Jebens-Zirkel, 2008) entran de forma lineal sin cerrar el circuito, por lo que se producen pérdidas y se generan muchos residuos, así como las reservas naturales del sol, del viento y del agua de lluvia no se aprovechan, no se lleva a cabo la reutilización de las aguas pluviales y residuales se emplean materiales tóxicos que perjudican la calidad del aire interior, etc.

En cambio, en una casa bioconstructiva o sana, estos recursos se gestionan adecuadamente creando circuitos cerrados y entrelazados entre sí. La correcta gestión del aire se realiza a través de una buena ventilación y transpiración natural, etc. Se ahorra energía con la utilización de estrategias bioclimáticas pasivas y activas, iluminación natural, etc. Se emplean materiales biocompatibles, higroscópicos y de bajo impacto ambiental. El agua se ahorra mediante su recogida y reutilización (aguas pluviales y grises), sistemas de ahorro, etc.

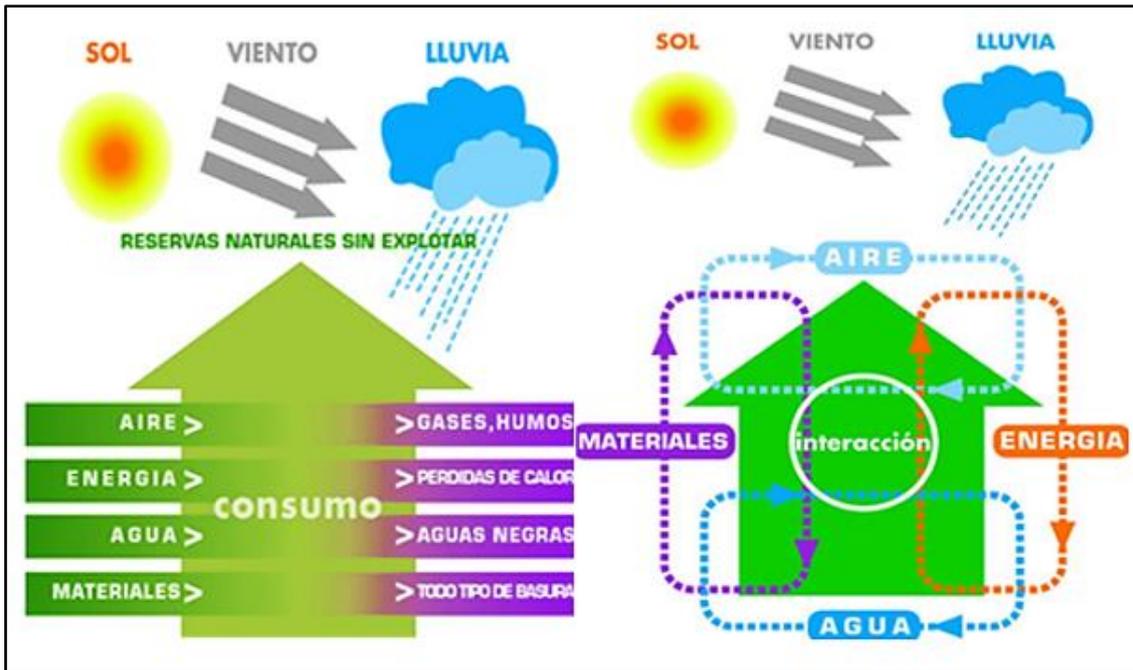


Figura 1.3. Gestión de recursos básicos: mala (izquierda) y buena (derecha).<sup>18</sup>

De lo anterior y debido que la bioconstrucción engloba muchos conceptos más complejos y profundos se plantea la consideración del análisis de tres temáticas asociadas como la sostenibilidad (relación entre el medioambiente y el hombre), bioclimatismo (relación entre clima y hombre), geobiología (relación entre lugar y hombre) y biohabitabilidad (relación entre hábitat y hombre), englobando los dos últimos términos en el área de la salud en el hogar. Se desarrollan más adelante en los apartados 1.3, 1.4 y 1.5 respectivamente.

### 1.2.2 Antecedentes.

En los años sesenta en Alemania se produjo una contaminación química derivada de los materiales sintéticos utilizados en la construcción, además de la crisis energética. A raíz de esto, en 1969 se fundó el grupo de trabajo "Arbeitsgruppe Gesundes Bauen + Wohnen" (construir + hábitat saludable). Tal y como se comentó anteriormente, el profesor Anton Schneider, mostrado en la figura 1.4, fue el fundador del IBN, y es uno de los máximos referentes en el tema, ya que después de sus estudios de madera y silvicultura en la Universidad de Hamburgo (Alemania) enseñó por primera vez la bioconstrucción en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Rosenheim (Alemania), llevando a cabo varias investigaciones y publicaciones.

<sup>18</sup> IEB. Instituto Español de Baubiologie [web en línea] [consulta:02/1/2018]. Disponible en: <http://www.baubiologie.es>

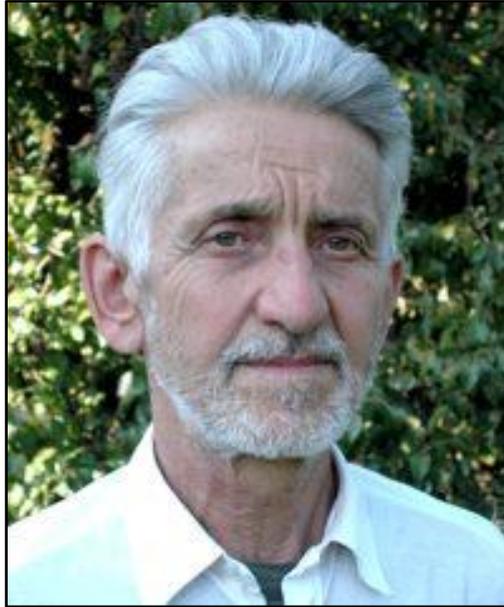


Figura 1.4. Anton Schneider.<sup>19</sup>

Fue creador y editor de la revista “Wohnung + Gesundheit” (Apartamento + Salud) con grandes contribuciones técnicas propias (1979-2010), publicó junto con compañeros de biología los “25 principios de bioconstrucción” en 1980, que siguen siendo el pilar en la materia y vigentes hasta hoy en día.

Además de diferentes publicaciones destacan: *Biología del edificio en la pregunta + respuesta* (1989); *El espacio de trabajo saludable* (1989); *Tratamiento y cuidado de la superficie en la casa* (1992); *Radiactividad de materiales de construcción y edificios* (1992); *El calentamiento saludable* (1995); *Introducción a la biología del edificio* (1995); *La casa - causa de enfermedades alérgicas* (1996); *Ambiente de vida, aislamiento térmico, almacenamiento de calor* (1997); *Bosque - Madera - Humano* (1998); *Formas eco-sociales sostenibles de construcción y asentamiento* (1998).

Veinte años más tarde del nacimiento de la bioconstrucción en Alemania, en España comenzó a tener presencia a través de Mariano Bueno, mostrado en la figura 1.5, creador de GEA. Desde el principio estuvo involucrado con todo lo relativo con la vida saludable, estando actualmente considerado como uno de los principales expertos en materia de agricultura ecológica, geobiología y bioconstrucción tanto en España como en Latinoamérica.

A principios de los años ochenta realizó sus estudios de Agricultura Biológica y Geobiología en Francia y Suiza, y de vuelta a España en 1982 en Benicarló llevo a cabo la finca de “La Senyeta”, con la finalidad de demostrar la viabilidad de la agricultura ecológica, las energías renovables, etc.

---

<sup>1</sup> IEB. Instituto Español de Baubiologie [web en línea] [consulta:30/12/2017]. Disponible en: <http://www.baubiologie.es>

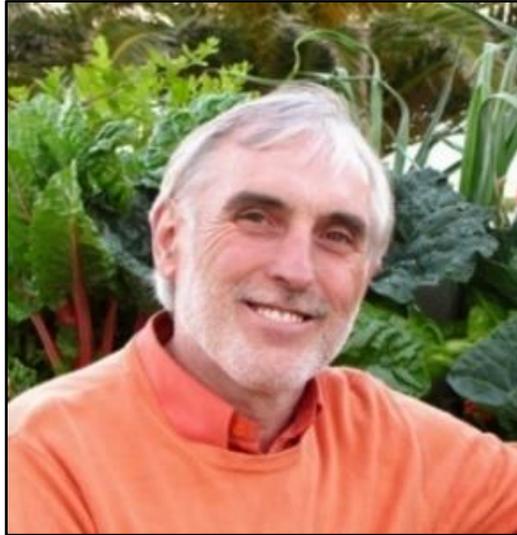


Figura 1.5. Mariano Bueno.<sup>20</sup>

En 1986 creó el “Centro Mediterráneo de Investigación Geobiológica” y en 1991 a partir de unos cursos de formación geobiológica que impartió en Benicarló (Valencia) nace de su mano GEA (Silvestre y Bueno, 2009, p. 34).

Trabaja realizando prospecciones geobiológicas de viviendas, asesorando a arquitectos y particulares en temas relacionados con la bioconstrucción. Además, colabora en varias revistas como “Salud Natural” y ha publicado varios libros relacionados con la salud en los hogares, de los cuales han servido como guía para la elaboración del presente trabajo tal y como se comentó anteriormente.

### **1.2.3 Principios de bioconstrucción.**

Tal y como se comentó anteriormente Anton Schneider junto con varios compañeros publicó en el año 1980 los principios de la bioconstrucción, que son el pilar fundamental de este concepto. El instituto IBN, así como los institutos filiales en el resto del mundo se rigen por estos principios, los cuales son desarrollados detalladamente en el capítulo 2.

Se estructuran en cinco grandes grupos, que están conectados entre sí: el terreno; materiales de construcción y protección acústica; clima interior; diseño interior; medioambiente, energía y agua.

#### *Terreno.*

En el bloque de terreno, se tiene en cuenta la ausencia de fuentes de contaminación cercanas a la edificación, presencia de espacios verdes en urbanizaciones, ausencia de

---

<sup>20</sup> Mariano Bueno [web en línea] [consulta:07/03/2018]. Disponible en: <http://www.mariano-bueno.com/>

perturbaciones naturales y artificiales en la construcción y viviendas en un entorno natural.

#### *Materiales de construcción y protección acústica.*

En el bloque correspondiente a materiales de construcción y protección acústica se consideran los materiales sanos, transpirables, higroscópicos y de baja radiactividad. Así como el aislamiento acústico.

#### *Clima interior.*

El bloque de clima interior se basa fundamentalmente en la buena calidad del aire a través de una buena ventilación natural, regulación de la humedad natural mediante el uso de materiales higroscópicos, calefacción radiante, equilibrio entre aislamiento térmico y acumulación de calor, etc.

#### *Diseño interior.*

El bloque de diseño interior integra las condiciones de luz natural, alumbrado y la iluminación artificial, así como la concepción del uso de mobiliario ergonómico.

#### *Medio ambiente, energía y agua.*

El último bloque correspondiente al medio ambiente, energía y agua considera la utilización de materiales de bajo impacto ambiental, el ahorro de energía y la calidad del agua potable.

---

## 1.3 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

---

### **1.3.1 Definición.**

Según la RAE se entiende por sostenible a “aquello que se pueda mantener durante un largo periodo de tiempo sin agotar los recursos o causar graves daños al medio ambiente”.

A partir de la definición anterior, se puede decir que una construcción sostenible es aquella que tiene en cuenta el respeto hacia el medio ambiente en primer lugar, eso conlleva a no generar una explotación que produzca un agotamiento de los recursos provenientes de la naturaleza como los bosques, etc.

Se consigue mediante el ahorro de los recursos disponibles a través del empleo de materiales de bajo impacto ambiental y social a largo de todo el ciclo de vida de estos, el ahorro de energía mediante el empleo de energías renovables como la energía solar para el agua caliente sanitaria, la orientación del edificio para conseguir un mejor aprovechamiento de los rayos del sol mediante un adecuado diseño bioclimático. edificar respetando el entorno y adaptación a este.

Ya desde un punto de vista más amplio, el término de sostenibilidad se basa en el equilibrio de tres dimensiones: ecológica, económica y social.

El enfoque ecológico pretende la conservación y minimización de recursos, el económico tiene en cuenta los costos de adquisición, construcción y el ciclo de vida de los materiales de construcción, y el social tiene en cuenta el diseño, la estética, accesibilidad y salud humana (Halliday, 2008).

### **1.3.2 Antecedentes.**

El tema de desarrollo sostenible se estableció por primera vez en 1987 en un informe preparado por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), resultado del estudio de cuatro años, denominado “Nuestro futuro común”, comúnmente conocido como el “Informe Brundtland”, donde determina que “la humanidad tiene la capacidad de lograr un desarrollo sostenible para asegurar que cumple con las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.”<sup>21</sup>

A raíz de eso en 1992, se celebró en Rio de Janeiro (Brasil) la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, que recibe el nombre de Cumbre de la tierra pasando posteriormente a denominarse Conferencia de Rio. Como principio establece que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible y que, para alcanzar un desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe formar parte integrante del proceso de desarrollo y no se puede ser considerada de forma aislada.<sup>22</sup>

Esto dio origen a la creación de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. Los tres importantes acuerdos adoptados fueron:

- Declaración de Rio sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que se trata de una serie de principios que definen los derechos y responsabilidades de los Estados.
- Programa 21, que es un plan de acción mundial para promover el desarrollo sostenible.
- Declaración de principios forestales, para sostener la gestión sostenible de los bosques de todo el mundo.

Diez años más tarde, en 2002 se celebró la Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible en Johannesburgo (Sudáfrica) en la que se examinó el progreso de

---

<sup>21</sup> La primera reunión de la ONU, en lo relativo a los temas sobre el medio ambiente humano, fue en 1972, conocida como Conferencia de Estocolmo donde se declaró que hay que emplear los recursos naturales de la tierra de tal forma que no se produzca peligro de su agotamiento, como raíz de esta reunión se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

<sup>22</sup> Guía de Investigación de documentación de la ONU: Organización de las Naciones Unidas [web en línea] [consulta: 15/04/2018]. Disponible en: <https://research.un.org/es/docs/environment/conferences>

aplicación del Plan 21 desde su adopción en 1992, conocida por el nombre Rio+10 y en 2012 se celebró en Rio de Janeiro (Brasil) la Cumbre, conocida como Rio+20 donde se elaboró un documento final denominado “El futuro que queremos”.

Recientemente en el año 2015, se celebró la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, convocada por la Asamblea General, tuvo lugar en Nueva York (Estados Unidos) cuyo documento final fue denominado “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”.

Adentrando en la materia de la construcción sostenible, uno de los máximos referentes es Gernot Minke, mostrado en la figura 1.6, arquitecto con doctorado sobre eficiencia de las estructuras, catedrático jubilado de la Universidad de Kassel (Alemania), donde dirigió el Laboratorio de Construcciones Experimentales desde 1974.

Minke ha llevado a cabo numerosos proyectos de investigación y desarrollo relacionados con las construcciones ecológicas y sostenibles, etc. Ha publicado más de varios artículos en revistas especializadas.

A partir de 1972 y hasta 2011 ejerció como docente en la Universidad de Kassel y fue director del “Forschungslabor für Experimentelles Bauen” (Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales de la Universidad de Kassel), donde se dedica a la investigación de tecnologías alternativas, viviendas de bajo costo, construcciones ecológicas, construcción con materiales naturales, etc.

Minke llevo a cabo y desarrolló técnicas que puso en práctica y divulgó en muchos talleres en Europa, India y en casi toda América.



Figura 1.6. Grenot Minke.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Grenot Minke [web en línea] [consulta:12/12/2018]. Disponible en: <http://gernotminke.gernotminke.de/>

En el ámbito nacional, destaca Luis De Garrido, mostrado en la figura 1.7, que cuenta con más de veinte años de experiencia. Considerado como referente en arquitectura ecológica, bioclimática, así como autosuficiente.



Figura 1.7. Luis de Garrido.<sup>24</sup>

Luis De Garrido ha impartido clases en trece universidades de siete países, ha dado conferencias y cursos de especialización en diferentes universidades y ha dictado conferencias magistrales en más de 100 congresos internacionales en diecisiete países.

Ha publicado varios libros de los cuales destacan: *Un nuevo paradigma en arquitectura* (2012); *Arquitectura para la felicidad* (2013); *Arquitectura bioclimática extrema* (2014) y *Arquitectura Energía Cero* (2014).

### **1.3.3 Principios de construcción sostenible.**

Los principios de una arquitectura sostenible se basan en la adaptación y respeto con el entorno y ahorro de recursos y energía (Baño Nieva y Vigil-Escalera del Pozo, 2008).

*Adaptación y respeto con el entorno.*

Es primordial no alterar el entorno donde se pretende construir un edificio, respetando la flora, el paisaje, la fauna, etc., así como la adaptación al clima del lugar.

*Ahorro de recursos.*

El ahorro de recursos mediante en el empleo de materiales de bajo impacto ambiental y social a lo largo de todo el ciclo de vida de estos, por lo que es importante conocer que impacto tiene un material desde su obtención hasta su reciclado.

---

<sup>24</sup> Luis De Garrido [web en línea] [consulta:24/05/2018]. Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/contacto/>

### *Ahorro de energía.*

El ahorro de energía mediante su minimización a través de sistemas pasivos, como el empleo de muros de inercia térmica que captan y almacenan calor, y la adecuada orientación del edificio. La correcta elección de los sistemas constructivos para conseguir una mayor eficiencia energética. El empleo de las energías renovables, así como equipos de menor consumo energético.

### **1.3.4 Análisis del ciclo de vida (ACV) y huella de carbono (HC).**

#### *Análisis del Ciclo de Vida (ACV).*

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se define como un sistema para conocer el impacto medioambiental que un material produce desde su nacimiento hasta su uso como residuo. Es decir, mide las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad teniendo en cuenta las etapas de extracción, transporte, uso, reutilización, reciclado, etc.

Las etapas del ciclo de vida de un edificio como se observa en la figura 1.8, se basan en primer lugar en la obtención de materia prima a través de la explotación de canteras (materiales pétreos) y la tala de árboles para la obtención de madera, etc. La segunda etapa consiste en la elaboración del material, lo que conlleva a unos determinados costes energéticos. Por ejemplo, la cocción de la arcilla a altas temperaturas para la obtención de materiales cerámicos. La tercera etapa consiste en el transporte del material, lo que conlleva igualmente un consumo de energía durante el transporte. La cuarta etapa corresponde al proceso de construcción, que también produce determinados efectos contaminantes por la emisión de partículas, contaminación acústica originada por las maquinarias, etc. La quinta etapa corresponde al uso de la edificación (consumo de energía, agua, generación de residuos, etc.). Por último, la sexta etapa corresponde a la demolición del edificio (reutilización de materiales que componen el edificio, reciclado, tratamiento de residuos, etc.).



Figura 1.8. Ciclo de vida de un edificio.

(Aranda Usón, *et al.*, 2014)

De forma general, los elementos incluidos dentro del ACV que participan a lo largo del ciclo de vida de un producto o sistema son las denominadas entradas y salidas. Las entradas corresponden al uso de los recursos y materias primas, transporte, energía, electricidad, etc., requeridas para un determinado proceso, mientras que las salidas son todo lo que se genera como consecuencia de los procesos anteriores en forma de emisiones a la atmósfera, la contaminación del suelo, residuos, etc. La forma en que se agrupan estas entradas y salidas se conoce como Inventario de Ciclo de Vida.

La metodología del ACV se encuentra recogida en la International Organization for Standardization (ISO) (Organización Internacional de Normalización); ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia e ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. De acuerdo con estas normas se distinguen cuatro fases:

- Definición de objetivos y alcance: define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance, la calidad exigida a los datos, los parámetros tecnológicos y de evaluación.
- Desarrollo del Inventario de Ciclo Vida (ICV): recogida de los datos de entradas y salidas de todos los procesos del sistema de producto.

- Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV): el inventario de entradas y salidas se traduce a indicadores de potenciales impactos ambientales, a la salud y a la disponibilidad de recursos naturales. Los potenciales de impactos ambientales son el Potencial de Calentamiento Global (PCG), Potencial de Eutrofización (PE), Potencial de Acidificación (PA) y Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF).<sup>25</sup>
- Interpretación: los resultados del ICV Y EICV son interpretados según el objetivo y alcance marcados al principio (la primera fase), realizando un análisis de los resultados y obteniendo las conclusiones.

### *Huella de Carbono (HC).*

La huella de carbono es un indicador de sostenibilidad que permite cuantificar la totalidad de las emisiones de GEI, liberados a la atmósfera de forma directa o indirecta de un individuo, organización, evento o producto. Se mide en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente ya que convierte los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO<sub>2</sub>.

Se trata de una versión simplificada del ACV porque en vez de tener en cuenta todas las categorías de impacto ambiental, considera únicamente una categoría de impacto y es la relativa al Calentamiento Global (PCC). El objetivo no es solo el cálculo de las emisiones de GEI, sino también determinar medidas de reducción o compensación de estos.

La metodología de la medición de HC es la siguiente:

- Medición de las emisiones de GEI o de CO<sub>2</sub> equivalente de una actividad determinada mediante herramientas simplificadas como las calculadoras de HC.
- Limitación y reducción de las emisiones de GEI al disponer de tecnologías, productos menos contaminantes u otras estrategias de reducción de las emisiones.
- Compensación de las emisiones de GEI para neutralizar el impacto generado por el sistema analizado. Este concepto se centra en la participación en proyectos de compensación de emisiones (PCE) que colaboran en la reducción de GEI, mediante proyectos de ahorro o eficiencia energética (sustituir los combustibles fósiles por energías renovables) para evitar la emisión de CO<sub>2</sub> o mediante proyectos de captación de CO<sub>2</sub> como la reforestación, etc.
- Comunicación de los resultados tanto a nivel interno como externo para una mayor transparencia.

---

<sup>25</sup> Potencial de Calentamiento Global (PCG) medido en Kg. Eq CO<sub>2</sub>, consumo de recursos energético medida en MJ, potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) medido en Kg. Eq. CFC-11, Potencial de Eutrofización (PE) medido en Kg. Eq. de NO<sub>3</sub> (la eutrofización que es el crecimiento excesivo de las algas debido al empleo de fertilizantes y detergentes en las aguas de ríos y embalses lo que origina un alto consumo del oxígeno del agua), Potencial de Acidificación (PA), consumo de materias primas en Tm y el Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF) medido en Kg. Eq. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

En el caso de productos como los materiales de construcción se analizan todas las emisiones de GEI generadas durante el ciclo de vida estos. Los estándares más utilizados son: PAS 2050:2011, ISO/TS 14067:2013, con el apoyo de las normativas anteriores para el ACV.

### **1.3.5 Indicadores de sostenibilidad.**

Los indicadores de sostenibilidad tienen como objetivo la evaluación del grado de sostenibilidad de un edificio proporcionando un conjunto de puntos a seguir. Estos indicadores están relacionados entre sí de modo que, en función del entorno, factores económicos y sociales, se valoran unos más que otros

Luis De Garrido (2015, pp.3-4) proporciona una serie de indicadores de sostenibilidad que suman 39 en total y se detallan a continuación

- Optimización de recursos naturales y artificiales mediante la evaluación del grado de la utilización de los recursos naturales, materiales duraderos, materiales reciclados, y recuperados, así como la capacidad de reutilizar, reciclar y reparar materiales ya usados y el grado de aprovechamiento de los recursos utilizados.
- Disminución del consumo energético mediante la evaluación del grado de la energía consumida a la hora de obtener y transportar los materiales de construcción, así como la energía requerida tanto en el proceso de la construcción del edificio, durante la vida útil de este y su demolición, la que se consume en el transporte, el grado de la eficiencia energética de diseño bioclimático adoptado, el grado de la inercia térmica del edificio y el nivel de adecuación de los sistemas tecnológicos para satisfacer las necesidades humanas.
- Fomento de fuentes energéticas naturales mediante la evaluación del grado de utilización de la energía solar, geotérmica, así como el resto de las energías renovables.
- Disminución de residuos y emisiones mediante la evaluación del nivel de los residuos y emisiones que se generan en la obtención de materiales de construcción, en el proceso de construcción, mantenimiento y derribo del edificio.
- Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios mediante la evaluación de las emisiones que generan impactos negativos en la salud y el medio ambiente, número de enfermedades de los ocupantes del edificio y el grado de satisfacción y bienestar de los usuarios del edificio.
- Disminución del mantenimiento y coste de los edificios mediante la evaluación del nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida

funcional, adecuación funcional de los componentes, recursos consumidos por el edificio en su actividad cotidiana, energía consumida por el equipamiento tecnológico del edificio, energía consumida en la accesibilidad al edificio, energía residual consumida por el edificio cuando no está ocupado, nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio, nivel de necesidad de tratamiento de emisiones y residuos generados por el edificio, coste económico en la construcción del edificio, entorno social y económico.

### 1.3.6 Ecoetiquetas.

La finalidad de las ecoetiquetas o etiquetas ecológicas es lograr la solicitud de aquellos productos que tienen un menor impacto ambiental asociado.

De acuerdo con la International Organization for Standardization ISO (Organización Internacional de Normalización) existen tres tipologías de etiquetas ecológicas:<sup>26</sup>

- Ecoetiqueta tipo 1 (ISO 14024) son certificaciones ambientales que consideran el análisis de ciclo de vida del producto o servicio e indican que un producto es ambientalmente preferible de acuerdo con una serie de consideraciones basadas en su ciclo de vida. Desarrolladas por tercera parte que autoriza su uso. Algunos ejemplos de ecoetiquetas tipo I son Ángel Azul (Alemania), The Swan (Cisne Blanco) de Noruega, Finlandia, Islandia, Dinamarca y Suecia, Ecolabel (Unión Europea), y en España está el Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental de Generalidad de Cataluña y Aenor Medio Ambiente de la Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Ecoetiqueta tipo 2 o autodeclaraciones ambientales, de acuerdo con la ISO 14021, a diferencia de las ecoetiquetas tipo 1 no han sido certificadas por tercera parte y establece una afirmación relacionada a alguna característica ambiental del producto que las contiene. Un ejemplo es el bucle de Möbius, una autodeclaración ambiental muy conocida por el consumidor y según la ISO 14021, se puede utilizar para indicar que un producto o envase es reciclable o que contiene material reciclado.
- Ecoetiqueta tipo 3 o declaraciones ambientales de producto (EPDs), de acuerdo con la ISO 14025, permiten la comunicación objetiva, comparable y creíble del comportamiento ambiental de los productos, están basadas en el ACV del producto que se desarrollan de acuerdo con unos requerimientos específicos. Estos EPDs se pueden revisar y validar por un organismo acreditado. Algunos ejemplos de ecoetiquetas tipo III que incluyen productos de la construcción son

---

<sup>26</sup> Agenda de la Construcción Sostenible [web en línea] [consulta: 11/04/2018]. Disponible en: [http://www.csostenible.net/temes\\_clau/materials?locale=es](http://www.csostenible.net/temes_clau/materials?locale=es)

---

## 1.4 CONSTRUCCIÓN BIOCLIMÁTICA.

---

### 1.4.1 Definición.

La arquitectura bioclimática consiste en la adaptación al clima y entorno para sacar el mayor provecho de los recursos naturales. Como el sol, para la generación de calor de forma pasiva mediante el correcto diseño del edificio consiguiendo que este mantenga y regule el confort térmico interior en función de si es invierno (generar calor) o verano (generar fresco) produciendo con ello un gran ahorro de energético. Además del citado ahorro energético busca cumplir con los criterios bioconstructivos en cuanto al empleo de materiales locales, naturales, sin emisiones y de bajo impacto ambiental.

### 1.4.2 Antecedentes.

La arquitectura tradicional está llena de ejemplos que adaptan sus construcciones a la climatología del lugar, por lo que el concepto en si no es nuevo. En relación con la introducción del término de bioclimatismo destaca la figura de Víctor Olgyay, mostrado en la figura 1.9 (a veces en colaboración con su hermano Aladar Olgyay) como pionero en la materia, ya que fue el primero en establecer esa relación entre clima y hombre “interpretación bioclimática”.

Arquitecto y urbanista, fue profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Princeton (Estados Unidos) hasta 1970. Llevó a cabo numerosas investigaciones sobre la relación entre arquitectura y energía, y es autor de muchos libros, entre los cuales se encuentra *Arquitectura y clima: manual de diseño para arquitectos y urbanistas* publicado por primera vez en los años cincuenta. En él se recogen todos sus escritos acerca de la relación entre un edificio y el medio natural que lo rodea, así como de la relación entre el ser humano y el clima. La mayoría de los arquitectos bioclimáticos se han formado a partir de sus enseñanzas.



Figura 1.9. Víctor Olgyay.<sup>27</sup>

Destacan otras obras como: *The temperate house* (1951); *Solar control and orientation to meet bioclimatical requirements* (1954); *Application of climate data house design* (1954); *Sol-Air orientation* (1954); *Environment and building shape* (1954); *Solar control and shading devices* (1957).

Tal y como se comentó en el apartado 1.3.2, una figura referente en la construcción bioclimática en el ámbito nacional es Luis De Garrido. Una de sus mayores contribuciones a la arquitectura es el establecimiento de una avanzada metodología de diseño bioclimático que permite conseguir una arquitectura capaz de autorregularse térmicamente, y de iluminarse de forma natural mediante las combinaciones parciales de los elementos arquitectónicos como los muros, ventanas, huecos, voladizos, forjados, etc., capaces de generar calor o frío según la estación del año. Las estrategias arquitectónicas se basan en principalmente en conseguir que los sistemas arquitectónicos del edificio lleven a cabo la generación, acumulación y transferencia de calor o fresco según la época del año.

#### **1.4.3 Principios de construcción bioclimática.**

Los principios bioclimáticos se basan en la optimización de los recursos naturales, para crear edificios eficientes energéticamente y autosuficientes, siempre que sea posible:

*Estudio de ubicación y entorno.*

La elección del emplazamiento varía en función del entorno, las necesidades bioclimáticas de la zona y la topografía del terreno.

En las zonas frías, como el objetivo es la conservación del calor, es recomendable las ubicaciones situadas a media pendiente y orientadas al sur y suroeste. Para las zonas

---

<sup>27</sup> Wikipedia [web en línea] [consulta: 12/11/2018]. Disponible en: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

áridas y calurosas son aconsejables los emplazamientos que están situados en la parte más baja de la pendiente, orientados al este y suroeste. En las zonas templadas, al igual que para las zonas áridas y calurosas, interesan los emplazamientos en las partes más bajas de la pendiente con orientación sur. Y para las zonas cálidas-húmedas es recomendable situar la edificación en las zonas elevadas de la montaña o en las áreas expuestas a las cimas de las colinas con orientación norte o sur (Olgyay, 1998, pp. 51-52).

#### *Adaptación a las condiciones climáticas del lugar.*

El clima del lugar donde se pretende construir un edificio es un criterio fundamental en la construcción bioclimática. La ubicación determina las condiciones climáticas concretas de la zona como la temperatura media, máxima y mínima, así como la humedad relativa, dirección e intensidad de los vientos, precipitaciones, etc. También la relación del edificio con su entorno inmediato, con el fin de llevar a cabo un mejor aprovechamiento de las condiciones ambientales exteriores mediante adecuadas estrategias de diseño.

#### *Aprovechamiento de recursos naturales mediante sistemas activos (energías renovables).*

En los sistemas activos el calor (y frío) se obtiene mediante fuentes de energía renovables como placas solares, bombas de calor geotérmicas, calderas de biomasa pellets, troncos partidos o astillas, etc. Tratándose por lo tanto de energías respetuosas con la naturaleza. Se desarrollan más adelante en el capítulo 5.

#### *Aprovechamiento de recursos naturales mediante sistemas pasivos.*

Los sistemas pasivos consisten en la autorregulación térmica del edificio. Es decir, este genera calor o frío mediante su estructura arquitectónica a través de la construcción de muros de gran inercia térmica (piedra, termoarcilla, etc.), muro Trombe, galerías acristaladas, orientación sur, calentamiento geotérmico, etc.

- Orientación óptima.

La orientación de los edificios es uno de los puntos más importantes, ya que la correcta orientación de estos permite aprovechar el máximo de energía y valorar las zonas de mayor rendimiento en las distintas épocas del año, así como las superficies con mayor riesgo de sobrecalentamiento o de pérdidas energéticas mediante la obtención de datos de radiación para superficies horizontales y de distinta inclinación.

La orientación óptima es la del sur, ya que al recibir el mayor número de horas de sol en invierno se aprovechan las ganancias térmicas. En cambio, en la orientación norte se genera poca ganancia ya que no recibe radiación solar directa (frescas en verano). La orientación este recibe más horas de sol en verano que en invierno, y la orientación oeste recibe radiación directa que incide por la tarde durante un largo periodo en verano.

En la tabla 1.1 se reflejan las orientaciones óptimas según cada estancia, las mejores orientaciones para los dormitorios son norte, noreste, este, sureste, sur y suroeste. Para el salón mejor situarlo en sureste, sur, suroeste y oeste.

Tabla 1.1. Orientaciones óptimas para cada estancia.

(Jeffrey citado en Olgyay, 1998, p. 62)

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
<b>Dormitorio</b>	√	√	√	√	√	√		
<b>Sala de estar</b>				√	√	√	√	
<b>Comedor</b>			√	√	√	√	√	
<b>Cocina</b>			√	√	√	√		
<b>Biblioteca</b>	√	√						√
<b>Lavadero</b>	√	√						√
<b>Sala de juego</b>				√	√	√	√	
<b>Secadero</b>				√	√	√	√	
<b>Baños</b>	√							
<b>Espacio de usos múltiples</b>	√	√						√
<b>Garaje</b>	√	√	√	√	√	√	√	√
<b>Taller</b>	√	√						√
<b>Terraza</b>			√	√	√	√	√	
<b>Porche</b>				√	√	√	√	

- Inercia térmica y aislamiento térmico.

La inercia térmica es de vital importancia en la construcción bioclimática, debido a que el almacenamiento térmico se consigue con su incremento. Esto se logra con elementos estructurales de gran masa (elevada inercia térmica) permitiendo en invierno que el calor acumulado durante el día por la radiación solar se disipe de forma progresiva en el interior durante la noche y se genere un confort térmico. Igualmente, en el verano, el fresco generado durante la noche como consecuencia de la bajada de las temperaturas (no hay radiación solar), se disipa durante el día.

De forma general, una elevada inercia térmica permite obtener temperaturas interiores estables, independientemente de las variaciones térmicas exteriores.

Un buen aislamiento (Martínez Martínez, 2015) es el que se sitúa por el exterior. De este modo se aprovecha la masa térmica e inercia de los muros interiores, que solo se aíslan al exterior. De manera que en invierno absorben el calor generado en el interior del edificio por el uso o mediante sistemas de calefacción e ir devolviéndolo progresivamente en la medida que bajan las temperaturas. En verano se aprovecha el aire fresco de la noche para ventilar la casa y enfriar los muros de gran masa e inercia térmica, es decir, durante el día la casa se cierra al calor exterior y guarda el frescor recogido durante la noche.

- Invernadero adosado.

Según el CTE, en el Apéndice A Terminología, del DB-HE, se trata de un recinto no acondicionado que está formado por un cerramiento exterior con un porcentaje alto de superficie acristalada colocado próximo a las fachadas de un edificio. El elemento de fachada que actúa de separación entre el invernadero y las zonas interiores del edificio

puede incluir también acristalamientos. A esta misma categoría pertenecen las galerías y los balcones acristalados.

En la figura 1.10 se muestra el funcionamiento del invernadero adosado en la época de invierno. Este calienta el aire durante el día y acumula calor para disiparlo por la noche. Y en verano en las horas de intensa radiación solar, el invernadero adosado funciona como chimenea solar donde extrae el calor de día y de noche lo acumula tal y como refleja la figura 1.11.

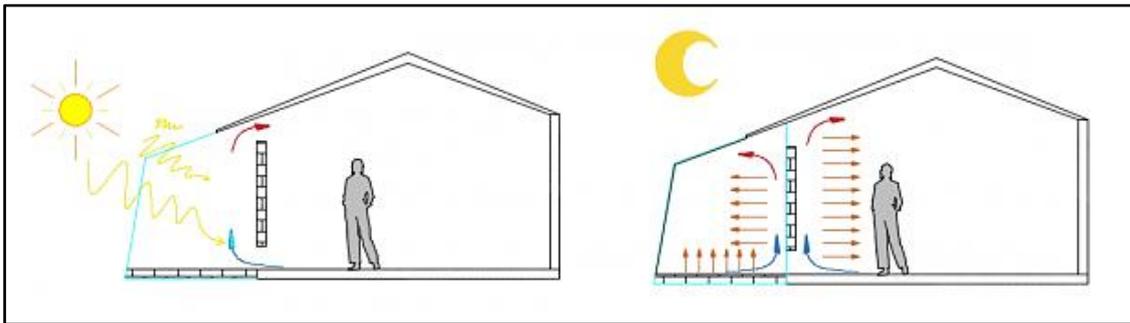


Figura 1.10. Funcionamiento de invernadero adosado en invierno.

(Lleopard, 2017)

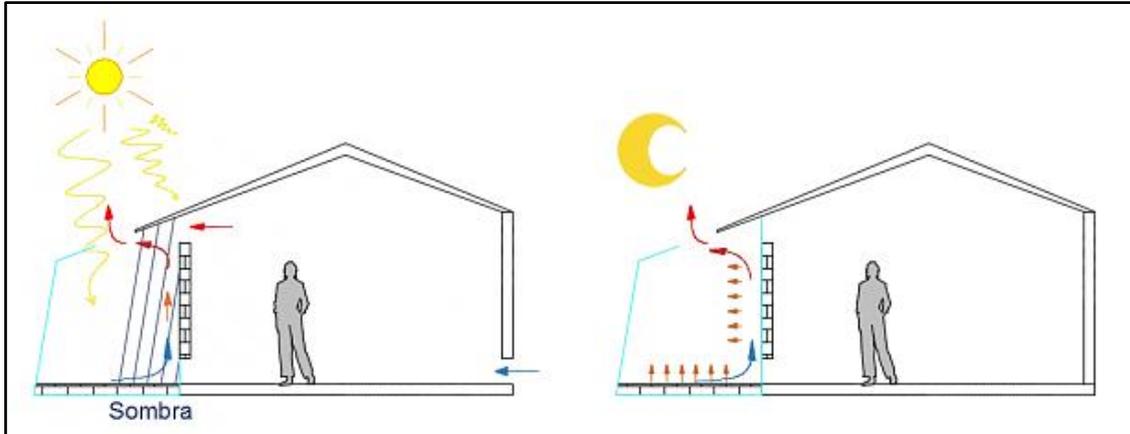


Figura 1.11. Funcionamiento invernadero adosado en verano.

(Lleopard, 2017)

- Muro parietodinámico o chimenea solar.

Según el Apéndice A Terminología, del DB-HE, un muro parietodinámico es aquel que aprovecha el sol para precalentar el aire exterior de ventilación. Normalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior de cristal o metal, esta última hoja es la que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

En invierno mediante la disposición de apertura entra aire frío desde el exterior y gracias a la radiación solar este llega caliente a las estancias interiores, y en verano con la modificación de las entradas la corriente de aire genera una succión extrayendo el aire caliente desde el interior hacia el exterior del edificio tal y como se observa en la figura 1.12.

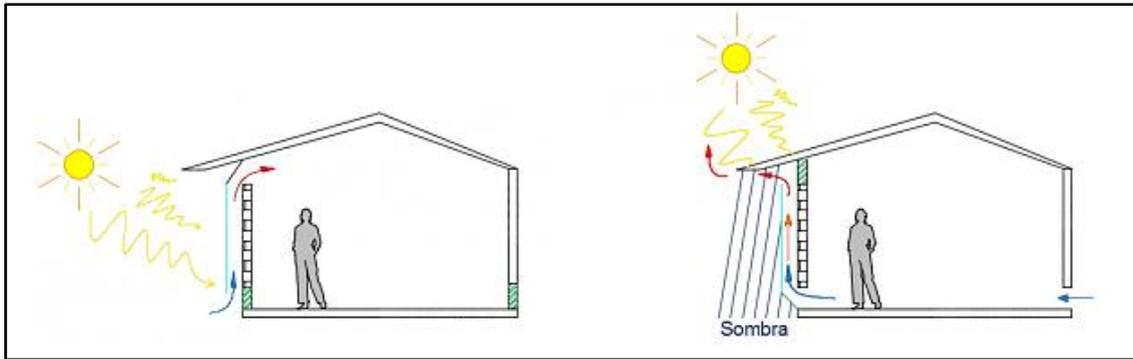


Figura 1.12. Funcionamiento muro parietodinámico en invierno (izquierda) y verano (derecha).

(Lleopard, 2017)

- Muro Trombe.

Según el Apéndice A Terminología, del DB-HE, un muro Trombe o muro solar ventilado es un cerramiento que aprovecha el sol para calentar por recirculación el aire que se encuentra dentro del edificio. Tiene la misma composición que el muro parietodinámico, con la diferencia de que la hoja exterior puede ser solo de cristal. Esta circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

En la figura 1.13 muestra el funcionamiento del muro Trombe durante el invierno. Durante el día el muro capta la radiación solar y lo acumula en la pared calentando el espacio interior durante la noche.

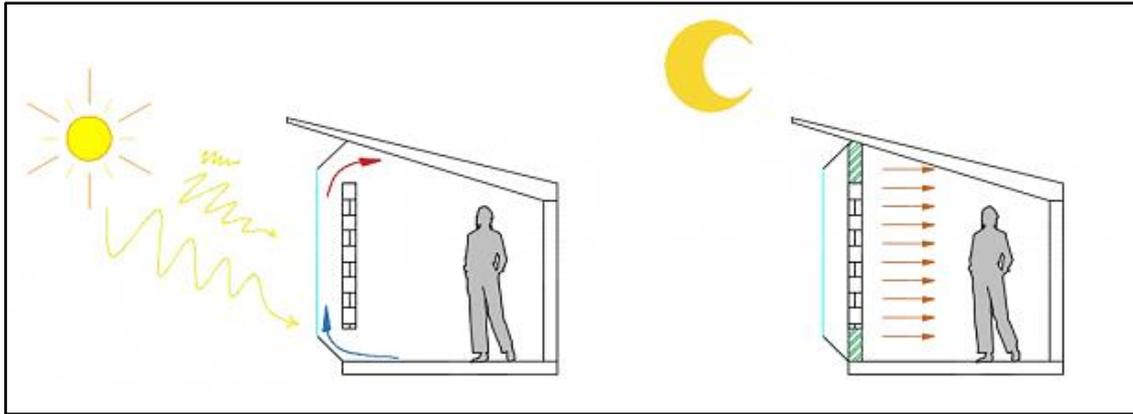


Figura 1.13. Funcionamiento muro Trombe en invierno.

(Lleopard, 2017)

- Protecciones solares.

Para evitar sobrecalentamientos en época de verano es importante establecer un correcto diseño de los sistemas de protección solar, como aleros, balcones y elementos salientes en fachadas, dimensionándolos de tal forma que en invierno permitan el paso de los rayos del sol al interior y en verano impedirlos (Martínez Martínez, 2015).

En cuanto a los elementos de control solar como las persianas, lamas fijas u orientadas, etc., la efectividad de sombra depende de la disposición de estos, es decir, si se sitúan en el exterior o en el interior, siendo más eficaz en el exterior ya que aumentan en un 35% la efectividad (Olgyay, 1998, p. 62).

Es importante señalar que la vegetación actúa como sombra contra la radiación solar, como es el caso de los árboles de hoja caduca, que impiden el paso de la luz solar durante el verano y los deja pasar en invierno.

#### 1.4.4 Diseño bioclimático.

El proceso de diseño bioclimático de un edificio se basa en los siguientes puntos de acuerdo con Luis De Garrido (2015, pp.6-12).

- Obtención de datos climáticos, como las temperaturas máximas y mínimas, velocidad del viento, etc.
- Cálculo de la inclinación de la radiación solar, para determinar el tipo y altura de los huecos, profundidad de los espacios, dimensionado de las protecciones solares, etc.
- Confección de diagramas de confort con el fin de tener información sobre la necesidad de sistema de ventilación, aislamiento, etc.

- Identificación de soluciones arquitectónicas mediante la evaluación de la eficacia medioambiental de las diferentes etapas mediante la ayuda de los indicadores de sostenibilidad.
- Dimensionado de los elementos mediante soluciones constructivas bioclimáticas, protecciones solares, etc.
- Disposición de sistemas mecánicos. En el caso de que sea necesario, se intenta minimizar la potencia de los equipos, disminuyendo su tiempo de funcionamiento, obtención de energía mediante fuentes renovables.

---

## 1.5 HÁBITAT SALUDABLE: GEOBIOLOGÍA Y BIOHABITABILIDAD.

---

### 1.5.1 Definición.

La salud en su sentido más amplio no tiene precio, ya que sin ella uno se paraliza, el bienestar físico y mental es de vital importancia para el desarrollo normal de un individuo. Y la pregunta es ¿qué tiene que ver la salud con el lugar donde se vive? Parece que bastante, porque ya en los años ochenta apareció el concepto del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) (*Sick Building Syndrome*, en inglés). Definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquel que se refiere a un conjunto de síntomas de salud causados por factores presentes en el ambiente interior, catalogándolo como enfermo si al menos un 20% de los ocupantes presentan síntomas adversos de salud, y si estos disminuyen o desaparecen al abandonarlo.<sup>28</sup>

Se puede decir que la mayoría de los edificios convencionales presentan este síndrome, ya que, con el desarrollo de nuevas tecnologías, nuevos materiales, etc., los ambientes interiores están cada vez más repletos de todo tipo de contaminantes (físicos, químicos y biológicos). Los principales síntomas del SEE son:

- Sequedad en membranas.
- Fallos de concentración y/o memoria.
- Irritación ocular.
- Cefaleas y náuseas.
- Vértigos.
- Fatiga mental.

---

<sup>28</sup> OMS: Organización Mundial de la Salud [web en línea] [consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://www.who.int/es>

- Dificultades respiratorias e hipersensibilidades inespecíficas.

Sabiendo esto se formula otra pregunta. ¿Qué criterios determinan que una casa sea saludable? Parece que la respuesta es sencilla y compleja al mismo tiempo. Sencilla porque si se parte de la idea de que un edificio se considera enfermo si su ambiente interior es contaminado, un edificio sano o saludable será aquel cuyo ambiente interior está libre de contaminantes. Y compleja porque no se puede actuar y eliminar todos ellos al 100%, por lo que una casa saludable no es aquella libre de contaminantes, sino aquella donde se reconoce y actúa sobre la mayor parte de estos. Para ello se consideran dos conceptos muy relacionados entre sí como es la geobiología y biohabitabilidad.

Analizando en primer lugar la geobiología, esta es definida como la ciencia que estudia la relación entre la tierra y los seres vivos. Es decir, analiza cómo influyen las radiaciones naturales procedente de la tierra como las alteraciones geofísicas, redes geomagnéticas como las líneas Hartmann y líneas Curry y radiactividad natural.

Con el tiempo, su campo de actuación se ha visto ampliado a medida que han ido apareciendo nuevas fuentes de riesgo ambientales para la salud, incorporándose así el estudio de las radiaciones artificiales (campos electromagnéticos y eléctricos), sustancias químicas presentes en los materiales de construcción, etc. Por lo que ya no se trata solo de buscar un buen sitio.

En este contexto, la geobiología se engloba en un término que recoge todos los criterios desde una visión más amplia como es la biohabitabilidad. Esta se define como la disciplina que analiza, mide y evalúa los factores ambientales que inciden en el bienestar, el confort y la salud de las personas en el interior de un edificio. Va más allá de las exigencias establecidas por el CTE con respecto a los parámetros de habitabilidad y salubridad <sup>29</sup>, los principios de la construcción sostenible y bioclimática introduciendo en la edificación los parámetros de la biología aplicada al hogar (Silvestre, 2014, p. 45).

### **1.5.2 Antecedentes.**

Igual que en la arquitectura bioclimática la adaptación del hábitat al entorno era conocida desde la antigüedad, la geobiología, marcada por la relación entre la salud y el lugar del hábitat también estaba presente desde hace mucho tiempo, ya que las referencias en las construcciones prehistóricas, romanas, griegas, etc., ponen en vista la conciencia de la influencia de los factores naturales ambientales procedentes de la tierra sobre la salud.

Ya a finales del siglo XIX y principios del XX, aparecen las referencias de los primeros estudios científicos, entre los cuales destacan: los resultados de los estudios realizados por el doctor Havilland ante la sociedad de médicos de Londres (Inglaterra), en los que mostraba la relación entre el lugar de residencia y la patología de sus pacientes; los

---

<sup>29</sup> El CTE, en el DB-HS, en su sección 3 relativa a la calidad del aire interior, contempla el diseño de una adecuada ventilación con el fin de expulsar los contaminantes del aire interior, no especificando que tipos de contaminantes.

estudios del barón Gustav von Pohl en Vilsbiburg (Alemania), que asociaban casos de cáncer con el hecho de estar sobreexposto a una intensa radiación natural (vertical de una corriente de agua); o los estudios de la ionización en la vertical de una corriente de agua del ingeniero Pierre Cody, en los que se asocia la radiación ionizante del gas radón con el cáncer de pulmón.

Como pionero en la materia destaca el Dr. Ernest Hartmann, mostrado en la figura 1.14, que fue un gran investigador en geobiología y sus efectos en la salud, sosteniendo la tesis de que el 60-70% de las enfermedades pueden ser causadas por el lugar y tienen su origen en la vivienda en la que se habita. Médico alemán y profesor de la Universidad de Heidelberg (Alemania), destacó en Europa por sus estudios en los que definía las bases objetivas de la geobiología actual. Las líneas Hartmann que se estudian en el apartado 2.1.4 llevan su nombre en honor a su descubrimiento.



Figura 1.14. Dr. Ernst Hartmann.<sup>30</sup>

Dirigió varios seminarios y conferencias en Eberbach (Alemania) desde 1951. En 1961 fundó “Forschungskreis für Geobiologie Dr. Hartmann e.V” (Grupo de Investigación en Geobiología), que dirigió durante casi 30 años.

De sus publicaciones destacan *Acerca de los métodos de detección física de los llamados rayos de la tierra* (1954); *La enfermedad como problema de ubicación* (1ª edición 1964, 5ª edición 1986); *Acerca de las constituciones Yin Yang y los tipos de reacción* (1986).

En España los conocimientos de la geobiología se introdujeron a principios de la década de los ochenta a través de algunos artículos de Serafín Sanjuan, publicados en la revista “Integral” y de la mano de Mariano Bueno, que fue quien introdujo el término de

---

<sup>30</sup> Grupo de Investigación en Geobiología. Hartmann eV [web en línea] [consulta: 26/11/2018]. Disponible en: [www.geobiologie.de](http://www.geobiologie.de)

biohabitabilidad cuando lo propuso en el I Congreso Internacional Salud y Hábitat, celebrado en 2006 en Barcelona (Silvestre y Bueno, 2009, p. 35).

Además de Mariano Bueno, es interesante destacar la labor de Elisabet Silvestre, mostrada en la figura 1.15, como referente en biohabitabilidad.



Figura 1.15. Elisabet Silvestre.<sup>31</sup>

En la actualidad, trabaja en el campo de la salud ambiental y colabora con profesionales sobre el tema, asesora a arquitectos e interioristas en criterios de salud en el diseño, etc. lleva a cabo proyectos, estudios ambientales y de biohabitabilidad. También es docente sobre esta temática en varios másteres y postgrados, colaboradora en temas de casa sana y salud ambiental en revistas de divulgación y autora de los cuadernos monográficos *Geobiología y Biohabitabilidad: la salud a través del hábitat* (2006) editados por GEA.

Destacan algunas obras suyas como *Espacio con Valor Ambiental* (2013) *vivir sin tóxicos* (2014) y *Tu casa sin tóxicos* (2017).

### 1.5.3 Decálogo de la casa sana.

En los Cuadernos Monográficos de Geobiología y Biohabitabilidad de GEA se establecen los criterios de biohabitabilidad donde se sintetizan todos los parámetros analizados en un edificio a modo de decálogo denominado “Decálogo de la casa sana y criterios de biohabitabilidad”, que se basa en los siguientes diez puntos:

#### *Vivienda y entorno.*

Adecuada elección del emplazamiento donde se ubica la vivienda, integración de la arquitectura, etc.

---

<sup>31</sup> El correo del sol [web en línea] [consulta:12/03/2018]. Disponible en: <https://elcorreodelsol.com/articulo/elisabet-silvestre-nos-explica-como-vivir-sin-toxicos-y-ganar-salud>

*Evaluación de los factores de riesgo entorno al edificio.*

Ruido y contaminación acústica, fuentes de contaminación electromagnética como las líneas de alta tensión, etc.

*Estudio geobiológico.*

Análisis geobiológico especialmente en los espacios de larga permanencia como los dormitorios, lugares de trabajo, etc.

*Ausencia de contaminación eléctrica o electromagnética en el interior de la vivienda.*

Evitando la proximidad de fuentes de contaminación electromagnética y realizando instalaciones eléctricas biocompatibles en la vivienda (apantallamiento de cables, correctas tomas de tierra, sistemas de desconexión eléctrica automáticos, etc.).

*Criterios de bioconstrucción.*

Diseño bioclimático, elección razonada de los sistemas constructivos y de los materiales y el uso de energías renovables.

*Materiales sanos y ecológicos.*

Elección de los materiales de construcción transpirables, de baja radiactividad, higroscópicos, etc.

*Calidad del aire interior.*

Renovación del aire interior mediante ventilación natural, uso de materiales sin emisiones tóxicas, plantas para la purificación y limpieza del aire interior.

*Iluminación natural.*

Orientación óptima, adecuadas aperturas y elección de iluminación artificial de máxima eficiencia, etc.

*Óptima gestión de los recursos naturales.*

Optimización de los recursos naturales mediante la adecuada gestión de energía, agua, etc.

*Responsabilidad de la vivienda con la vida, la salud y el entorno.*

Diseño, construcción y rehabilitación de las viviendas con criterios de conciencia y responsabilidad medioambiental y de salud.

#### **1.5.4 Estudio de biohabitabilidad.**

Tal y como se comentó anteriormente en la geobiología además del estudio de las radiaciones naturales procedentes de la tierra se estudian las radiaciones artificiales, contaminantes presentes en el aire interior, etc. Esta segunda parte de la geobiología se engloba dentro del estudio de biohabitabilidad ya que se refiere al análisis del espacio

interior. Y con respecto al estudio geobiológico correspondiente al terreno (radiaciones naturales) se detalla más adelante en el capítulo 4.

El estudio de biohabitabilidad se realiza de acuerdo con la norma SMB-2015 y consta de los siguientes pasos:<sup>32</sup>

Antes de intervenir en la vivienda y realizar las mediciones se recopila información mediante el relleno de un formulario por el ocupante con el fin de realizar una medición más precisa. Una vez analizado el formulario, en la vivienda se procede con las mediciones, analizando todos los factores ambientales de riesgo para lugares de descanso y sueño (periodo de regeneración) así como los lugares de trabajo mediante los aparatos de medición.

Según el valor de medición obtenido, este puede ser no significativo (valor mínimo que se encuentra en la naturaleza de forma inevitable), débilmente significativo (se consideran las personas sensibles y enfermas aplicando mejoras siempre que sea posible), fuertemente significativo (valor no aceptable en bioconstrucción por lo que se aplican mejoras de forma inmediata para evitar problemas sanitarios) y extremadamente significativo (valor que ha alcanzado todas las recomendaciones internacionales, se actúa de forma coherente y urgente).

En la tabla 1.2 se muestran los valores de referencia en bioconstrucción correspondientes al grupo A relativo a los campos, ondas y radiación, abarcando los campos eléctricos alternos y continuos, campos magnéticos alternos y continuos, ondas electromagnéticas, radiactividad y perturbaciones geológicas.

---

<sup>32</sup> Arquitectura y Salud [web en línea] [consulta: 13/04/2018]. Disponible en: <https://www.arquitecturaysalud.com/biohabitabilidad/estudio-de-biohabitabilidad>

Tabla 1.2. Valores de referencia grupo A Campos, ondas y radiación.

(Elaboración propia a partir de los valores de la norma SBM-2015)

		No	Débil	Fuerte	Extremo
<b>Campos eléctricos alternos</b>	Intensidad del campo conectada a tierra (V/m)	< 1	1-5	5-50	> 50
	Tensión inducida corporal conectada a tierra (mV)	< 10	10-100	100-1000	> 1000
	Intensidad del campo de libre potencial (V/m)	< 0,3	0,3-1,5	1,5-10	> 10
<b>Campos magnéticos alternos</b>	Densidad de flujo (nT)	< 20	20-100	100-500	> 500
<b>Ondas electromagnéticas</b>	Densidad de potencia ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	< 0,1	0,1-10	10-1000	> 1000
<b>Campos eléctricos continuos</b>	Tensiones superficiales (V)	< 100	100-500	500-2000	> 2000
	Tiempo de descarga (s)	< 10	10-30	30-60	> 60
<b>Campos magnéticos continuos</b>	Diferencia de densidad de flujo (acero) ( $\mu\text{T}$ )	< 1	1-5	5-20	> 20
	Variación de densidad de flujo (corriente) ( $\mu\text{T}$ )	< 1	1-2	2-10	> 10
	Desviación de aguja de brújula °	< 2	2-10	10-100	> 100
<b>Radiactividad</b>	Aumento de tasa de impulsos, dosis (%)	< 50	50-70	70-100	> 100
	Radón ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	< 30	30-60	60-200	> 200
<b>Perturbaciones geológicas</b>	Perturbación campo magnético terrestre (nT)	< 100	100-200	200-1000	> 1000
	Perturbación radiación terrestre (%)	< 10	10-20	20-50	> 50
<b>Ondas acústicas</b>	-	-	-	-	-
<b>luz</b>	-	-	-	-	-

En la tabla 1.3 se muestran los valores de referencia en bioconstrucción, correspondientes al grupo B sobre toxinas presentes en el aire interior como los COV, humedad relativa, etc.

Tabla 1.3. Valores de referencia grupo B: toxinas domésticas, agentes contaminantes, ambiente interior.

(Elaboración propia a partir de los valores de la norma SBM-2015)

	No	Débil	Fuerte	Extremo	
<b>Formaldehído y otros agentes gaseosos (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	< 20	20-50	50-100	> 100	
<b>COV en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (muy volátiles)</b>	< 100	100-300	300-1000	> 1000	
<b>Pesticidas y agentes poco volátiles</b>	PCP, Lindano, etc. (mg/kg)	< 0,2	0,2-1	1-10	> 10
	DDT, Cloropirifos, etc. (mg/kg)	< 1	1-10	10-100	> 100
	Diclofluanida (mg/kg)	< 0,5	0,5-2	2-10	> 10
	Retardantes de fuego clorados (mg/kg)	< 0,5	0,5-2	2-10	> 10
	Retardantes de fuego sin halógenos (mg/kg)	< 5	5-50	50-200	> 200
	Plastificantes (mg/kg)	< 100	100-250	250-1000	> 1000
<b>Metales pesados</b>	-				
<b>Partículas y fibras.</b>	Las concentraciones de partículas, de fibras y de polvos deberían situarse por debajo de las del fondo habitual no contaminado en el aire libre. El amianto no debería ser detectable en absoluto.				
<b>Ambiente interior</b>	Humedad relativa (%)	40-60	<40 / > 60	< 30 / > 70	< 20 / > 80
	Dióxido de carbono (ppm)	< 600	600-1000	1000-1500	> 1500
	Pequeños iones ( $\text{cm}^3$ )	> 500	200-500	100-200	< 100
	Electricidad atmosférica	< 100	100-500	500-2000	> 2000

Para el análisis de los contaminantes biológicos, la norma determina criterios a tener en cuenta en lo relativo a los mohos como la no existencia de estos de forma visible ni microscópica, la presencia de los hongos de levadura tanto en el clima interior como los materiales de construcción debe ser nula o poca, etc. En el caso de bacterias estas deben estar al mismo nivel o inferior al del aire exterior, donde los gérmenes críticos no pueden estar en absoluto o muy poco detectables, etc.

Después de las mediciones se elabora el informe de resultados, que constituye el informe de biohabitabilidad en el cual se proporcionan los factores de riesgo según la norma, con su correspondiente valoración cualitativa y cuantitativa.

Según los valores de referencia obtenidos se establecen las medidas correctoras recomendadas y posteriormente se lleva a cabo la implementación de estas medidas correctoras como la mejora de la red eléctrica, apantallamientos, eliminación de materiales contaminantes, etc.

Por último, se analiza y mide nuevamente el lugar, con el fin de comprobar la eficacia de las medidas correctoras.

---

## CAPÍTULO 2. PRINCIPIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN.

---



En 1980 Anton Schneider junto con varios compañeros planteó 25 principios básicos para la bioconstrucción.<sup>33</sup> Con estos principios se engloban todas las temáticas relacionadas con la bioconstrucción, las cuales han sido ya desarrolladas en el capítulo anterior. De forma aproximada se puede plantear que: el terreno hace referencia a la geobiología; los materiales de construcción al bioclimatismo, ya que se considera la eficiencia energética a través de una adecuada disposición constructiva de estos; el clima interior se adecua más a la biohabitabilidad; y medio ambiente, energía y agua a la temática de construcción sostenible.

En la tabla 2.1 se detallan las 25 reglas, que abordan aspectos como la ubicación adecuada de la construcción mediante la búsqueda del sitio ideal según la geobiología a través del análisis de las radiaciones naturales provenientes del terreno, así como las radiaciones artificiales, entorno alejado de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos, viviendas en urbanizaciones ajardinadas que buscan esa integración con la naturaleza, o el modo de vida adoptado.

Los materiales de construcción deben cumplir determinados criterios, como ser de origen natural sin ningún tipo de adulteración, no emitir sustancias tóxicas, tener un bajo nivel de radiactividad y poseer cualidades higroscópicas para la regulación natural de la humedad atmosférica interior, ser de procedencia nacional o preferiblemente regional para reducir los costes medioambientales originados por el transporte, no producir alteraciones en el campo magnético natural, etc.

Otros aspectos importantes son el aumento del uso de energías renovables para la minimización de la demanda y el consumo energético derivado de fuentes no renovables, incorporación de los criterios ergonómicos para el mobiliario y decoración, etc.

---

<sup>33</sup> Hay que señalar que en la mayoría de los casos es difícil cumplir con todos ellos por lo que el objetivo principal es construir bajo estas reglas, pero de forma flexible.

Tabla 2.1. Las 25 reglas básicas de bioconstrucción.<sup>34</sup>

<b>Terreno</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ausencia de secuelas sociales negativas</li> <li>2. Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos.</li> <li>3. Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas.</li> <li>4. Vivienda y entorno residencial individuales, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con la vida elegido.</li> <li>5. Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la construcción.</li> </ol>
<b>Materiales de construcción y protección acústica</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Materiales naturales y no adulterados.</li> <li>7. Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.</li> <li>8. Utilización de materiales de baja radioactividad.</li> <li>9. Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.</li> </ol>
<b>Clima interior</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.</li> <li>11. Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva.</li> <li>12. Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.</li> <li>13. Temperaturas óptimas de las superficies y del aire interior.</li> <li>14. Buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural.</li> <li>15. Calor radiante para la calefacción.</li> <li>16. Alteración mínima del entorno de radiación natural.</li> <li>17. Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión.</li> <li>18. Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos.</li> </ol>
<b>Diseño interior</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>19. Consideración de dimensiones armoniosas, proporciones y formas.</li> <li>20. Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido.</li> <li>21. Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior.</li> </ol>
<b>Medio ambiente, energía y agua</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>22. Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables.</li> <li>23. Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.</li> <li>24. Prevención de problemas para el medio ambiente.</li> <li>25. Calidad óptima posible del agua potable.</li> </ol>

<sup>34</sup> IBN: Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit [web en línea] [consulta: 30/12/2017]. Disponible en: <https://www.baubiologie.de/>

---

## 2.1 TERRENO.

---

### **2.1.1 Ausencia de secuelas sociales negativas.**

Se trata de crear un ambiente saludable en el cual el individuo lleve a cabo un desarrollo personal positivo y por lo tanto para la sociedad en la que vive.

### **2.1.2 Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos.**

Hay que procurar en la mayor medida posible edificar lejos de fuentes de emisiones contaminantes como aeropuertos, industrias, líneas de alta tensión, líneas de distribución eléctrica aérea o enterrada, transformadores, etc.

### **2.1.3 Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas.**

Los edificios construidos pasan a formar parte de un método descentralizado y flexible, es decir, ruralización de la ciudad recuperando el ambiente natural que está en los campos mediante urbanizaciones ajardinadas que recuerdan a la naturaleza, fachadas y cubiertas vegetales, etc.

### **2.1.4 Vivienda y entorno residencial individual, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con el modo de vida elegido.**

Se trata de la recuperación del estilo de vida tradicional al crear esa interacción con la naturaleza mediante el uso de alimentos sanos propios de esta, participación en actividades que favorezcan el contacto con el entorno natural, entender cómo funciona un edificio, etc.

### **2.1.5 Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la construcción.**

#### *Radiaciones naturales.*

Las radiaciones telúricas, alteraciones telúricas, o alteraciones geofísicas, son el conjunto de radiaciones naturales presentes en la superficie terrestre que provienen del subsuelo como las corrientes de agua subterránea, fallas, fisuras, alteraciones del campo magnético terrestre, redes energéticas, y que pueden ser susceptibles a afectar el equilibrio biológico de las personas. Para ello es primordial realizar un estudio geológico del terreno para elegir la ubicación idónea. Las radiaciones naturales son:

- Alteraciones geofísicas.

Las alteraciones geofísicas son las corrientes de agua que circulan por galerías subterráneas y generan un campo electromagnético debido a la fricción de las moléculas de hidrógeno en movimiento. Este rozamiento desprende iones que pueden alterar la función de la glándula pineal, que es la hormona activa encargada de la regeneración celular. Una forma de detectar estas corrientes es observar el entorno, apreciando cómo los árboles inclinados huyen de estas, las humedades y hongos en las paredes interiores, etc.

El continuo movimiento de la corteza terrestre produce alteraciones como fallas, fisuras y grietas. En la vertical de estos fenómenos emanan un conjunto de energías, radiaciones gamma e incluso gases radioactivos, con efectos ionizantes en la atmósfera de la superficie y con variaciones en el campo magnético del entorno.

- Redes geomagnéticas.

Las redes magnéticas terrestres más conocidas son la red Hartmann y Curry, la red o líneas Hartmann se presenta en forma de malla ortogonal de 2 x 2,5 m con orientación norte-sur. Una exposición prolongada en una línea Hartmann y sus cruces se relaciona con alteraciones en el sistema inmunológico, endocrino y hormonal. Si la presencia de un cruce Hartmann coincide, además, con alguna otra alteración geofísica como fallas o corrientes de agua subterránea, se multiplica el efecto geopatógeno de la zona.

Y la red Curry es una red diagonal que tiene unas líneas de fuerza que van de Noreste a Suroeste y de Suroeste a Noroeste con una separación aproximada entre ejes de 6 u 8 m. Y se consideran más perjudiciales que las líneas Hartmann.

En la figura 2.1 se muestran las líneas Hartmann, corrientes de agua subterráneas, fallas, etc. Para evitarlas conviene colocar la cama en una zona neutra donde no pasan (o no se cruzan) las redes geomagnéticas, así como las corrientes de aguas subterráneas y fallas geológicas. Y conviene orientarlas al norte magnético o al este, pero nunca situarla en el sur u oeste, ya que resulta perjudicial.

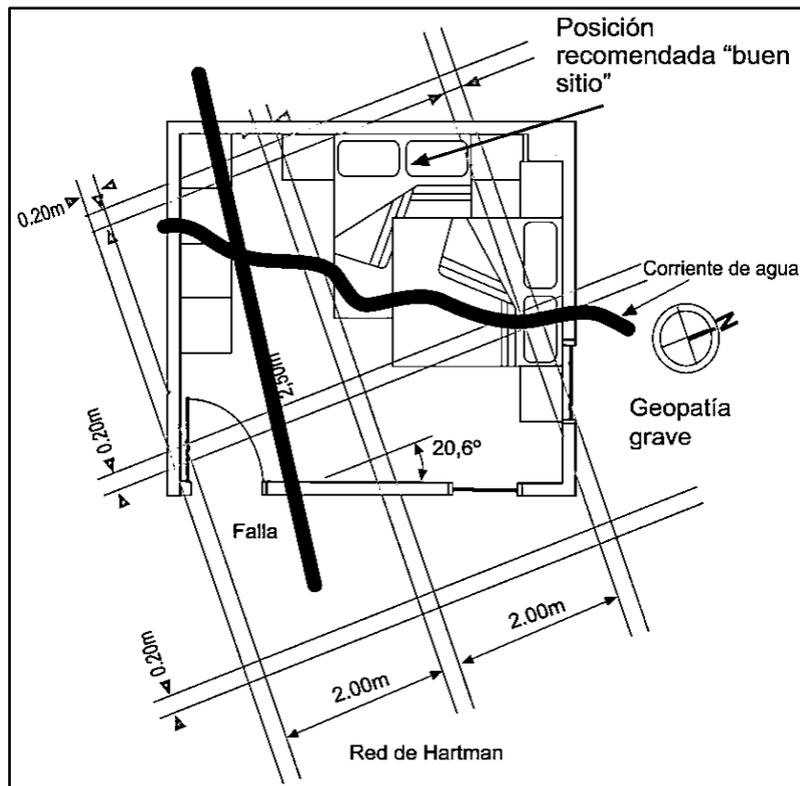


Figura 2.1. Posición correcta de la cama.<sup>35</sup>

- Emanaciones radiactivas.

Existen minerales en el subsuelo que en su descomposición dan lugar a emanaciones de gases radiactivos. El gas radón es una de las más problemáticas emanaciones radiactivas, ya que es un gas indetectable por los sentidos, inestable e incoloro.<sup>36</sup>

En general conviene siempre colocar láminas de polietileno entre el suelo y solera y la cimentación. En el caso de posibles filtraciones se colocan laminas EPDM a nivel de solera y espacios subterráneos para impedir el acceso del gas, así como la creación de cámaras ventiladas como los forjados sanitarios. Y sin olvidar la eficacia de una buena ventilación.

#### *Radiaciones artificiales.*

En cuanto a las perturbaciones artificiales debidas a la presencia de campos electromagnéticos y eléctricos, se analizan en el apartado 2.3.8.

<sup>35</sup> Casas saludables [blog en línea] [18/02/2018]. Disponible en: [http://casassaludables.blogspot.com/2015\\_04\\_01\\_archive.html?view=classic](http://casassaludables.blogspot.com/2015_04_01_archive.html?view=classic)

<sup>36</sup> Se va a incluir una sección HS3 en el DB-HS, sobre gas radón en interiores y las medidas que hay que tomar para impedir su acceso desde el suelo.

---

## 2.2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y PROTECCIÓN ACÚSTICA.

---

La elección de los materiales de construcción sostenibles y saludables son un hecho primordial si se quiere que un hogar se encuadre dentro del concepto de la bioconstrucción, por lo que a la hora de elegir un material hay que tener en cuenta una serie de factores como la reutilización y reciclado, transpirabilidad (que la vivienda respire), baja radiactividad, aislamiento térmico y acústico, no generar cargas electrostáticas, no emitir sustancias tóxicas que contaminen el aire interior, etc.

### **2.2.1 Materiales naturales y no adulterados.**

Se entiende por materiales biocompatibles o biomateriales aquellos que son más afines con la naturaleza biológica y bioenergética del ser humano, más compatibles con la vida (como la madera, corcho, bambú, lino, etc.). Interactúan con la vivienda haciendo que esta se comporte como un conjunto vivo, siendo una verdadera piel. Por ello hay que elegir materiales con propiedades físicas que permitan una adecuada interacción con el entorno, con las constantes vitales de la tierra y las atmósferas, sin perturbarlas y esto se cumple al elegir un material natural (Silvestre y Bueno, 2009).

### **2.2.2 Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.**

Los materiales de construcción han de ser libres de contaminantes y sustancias tóxicas, sin emisión de ningún tipo de vapores, polvo, partículas u olores que perjudiquen la salud ya sea en su fabricación como en su utilización. Además, han de ser resistentes a la acción de bacterias, virus, etc.

### **2.2.3 Utilización de materiales de baja radiactividad.**

Como se sabe el principal foco del gas radón es el procedente de la tierra (emanaciones radiactivas), pero existe otra fuente que son los materiales utilizados en la construcción, como los cementos realizados con escorias de la industria metalúrgica y algunos yesos artificiales (fosfoyesos), etc. Estos son responsables de un 20-30% del radón que puede encontrarse en el interior de una vivienda, por lo que para la elección de un material conviene descartar aquellos que poseen grandes concentraciones de este gas (Bueno, 2010).

En la tabla 2.1, se observa que el granito, las cuarcitas, la pizarra, así como algunos cementos con escorias poseen un elevado nivel de radiactividad, mientras que materiales como la cal, el yeso, o la piedra caliza no son radiactivos. La madera incluso absorbe la radiactividad.

Tabla 2.1. Porcentaje de radiactividad de materiales de construcción en comparación con la radiación ambiente.

(Figols, 2015)

Material	% Radiactividad
Madera, cal	-50% hasta 0%
Arena, grava	-30% hasta 0%
Piedra caliza, yeso natural	-30% hasta 0%
Hormigón, hormigón celular, cemento	-20 % hasta + 10 %
Ladrillos cerámicos	+10 % hasta + 100 %
Clinker, tejas	+10 % hasta + 150 %
Granito, pizarra	hasta + 250 %
Escorias	hasta + 300 %
Basalto, piedra toba	hasta + 400 %
Residuos industriales, cenizas	hasta + 500 %

#### 2.2.4 Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.

Vivir en un ambiente con gran contaminación acústica produce efectos sobre la salud como el estrés, cansancio y nerviosísimo. Para ello hay que tener en cuenta el bienestar acústico de una persona.<sup>37</sup>

Para atenuar los ruidos de impacto se recomienda el uso de materiales aislantes de baja densidad, como lanas de fibras naturales. En cambio, para los ruidos aéreos son recomendables los de gran densidad, como los muros de bloques cerámicos densos (termoarcilla), adobes, tapial o balas de paja, que son buenos aislantes del ruido aéreo exterior. Para los tabiques, materiales aislantes como el corcho natural y las fibras de madera, lino, cáñamo o celulosa ofrecen excelentes prestaciones acústicas (Silvestre y Bueno, 2009, p.109).

---

### 2.3 CLIMA INTERIOR.

---

Siempre se ha hecho un gran inciso sobre la relación entre la salud y la calidad del ambiente interior, desde la biohabitabilidad se presta especial cuidado al análisis de todos los factores presentes en el espacio interior.

En este contexto la calidad del aire interior se define como “conjunto de condiciones ambientales del espacio interior -niveles de contaminación microbiológica, química y

---

<sup>37</sup> El CTE, en su requisito básico relativo a la protección contra el ruido DB-HR, distingue el diseño y dimensionado del aislamiento acústico en función del tipo del ruido: ruidos aéreos que son los que se propagan por el aire (televisión, tráfico, etc.) y los de impacto que son los derivados de choques, impactos, etc.

agentes físicos que rodean a las personas- que no perturban las capacidades de los usuarios, que no afectan adversamente su salud y, sobre todo, que promueven su bienestar” (Silvestre, 2014, p.35).

Como se observa en la tabla 2.2 los contaminantes se clasifican según su naturaleza en: biológicos, que son los mohos, hongos, ácaros, virus, etc.; químicos, como el monóxido de carbono, gases, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) que se desprenden de diferentes materiales de construcción; y los factores físicos, como la temperatura, la humedad relativa, iluminación, gas radón, etc.

Tabla 2.2. Agentes que inciden en el clima interior.

(Silvestre, 2016, p.19)

Factores biológicos	Factores químicos	Factores físicos
Moho	Monóxido de carbono	Temperatura
Bacterias	Compuestos orgánicos	Humedad relativa
Hongos	Volátiles (COVs)	Ventilación
Levaduras	Humos	Acústica
Ácaros	Gases	Iluminación
Virus	Olores	Gas radón
		Electricidad estática
		Campo eléctrico alterno
		Campo electromagnético

- Factores biológicos.

Entre los contaminantes biológicos se encuentran los hongos que se originan cuando la humedad relativa supera el 70% y las bacterias generadas por las propias personas. Es de vital importancia la ventilación del espacio interior para combatir los hongos y bacterias.

Las principales causas que favorecen esta contaminación microbiológica son los materiales de construcción no higroscópicos, los materiales de obra nueva que no han secado suficientemente antes de su utilización, los puentes térmicos con condensaciones superficiales, malas condiciones de ventilación y climatización y humedades ascendente por capilaridad en cerramientos (Moroto, 2016).

Se considera que un ambiente interior tiene contaminación microbiológica si las partículas transmitidas por el aire contienen en su interior contaminantes biológicos que puedan causar enfermedades como irritaciones, inflamaciones, etc., tal y como se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. origen de los microorganismos.

(Figols, 2016, p.49)

Fuente	Microorganismos
Materiales aislantes Pinturas de pared/techo Papel de pared/techo Revoco de pared/techo	Hongos
Alfombras y otros textiles	Bacterias y Hongos
Sistemas de agua caliente	Legionella spp
Polvo domestico	Algas y Hongos
Seres humanos	Bacterias y Hongos
Sistemas de aire acondicionado	Bacterias, Endotoxinas, Hongos, Amebas.
Humificadores	Legionella spp, Hongos
Filtros de agua	Levaduras, Hongos, Bacterias
Lavadora, lavavajillas, secadora, frigoríficos	Levaduras, Hongos, Bacterias

- Factores químicos.

Los principales contaminantes químicos que se encuentran en los hogares son los llamados compuestos volátiles (COVs), que se tratan de hidrocarburos que a temperatura ambiente están en estado gaseoso. Incluyen muchas sustancias diferentes como Formaldehido, Benceno, Xileno, Acetona, etc., (De Prada, 2013). Estos compuestos son perjudiciales para la salud por lo que es importante controlarlos.

Se encuentran en los materiales utilizados en la construcción de paredes, techos y suelos como los paneles a base de resinas sintéticas, impermeabilizaciones, los acabados con pinturas sintéticas, etc.

Además de los COVs se encuentra el monóxido de carbono (CO), un gas muy tóxico que se produce por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, etc. También se encuentran los óxidos de nitrógeno (NO) generados por los calentadores domésticos y aparatos de cocción.

- Factores físicos.

Entre los factores físicos se encuentra el amianto. Se trata de un mineral fibroso bastante perjudicial para la salud porque las fibras desprendidas en el aire van directamente al tejido pulmonar (cáncer de pulmón), es usado principalmente en los sistemas de aire acondicionado, pero actualmente está prohibida su fabricación en España y el gas radón que se ha tratado anteriormente.

Es interesante mencionar el papel de las plantas como purificadoras del aire interior ya que estas capturan ciertos contaminantes. Por ejemplo, la palmera filtra el formaldehido y el tricloroetileno, siendo ideal para colocarla frente a muebles nuevos o recién barnizados. La dracena para habitaciones recién amuebladas, ya que filtra el formaldehido y el xileno. El cactus es un armonizador de las radiaciones que crean los ordenadores. La

hiedra filtra hasta el 90% de benceno. La cinta filtra el 96% de monóxido de carbono, xileno y formaldehído y es muy útil tanto en cocinas donde se utiliza este gas como en salones y comedores donde hay reuniones de mucha gente (Bueno, 2004).

### **2.3.1 Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.**

Según los estándares médicos y de bioconstrucción un nivel de humedad relativa ideal es el que se encuentra entre el 40% y 60%. Según Schnieder esto depende de varios factores:<sup>38</sup>

- Aire interior y temperatura de la superficie, ya que a medida que aumenta la temperatura del aire ambiente, disminuye la humedad relativa.
- Tipo de calefacción, especialmente con respecto a la radiación y el calor de convección.
- Intensidad de la ventilación.
- Tipo de materiales de construcción y mobiliario.
- Número de personas en la habitación, o el tamaño de la habitación por persona.
- Movimiento o la actividad de los habitantes.
- Clima exterior.

En lo relativo a los materiales de construcción estos influyen de forma significativa en la regulación natural de la humedad atmosférica porque absorben el vapor de agua. Por ello estos deben de ser higroscópicos, entendiendo por higroscopicidad la capacidad que posee un material para absorber o emitir humedad al aire, generando un equilibrio de humedad en los ambientes interiores gracias a su porosidad. Por lo que desde la bioconstrucción la elección de materiales porosos como la piedra, la madera, el mortero de cal y arena, el yeso, etc., ayudan a transpirar al hogar, ya que son buenos difusores naturales del aire, además de absorber o liberar la excesiva humedad interior.

### **2.3.2 Minimización y disipación rápida de la humedad de obra nueva.**

La humedad de obra nueva es aquella provocada por el agua usada durante el proceso de construcción, donde dicha agua puede tardar semanas o meses e incluso años en secar. Esto provoca la generación de agua residual que queda retenida en los materiales dando lugar a diferentes problemas como eflorescencias y descascaramientos.

---

<sup>38</sup> Curso de Bioconstrucción: clima interior. EN: *IBN: Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit* [web en línea] [consulta: 30/12/2018]. Disponible en: <https://www.baubiologie.de/>

Por eso es importante garantizar el empleo de materiales que favorezcan la disipación rápida de la humedad una vez puestos en obra, es decir, han de secarse rápido. También se puede lograr disipar esa agua y humedad con ventilación natural, pero ésta debe ser efectiva y durante un considerable periodo de tiempo que puede llegar a ser de varias semanas o incluso meses.

La estructura interna de los materiales de construcción juega un papel fundamental a la hora del secado de estos. Materiales como el ladrillo, adobe, barro cocido, yeso, escayola, cal tienen un sistema capilar bien desarrollado, con numerosos microconductos de diferentes grosores, comunicados entre ellos lo que permite una gran capacidad de absorber el agua y gran capacidad de evaporación de esta por lo que se secan rápido. En cambio, materiales como el hormigón celular, arlita, etc., poseen cavidades celulares con pocos capilares entre ellas permitiendo una gran capacidad de absorber el agua, pero poca para la evaporación de esta por lo que se secan lentamente (Lledó, 2006, p. 21).

Como se observa en la figura 2.2 el hormigón tiene una estructura con pocos capilares y pequeños poros cerrados permitiendo poca capacidad de evaporación por lo que es de difícil secado. La madera tiene numerosos microconductos huecos paralelos que albergan gran contenido de aire, por lo que cuenta con gran capacidad de absorber agua y vapor, así como de evaporarlos.



Figura 2.2. Estructura interna de hormigón (izquierda) y madera (derecha).<sup>39</sup>

Como se observa en la tabla 2.4 el hormigón tarda mucho en secarse, mientras que mortero de cal y el ladrillo poroso se secan rápido y eso está directamente ligado con la estructura interna del material como se ha visto anteriormente.

<sup>39</sup> Civil Geeks: Ingeniería y construcción [web en línea] [consulta: 24/06/2018]. Disponible en: <https://civilgeeks.com/2010/11/06/fundamentos-del-hormigon-simple/>

Tabla 2.4. Secado de pared de 30 cm de espesor.

(Figols, 2015)

Material	Tiempo de secado
Mortero de cal	0,7 años
Ladrillo poroso	0,7 años
Hormigón celular	3 años
Hormigón pesado	4 años

### 2.3.3 Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.

En primer lugar, hay que señalar que existen tres formas de transferencia del calor:

- Calor por radiación, transferido mediante aire o espacio como los rayos solares. Se producen pérdidas o ganancias de calor a través de las ventanas, puertas y techos.
- Calor por conducción, transferido mediante un material. Las pérdidas de calor por conducción se controlan mediante aislamiento térmico, evitando que el calor pase del exterior al interior de un edificio y viceversa. Pero este al no ser continuo en toda la envolvente térmica por la presencia de ventanas, etc., da lugar a los puentes térmicos.
- Calor por convección, transferido mediante un fluido como líquido o gas. Las pérdidas de calor por convección en un edificio son más difíciles de controlar ya que es difícil construir un edificio hermético.

#### *Aislamiento e inercia térmica.*

La estructura interna de un material determina la capacidad de este de ser más o menos aislante térmicamente. Esta capacidad se expresa en coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ). La inercia térmica es la capacidad de almacenar calor o frío, conservarlo y liberarlo de forma paulatina permitiendo un ahorro de energía al no usar sistemas mecánicos de calefacción y refrigeración. A mayor masa del material mayor capacidad de acumulación de calor y a mayor densidad mayor inercia térmica.

Desde la perspectiva de bioconstrucción es muy importante establecer una proporción equilibrada entre los dos conceptos anteriores (aislamiento e inercia térmica) mediante la combinación de un sistema constructivo que garantice un buen aislamiento térmico y a la vez una buena acumulación de calor. Es decir, tienen que ir ligados el uno con el otro y no ser considerados de forma independiente.

En la tabla 2.5 se establece una comparación de diferentes tipos de aislantes térmicos, en el cual el número 0 indica un valor no relevante o neutro; – negativo; – – muy negativo; + Positivo y ++ muy positivo. Se evalúan los siguientes aspectos:

- A: Comportamiento térmico (aislamiento térmico y acumulación de calor).
- B: Evaluación de las propiedades higroscópicas y periodos de secado (humedad).

- C: Evaluación de la permeabilidad al vapor de agua/ propiedades de difusión Sd / espesor de la capa de aire equivalente de difusión en m.
- D: Evaluación de la toxicidad (contaminación del aire).
- E: Evaluación de las condiciones de fabricación (ecológicas, toxicológicas, y social) incluidas las condiciones de trabajo, los requisitos de energía, transporte, procesamiento y disponibilidad.
- F: Evaluación de problemas de gestión de residuos y la posibilidad de reutilización y / o procesamiento (también en términos de extracción de materia prima, producción, transporte y procesamiento).
- G: Evaluación de la inflamabilidad, problemas de toxicidad en el caso de un incendio, y comportamiento de humo (fuego).

Tabla 2.5. Propiedades de los aislantes térmicos. (Ece, 2018, p.18)

Material	A	B	C	D	E	F	G	Evaluación global
Poliuretano ( $\lambda=0,030$ )	+	--	--	--	--	--	--	-11
Poliestireno expandido ( $\lambda=0,035$ )	+	--	--	--	--	--	--	-10
Fibra de vidrio ( $\lambda=0,035$ )	+	--	++	--	--	--	+	-4
Poliéster ( $\lambda=0,040$ )	+	--	++	0	-	-	-	-2
Lana de oveja ( $\lambda=0,040$ )	+	+	++	-	-	+	-	2
Algodón ( $\lambda=0,040$ )	+	0	++	0	-	+	-	2
Cáñamo, lino ( $\lambda=0,040$ )	+	+	++	0	0	+	0	4
Fibra de celulosa ( $\lambda=0,045$ )	+	+	++	-	0	+	0	4
Tablero de baja densidad ( $\lambda=0,045$ )	++	++	++	0	-	++	0	8
Corcho ( $\lambda=0,045$ )	+	0	++	0	-	++	-	3
Fibra de coco ( $\lambda=0,045$ )	+	++	++	0	-	+	-	5
Caña ( $\lambda=0,055$ )	+	+	++	0	0	++	-	5
Espuma de vidrio ( $\lambda=0,050$ )	+	0	0	0	-	+	++	3
Tablero de silicato de calcio ( $\lambda=0,050$ )	+	++	++	0	-	+	++	7
Perlita ( $\lambda=0,050$ )	+	-	++	-	-	0	++	2
Balas de paja ( $\lambda=0,045$ )	+	+	++	0	0	++	-	5
Arcilla aligerada ( $\lambda=0,080$ )	-	+	++	0	-	+	++	4

### 2.3.4 Temperaturas óptimas de las superficies y del aire interior.

La temperatura del aire y de las superficies del espacio interior es de gran importancia, ya que las altas temperaturas de superficie son cruciales para una sensación de confort. No solo se consideran las temperaturas de la superficie de los suelos, paredes y ventanas, sino también la de los muebles (especialmente la mesa).

De acuerdo con la figura 2.3, se establece una relación entre las temperaturas del aire interior y las de la superficie de las paredes. Se consigue un confort térmico si la temperatura de la superficie de las paredes se encuentra entre 2 y 5°C como máximo, es

decir, ser 2°C más bajo o 5°C más alto que las del aire interior. Cuando se sobrepasa ese valor, se sale de la zona de confort térmico, adentrándose en zonas más frías o calientes.

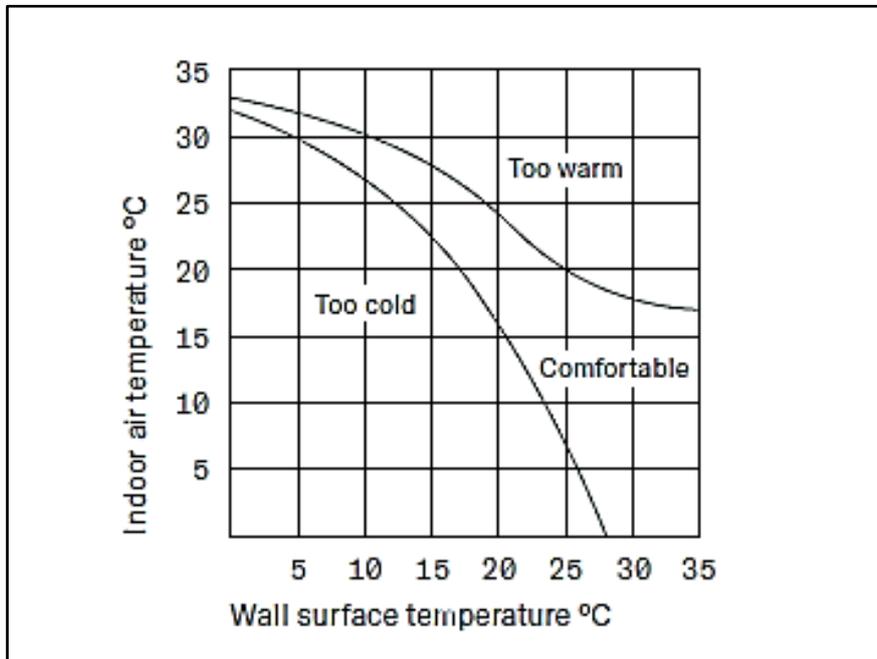


Figura 2.3. Temperatura y confort térmico: correlación entre la temperatura media del aire interior y la superficie de la pared.

(Schneider y Hartmann citados en Ece, 2018, p. 20)

Para alcanzar esa mínima diferencia de temperatura es necesario analizar las prestaciones térmicas de los materiales de construcción. El aislamiento e inercia térmica determinan la velocidad a la que las superficies se calientan.

Además de los materiales de construcción en sí, los sistemas de calefacción y refrigeración también influyen en la creación de temperaturas superficiales óptimas.

### 2.3.5 Buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural.

La ventilación del ambiente interior es un factor decisivo en lo relativo a la salud debido a varios motivos: presencia de CO<sub>2</sub> por exceso de respiración y deficiencia de O<sub>2</sub>; presencia de otros contaminantes biológicos, químicos y físicos que se han desarrollado anteriormente.

La ventilación garantiza la protección del edificio frente a humedades, eliminación de contaminantes, así como el suministro del aire fresco, pero sin perder demasiado calor en el proceso. Si se revisa el consumo de energía tal y como se muestra en la figura 2.4, resulta claro que se pierde más energía en los procesos de calefacción y ventilación de la

que se gana mediante el uso de energía solar. Esto quiere decir que hay que establecer unas determinadas estrategias para no generar pérdidas energéticas durante la ventilación.

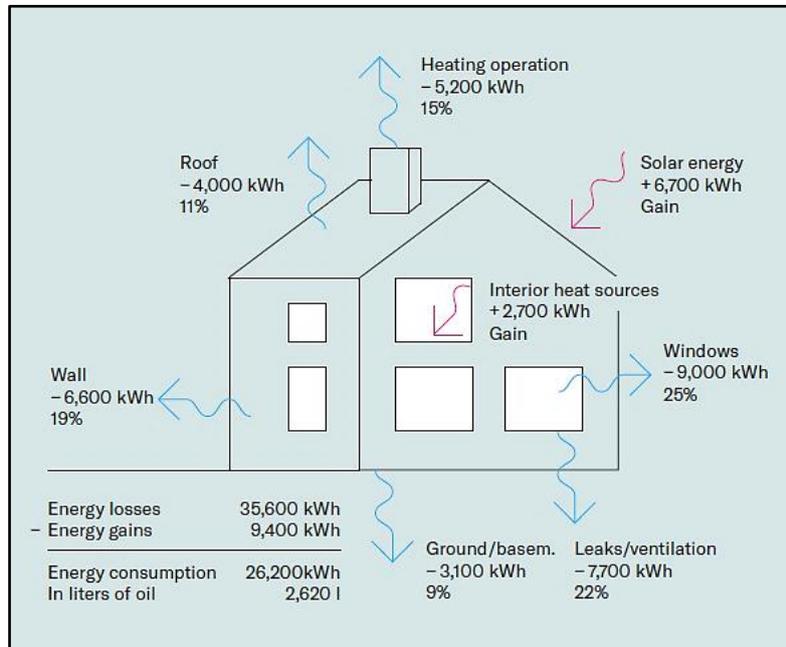


Figura 2.4. Consumo de energía.

(Schneider W y Hartmann F citados en Ece, 2018, p.23)

Estas estrategias de ventilación natural se reflejan en la figura 2.5, donde se determina una duración aproximada para ventilar un espacio interior en función de la abertura de ventanas y la estación del año:

- A: ventana y puerta abiertos del todo (ventilación cruzada). Invierno 2 a 4 min. Primavera / Otoño 4 a 10 min. Verano 12 a 20 min.
- B: ventana abierta inclinada/ puerta abierta del todo (ventilación cruzada). Invierno 4 a 6 min. Primavera / Otoño 8 a 15 min. Verano 25 a 30 min.
- C: ventana abierta del todo/ puerta cerrada (ventilación forzada). Invierno 4 a 6 min. Primavera / Otoño 8 a 15 min. Verano 25 a 30 min.
- D: ventana abierta inclinada/ puerta cerrada. Invierno 30 a 75 min. Primavera / Otoño 1 a 3 h. Verano 3 a 6 h.

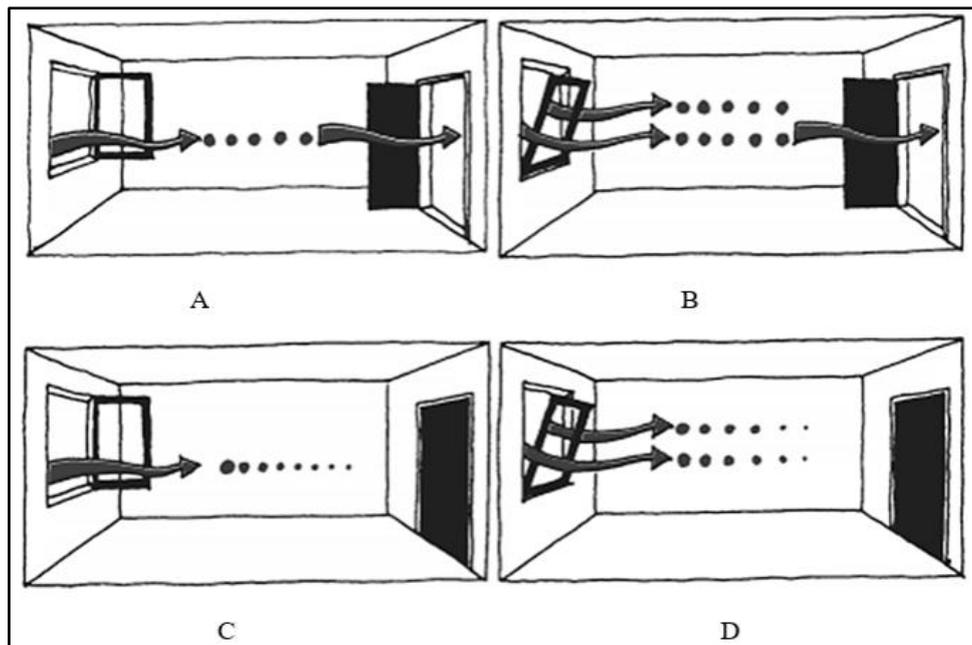


Figura 2.5. Duración aproximada de renovación natural del aire interior.<sup>40</sup>

### 2.3.6 Calor radiante para calefacción.

Según la bioconstrucción un sistema de calefacción ideal ha de cumplir los siguientes criterios (Kiesling citado en Baker-Laporte P, *et al*, 2008, p.253):

- El tipo de calor.

El tipo de calor debe ser por radiación (calor radiante), ya que aparte de ser un calor igual al obtenido por el sol, este no calienta el aire de la habitación sino los muebles y cuerpos de alrededor. El aire al moverse de forma lenta hace que no se produzca carga electrostática ni circulación de polvo ni transferencia de olores.

- La temperatura.

La calidad de un sistema de calefacción no debe medirse por una alta temperatura del aire ambiente, sino por las bajas diferencias entre la temperatura del aire ambiente y de las paredes, techos y suelo.

- La temperatura superficial de un sistema de calefacción.

Si esta es alta, causa la circulación del polvo y descarga eléctrica del aire, lo que produce un dominio de los iones positivos generando con ello un desequilibrio iónico no saludable que provoca irritación en la membrana mucosa, enfermedades crónicas, etc.

<sup>40</sup> Curso de Bioconstrucción: clima interior EN: IBN: Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit [web en línea] [consulta: 30/12/2018]. Disponible en: <https://www.baubiologie.de/>

- La humedad.

La humedad relativa interior ha de ser entre 40 y 60%, lo cual se logra solo por calefacción mediante calor radiante. En los sistemas de calefacción por convección la humedad relativa disminuye hasta 30%.

- Gradientes de temperatura.

El calor por convección crea capas horizontales de aire, con diferencias de temperatura de hasta 10°C del suelo al techo (cabezas calientes y pies fríos). Con el calor radiante esta diferencia es de 1-2°C (habitación uniformemente calentada).

- Campos electromagnéticos.

Los sistemas de calefacción por calor de convección generan campos electromagnéticos, lo que provoca un estrés eléctrico en el clima interior. Los sistemas de calefacción por radiación no producen dichos campos.

- Ionización del aire caliente.

En el cuerpo humano existen iones positivos y negativos, pero con la actividad física se pierden iones negativos por lo que se necesitan fuentes para equilibrarlos. El fuego de leña de madera crea un efecto ionizante negativo permitiendo que se equilibren los iones negativos y positivos.

- Impacto medioambiental.

Hay que valorar el impacto del sistema de calefacción sobre el medio ambiente, teniendo en cuenta qué tipo de combustible se usa, los materiales que integran el sistema, etc.

En la figura 2.6 se muestra un sistema de calefacción por radiación (derecha) y convección (izquierda) donde el calor por radiación hace que la habitación se encuentre uniformemente calentada consiguiendo temperaturas óptimas a diferencia de los sistemas de calor por convección

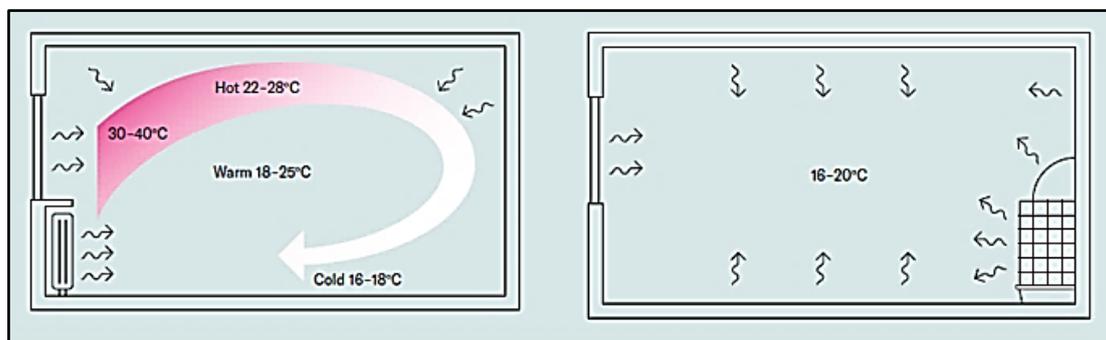


Figura 2.6. Sistemas de calefacción por radiación (derecha) y sistema de calefacción por convección (izquierda).

(Schneider y Hartmann citados en Ece, 2018, p.22)

Y en la figura 2.7, se observa cómo se consigue mayor confort térmico con calor radiante que con calor por convección.

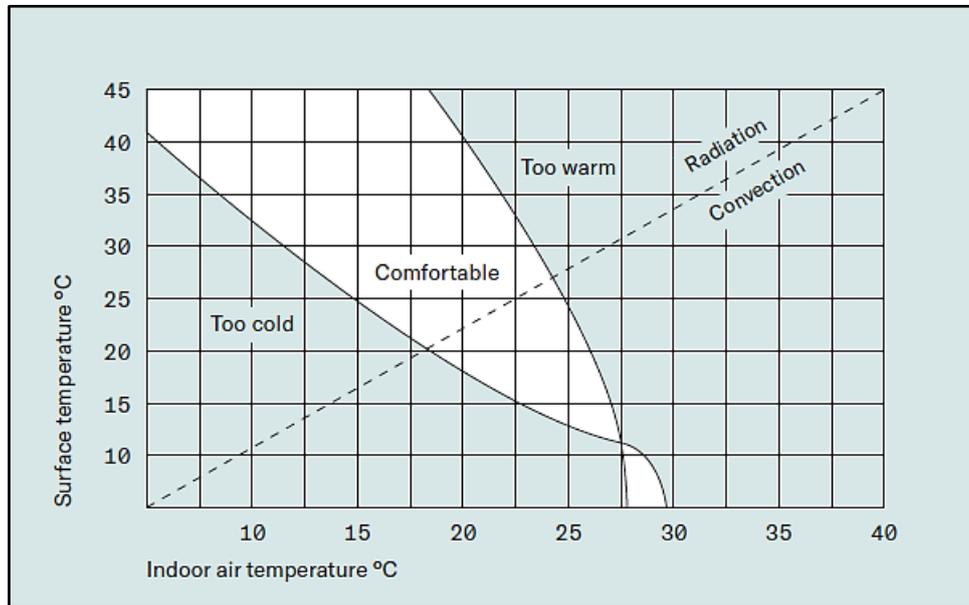


Figura 2.7. Confort térmico mediante radiación y convección.

(Schneider W y Hartmann F citados Ece, 2018, p. 22)

### 2.3.7 Alteración mínima del entorno de radiación natural.

La alteración del campo magnético natural provoca alteraciones en el ser humano. En un edificio las estructuras metálicas y en especial los materiales ferromagnéticos son las causantes de estas alteraciones. Para evitarlo las estructuras y armazones metálicos de la vivienda deben estar correctamente derivados a tierra.

### 2.3.8 Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio de expansión.

Hoy en día, los hogares se encuentran repletos de contaminación electromagnética que según varios estudios presentan una amenaza real para las personas. En los hogares los campos electromagnéticos son los derivados del uso de la telefonía móvil, wifi, televisión, electrodomésticos, ordenadores, lámparas halógenas con transformadores, etc.

Esto hace que sea muy difícil eliminarlos, pero se pueden adoptar medidas para reducir su impacto sobre la salud, ya que las emisiones bajan según se aleja de la fuente (Silvestre y Bueno, 2009, p.79).

En cuanto a los campos eléctricos derivados de las instalaciones eléctricas en los edificios, estos se pueden eliminar o minimizar mediante un buen diseño de la instalación derivando los campos eléctricos a la toma de tierra. A este respecto, la bioconstrucción

considera que la resistividad de la toma de tierra tendría que ser inferior a  $6 \Omega$  (ohmios) para considerarla eficiente y biocompatible.

### **2.3.9 Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvos y alérgenos.**

Reducción de la presencia de contaminación microbiológica, tal y como queda definido en la Norma SBM-2015 (p.4) donde para hongos de levadura establece:

Los hongos de la levadura no deberían ser detectables o muy poco en el aire interior, las paredes o materiales, o en las zonas de descanso, de vestirse, de higiene, de baño, de cocina o para el procesado de alimentos. Es particularmente válido para las levaduras especialmente críticas para la salud como la Candida o el Criptococo.

Y para las bacterias establece lo siguiente:

El número de bacterias en el aire ambiente interior debería estar al mismo nivel o inferior al del aire exterior o de las estancias de comparación no afectadas. Los gérmenes particularmente críticos, como por ejemplo determinadas pseudomonas, legionellas, actinomicetos, etc. no deberían ser en absoluto o tan solo muy poco detectables, ni en el aire ni en los materiales, el agua potable, las zonas de cocina, de baño o de higiene. Es preciso investigar cada sospecha o indicio: humedad elevada de los materiales, daños de humedad, problemas de higiene o de materias fecales, olores, etc. En el momento de un análisis de moho, hay que asociar las bacterias, y viceversa, los dos están presentes a menudo al mismo tiempo.

---

## **2.4 DISEÑO INTERIOR.**

---

### **2.4.1 Consideración de dimensiones armoniosas, proporciones y formas.**

En bioconstrucción se considera el uso de la naturaleza como referencia a la hora de diseñar, dimensionar y dar forma al espacio construido. Porque en ella se puede observar la existencia de muchas formas proporcionales y armoniosas por lo que desde la antigüedad el hombre imita estas en sus construcciones.

Además, el hombre representa en la construcción su propio cuerpo, que es lo que se conoce como la proporción áurea. El número de oro es utilizado en muchos edificios como proporción que relaciona las diferentes partes de una edificación como plantas, alzados, secciones, ventanas, arcos, mobiliarios, decoración, imágenes, etc. (Martínez Martínez, 2015, p. 352).

En la figura 2.8, se observan los efectos psicológicos que una dimensión de una planta puede ejercer sobre la mente de una persona. Por ejemplo, en una habitación cuadrada una persona siente firmeza.

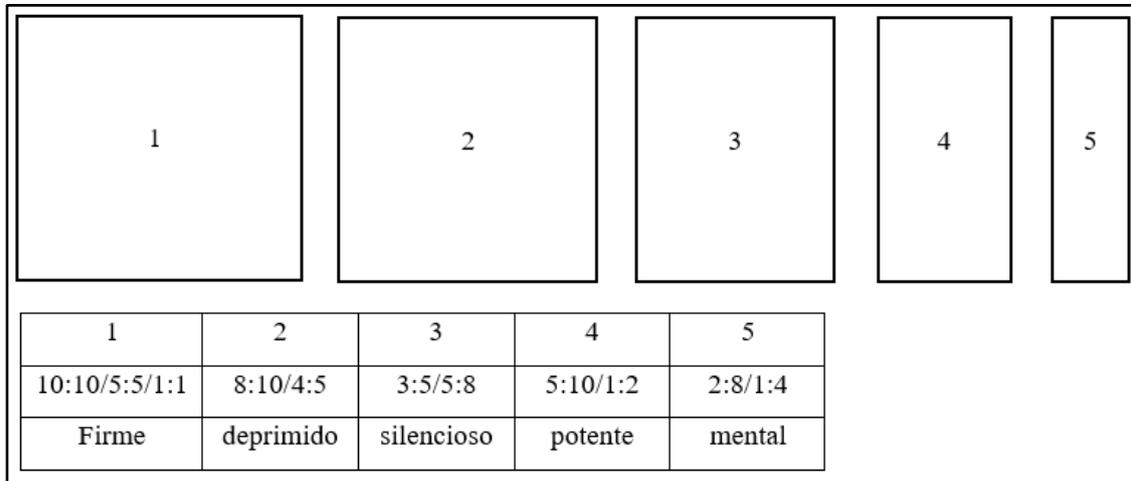


Figura 2.8. Proporciones y efectos psicológicos.

(Elaboración propia a partir de Wolf-Dieter B citado en Ece, 2018, p.31)

#### 2.4.2 Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido.

##### *Iluminación natural.*

La luz natural dentro de una vivienda influye positivamente en el estado de ánimo de los ocupantes ¿Por qué con apenas rayos solares se genera un sentimiento de depresión? Y en caso contrario se siente una total vitalidad. No hace falta demostrarlo por estudios científicos ya que el propio cuerpo da respuestas.

Es posible un mayor aprovechamiento de la luz proveniente del sol para una iluminación interior natural mediante la utilización de estrategias bioclimáticas en el diseño de un edificio.

##### *Iluminación artificial.*

Hay que intentar que la luz artificial sea la más próxima posible a la natural que proviene del sol mediante el uso de bombillas cuyo espectro se acerque al solar. Es decir, lámparas de espectro completo que emiten una luz que más se asemeja al espectro completo de la luz solar y que sean de bajo consumo.

Las bombillas más adecuadas son las fluorescentes compactas, con las que se ahorra hasta un 25% de energía, ya que son más duraderas y consumen poco. Aumentan las pulsaciones de los tubos fluorescentes a 1000 ciclos por segundo, con lo que reducen los problemas de salud y las molestias asociadas a los tubos clásicos.

Las bombillas más desaconsejadas son las incandescentes y las halógenas porque tienen un elevado consumo energético, además, estas últimas generan fuertes campos electromagnéticos. Los tubos fluorescentes, aunque tienen menos gasto energético en comparación con las anteriores, parpadean y emiten zumbidos y campos electromagnéticos que provocan fatiga en los ojos y dolores de cabeza.

Paralelamente a la elección del tipo de bombillas es importante elegir la iluminación adecuada para cada espacio en función de la actividad que se realiza en el (Bueno, 2010).

- Cocina: colocación de luces puntuales y lámparas compactas de bajo consumo o fluorescentes de espectro completo.
- Salón: combinación de lámparas generales de gran intensidad lumínica con focos de ambiente, que concentren la luz en los espacios a resaltar.
- Baños: además de iluminación general, conviene disponer de focos puntuales frente a los espejos.
- Dormitorio: utilización de luces tenues al lado de la cama, preferiblemente tipo flexo y con bombillas azules o focos de espectro completo.
- Zonas exteriores: las luces y focos externos a la vivienda deberían estar provistos de temporizadores o sensores de presencia que los accionen cuando sea necesario.

#### *Colorido.*

Está claro que los colores producen efectos psicológicos en las personas, esto entra dentro de lo que se denomina arquitectura psicológica, que establece una conexión entre los colores y el estado de ánimo. Por ejemplo, la temperatura de una habitación pintada en verde-azul a menudo se percibe como 3°C más fría que una pintada en un tono naranja.

El efecto del color en los humanos depende de su condición mental y física, así como de su edad y género. De forma general, en función de cada espacio se recomienda un color u otro:

- Colores cálidos (rojo, naranja, amarillo, etc.). Son colores activos, dinámicos y juveniles. Adecuados para habitaciones de trabajo y en las que se lleve a cabo un ejercicio intelectual, aunque no como colores únicos ya que en exceso provocan irritación y nerviosismo.
- Colores fríos (verde, azul, marrón, etc.). Son colores pasivos, estáticos y moderados, por lo que son aconsejables para estancias dedicadas al descanso, como los dormitorios.
- Blanco. Es un color que repele y refleja la luz, por lo que es muy aconsejable su uso en fachadas en zonas de mucho sol.
- Negro. Es un color que absorbe la energía solar, por lo que se emplea para la construcción de captadores de este tipo de radiación y en los acumuladores

solares. El gris al igual que el negro y los colores oscuros absorbe energía por lo que deprime y agota.

- Colores pasteles o suaves. Se asocian con lo femenino y hacen que las habitaciones parezcan más grandes.

En resumen, se prefieren los colores sutiles y los tonos naturales en los ambientes de vida y de trabajo, los contrastes nítidos o los colores fuertes se usan con moderación o no se usan en absoluto.

### **2.4.3 Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior.**

La RAE define la ergonomía como la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplean habitualmente, para lograr una mayor comodidad.

Esto es así porque existen muchos problemas de salud asociadas a estos, a veces por las malas posturas que se hacen inconscientemente. La bioconstrucción, centrada en todo momento en la salud, considera un hecho fundamental que los muebles se adapten a las condiciones fisiológicas de las personas.

Se trata por lo tanto de un tema que cobra la misma importancia que el resto, porque por más que se tenga un ambiente interior limpio de contaminantes, un confort térmico y acústico, si las mesas, sillas o camas provocan incomodidad en su uso se vuelve al punto inicial.

Los muebles más importantes que hay que tener en cuenta desde el punto de vista ergonómico son (Bueno, 2010):

- Sillas y mesas.

Una mala relación de altura de la silla respecto a la mesa, así como una mala postura provocan problemas en la columna vertebral, dolores intervertebrales o de articulación, problemas circulatorios, sobrecarga de cuello, hombros, etc.

La postura recomendable sería aquella que permite que la columna esté de manera similar a cuando se está caminando o de pie. La columna en posición sentada debería estar estirada con la cabeza erguida de manera que se reduzca al mínimo la tensión muscular.

- La cama.

La cama adecuada es la que mejor se adapta a la anatomía corporal, no debe ser ni muy dura ni demasiado blanda y estar a una altura más de 30 cm respecto al suelo con el objetivo de que pase el aire. Los colchones de muelles y los somiers metálicos pueden magnetizarse y también captar los campos eléctricos por lo que conviene que sean de madera. Hay que elegir siempre los colchones de fibras naturales como el colchón

semiduro de látex natural o algodón (fruton) que permite la transpiración y absorbe la humedad del cuerpo.

- Ordenador.

Cuando se pasa un largo periodo de tiempo enfrente del ordenador, hay que procurar descansar cada hora y media unos 15 minutos para así evitar la acumulación de tensión en los músculos y permitir relajar los ojos y estirar las piernas y los músculos del tronco y cuello con ejercicios sencillos como girar la cabeza de izquierda a derecha.

Los codos deben situarse en ángulo recto, y el monitor a un brazo de distancia, colocando la parte superior de la pantalla a la altura de los ojos, o algo por debajo. Situar el ratón a la misma altura que el teclado. La silla debe tener una altura que permita que los pies toquen el suelo, y que las piernas y la espalda (bien recta) formen un ángulo de 90°.

---

## 2.5 MEDIOAMBIENTE, ENERGÍA Y AGUA.

---

### **2.5.1 Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energías renovables.**

Uno de los principios fundamentales de la bioconstrucción es la optimización de los recursos naturales, generando mediante su aprovechamiento un ciclo cerrado sin gasto energético alguno ni daños para el medio ambiente y la salud.

Esta concepción se pone en práctica mediante el uso de energías renovables que se caracterizan por ser recuperables cíclicamente, de las cuales las más importantes son:

- Energía solar.

La energía solar consiste en aprovechar los rayos del sol mediante captación activa y pasiva de esta. La captación solar activa se hace mediante paneles captadores que convierten los rayos solares en energía térmica o eléctrica (fotovoltaica). La energía solar térmica se aplica fundamentalmente para producir agua caliente sanitaria (ACS), para calefacción mediante suelo radiante, etc.

- Energía hidráulica.

La energía hidráulica aprovecha la diferencia de altura manométrica del agua que provoca una velocidad de circulación suficiente para hacer girar la turbina. Esta se conecta a un sistema de generadores eléctricos y produce electricidad. Se combina con la energía solar fotovoltaica con el fin de obtener óptimos resultados.

- Energía eólica.

La energía eólica aprovecha el viento (molinos de viento) para generar electricidad, pasando de gigantes molinos de viento conectados a la red eléctrica a pequeños molinos domésticos para viviendas unifamiliares.

Como se observa en la tabla 2.6 las energías renovables solo representan el 6% en la Unión Europea, 6% en España y el 11% a nivel mundial en comparación con el uso de energías procedentes de otras fuentes, lo que contribuye de manera significativa en la degradación del medioambiente.<sup>41</sup>

Tabla 2.6. Balance energético.

(Baño Nieva y Vigil-Escalera del Pozo, 2005, p.83)

	Mundo	Unión europea	España
<b>Petróleo</b>	37%	42%	52%
<b>Combustibles sólidos</b>	25%	16%	17%
<b>Gas natural</b>	21%	22%	12%
<b>Renovables</b>	11%	6%	6%
<b>Nuclear</b>	6%	14%	13%

### **2.5.2 Materiales de construcción procedentes preferiblemente de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.**

Con esto se refiere que por ejemplo en las zonas tropicales donde crece el bambú se haga uso de este ya que es un material local, o en los lugares nórdicos donde hay más bosques se prime el empleo de la madera. De este modo se consigue un ahorro del consumo energético derivado del transporte.

Aunque son materiales naturales hay que tener en cuenta siempre no producir una sobreexplotación de estos.

### **2.5.3 Prevención de problemas para el medio ambiente.**

Desde la bioconstrucción, el respeto hacia el medio ambiente radica en la elección correcta de los materiales de construcción mediante el análisis del ciclo de vida de estos. Un aspecto que se va a analizar en el capítulo 3.

Se puede establecer una serie de pautas o medidas para reducir el impacto ambiental que los materiales de construcción generan en función de cada etapa.<sup>42</sup>

<sup>41</sup> En el presente trabajo ya se ha hablado de que uno de los objetivos de la UE, a la cual España pertenece, es el aumento del empleo de las energías renovables en un 20% para el año 2020. Con esta medida seguramente las cifras anteriores irán aumentando con el tiempo.

<sup>42</sup> Agenda de la Construcción Sostenible [ web en línea ] [ consulta:11/05/2018 ]. Disponible en: <http://csostenible.net/>

- Fabricación: materiales con el mínimo gasto energético, cercanos, reutilizables y de materias primas abundantes.
- Construcción: aplicación de medidas de reducción del impacto ambiental mediante un plan de gestión de residuos en la obra para poder usar dichos residuos en la construcción de otras obras.
- Uso y mantenimiento: uso de energías renovables, reutilización de aguas pluviales y residuales, etc.
- Rehabilitación: establecer una correcta intervención a través de un correcto diagnóstico del edificio, uso de materiales compatibles con los existentes, uso de estructuras sean desmontables y aplicación de todos los criterios que se han mencionado anteriormente.
- Demolición: utilización en gran medida de los materiales existentes.

Como se puede observar en la tabla 2.7, materiales como el hormigón y metales requieren mucho uso de energía y generan grandes emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en su proceso de fabricación mientras materiales como la madera o fibras minerales poseen menor impacto sobre el medio ambiente.

Tabla 2.7. Comparativa medioambiental entre materiales de construcción.<sup>43</sup>

Material	Energía consumida	Emisiones CO <sub>2</sub>
Acero galvanizado	82.148 MJ	6.165 kg
Acero inoxidable	71.181 MJ	3.91 Kg
Polietileno	9.69 MJ	1.43 Kg
Polibutileno	9.048 MJ	1.335 kg
Tabique cerámico	41.52 MJ	3.15 Kg
Hormigón	1818.43 MJ	268.543 kg
Cerámico	186.39 MJ	17.446 kg
Placas de fibras minerales	9.534 MJ	0.86382 Kg
Placas de fibras vegetales	99.305 MJ	6.034 kg
Placas de yeso laminado	66.714 MJ	3.814 kg
Placas metálicas	823.742 MJ	47.251 kg
Placas de madera	22.05 MJ	0.63063 Kg

#### 2.5.4 Calidad óptima posible del agua potable.

En cuanto a la calidad del agua potable, a pesar de ser previamente tratada y apta para el consumo, en algunos casos contiene elementos como el cloro, etc. que le otorga un sabor desagradable, por lo cual se opta por sistemas de tratamiento del agua:

<sup>43</sup> Elaboración propia a partir de la Base de datos BEDEC EN: ITeC-Instituto de Tecnología de la Construcción [en línea] [consulta: 23/01/2017]. Disponible en <https://itec.es/metabase/productos-sostenibles/20/m/m/#>

### *Tratamiento de descalcificación.*

Se encargan de eliminar el calcio y el magnesio presentes en el agua en grandes cantidades. Funcionan mediante resinas intercambiadoras de iones que sustituyen el calcio y magnesio del agua por sodio. El descalcificador consta de una botella cilíndrica con resina, un depósito de sal y un cabezal con válvulas que gestionan la entrada y salida de agua y sal.

### *Tratamiento de filtración.*

Su elección depende de la dureza del agua a tratar y consiste en separar los componentes minerales que están en suspensión de un líquido mediante un objeto poroso que retiene los elementos que no se requieren. El tratamiento en el cual se elimina de forma completa los virus, bacterias y el exceso de sales minerales se llama ultrafiltración, la membrana tiene un periodo mínimo de un año de utilización.

### *Tratamiento por ósmosis.*

Se trata del proceso más eficaz de los sistemas de tratamiento del agua. Es un sistema de depuración del agua mediante una membrana semipermeable que retiene todas las impurezas contenidas en el agua.

---

## CAPÍTULO 3. MATERIALES EN BIOCONSTRUCCIÓN.

---



En el capítulo anterior sobre los principios de bioconstrucción, los materiales de construcción debido a su gran importancia han sido abordados en más de un apartado. En el bloque específico de materiales de construcción y protección acústica, se han especificado varios criterios que estos han de cumplir, como no emitir sustancias tóxicas, ser naturales y de olor agradable y de baja radiactividad. En el bloque relativo al clima interior se ha señalado que estos han de ser higroscópicos para regular de forma natural la humedad del ambiente interior, que no sean de secado lento para no generar problemas a largo periodo (mohos, etc.), que tengan una alta masa térmica, que no perturben el campo magnético natural. En el último bloque relativo al medio ambiente se ha hecho referencia a que estos han de ser locales para reducir el transporte, a que durante su fabricación se debe emplear fuentes renovables, a que no produzcan una explotación abusiva para la obtención de materias primas de carácter escaso, etc.

Todo lo anterior ha sido tratado de forma genérica, por lo que, en este capítulo monográfico sobre los materiales de construcción se lleva a cabo un análisis más profundo de cada uno de los materiales utilizados en la edificación mediante el estudio de sus propiedades (higroscopicidad, transpirabilidad, etc.), su impacto sobre el medio ambiente y la salud durante todas sus fases de ciclo de vida, es decir, desde la obtención de la materia prima hasta el reciclaje y reutilización.

Para ello la valoración de los materiales que son aptos en bioconstrucción se hace en función del grado del cumplimiento de esos principios:

- Materiales naturales y no adulterados.
- Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.
- Utilización de materiales de baja radioactividad.
- Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.
- Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.
- Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva.
- Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.
- Alteración mínima del entorno de radiación natural.
- Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables.
- Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.
- Prevención de problemas para el medio ambiente.

Esa evaluación bioconstructiva se determina después del desarrollo de cada material, ya que el análisis se realiza en función de lo que se ha tratado. Siendo además una evaluación comparativa, es decir, teniendo en cuenta los demás materiales, ya que se ha evitado realizar un análisis aislado de cada material sino llevar a cabo una comparación entre ellos. Por lo que con el objetivo de establecer la misma metodología se ha intentado en la medida de lo posible obtener datos de producción, generación de residuos, etc., relativos al mismo año, así como los factores de emisión estimados para cada material.

En la tabla 3.1 se muestra la clasificación de los materiales en familias y subfamilias. En primer lugar, se encuentran los pétreos, seguidamente están los materiales cerámicos clasificados en subfamilias están los conglomerantes (yeso, cal y cemento), los conglomerados (morteros y hormigones), arcilla cocida y vidrios. Después los metales que se clasifican en ferrosos y no ferrosos, los polímeros clasificándose en termoplásticos, termoestables y elastómeros (dentro de los plásticos se incluyen también las pinturas de naturaleza sintética). Por último, están los materiales naturales, que se clasifican en leñosos siendo estos la madera, bambú y paja y en térreos como adobe, tapial, etc. (dentro de los materiales térreos se incluyen las pinturas naturales a base de tierra).

Tabla 3.1. Clasificación de materiales de construcción.

(Elaboración propia)

<b>Familia</b>	<b>Subfamilia</b>	
Pétreos		
Cerámicos	Conglomerantes	Yeso
		Cal
		Cemento
	Conglomerados	Morteros
		Hormigón
Arcilla cocida		
Vidrios		
Metales	Ferrosos	
	No ferrosos	
Polímeros	Termoplásticos	
	Termoestables	
	Elastómeros	
		Pinturas plásticas
Materiales naturales	Leñosos	Madera
		Bambú
		Balas de paja
	Térreos	Adobe, tapial, etc.
		Pinturas naturales

---

## 3.1 PÉTREOS.

---

### 3.1.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

Los materiales pétreos son los procedentes de piedras o rocas naturales. Estas según su formación geológica se clasifican en:

- Sedimentarias: generadas por la erosión de otras rocas, consolidación de sedimentos, o precipitación química a partir de una disolución (lagos, mares internos, etc.). La piedra caliza es un ejemplo de una roca sedimentaria.
- Metamórficas: generadas por alteración de rocas ya consolidadas en la corteza terrestre, que quedan sometidas a ambientes diferentes a las de su formación. Un ejemplo de una roca metamórfica es el mármol.
- Ígneas: generadas por enfriamiento y solidificación de un magma previo o lava volcánica como por ejemplo el granito.

El uso de los pétreos en construcción radica principalmente en los revestimientos de fachadas, suelos, encimeras, etc.

### 3.1.2 Características.

Los materiales pétreos se caracterizan por ser materiales muy duraderos, cuya resistencia a compresión y flexión, porosidad, conductividad térmica, densidad, resistencia a la difusión del vapor de agua, etc., varían según el tipo de la roca.

Por ejemplo, la caliza (roca sedimentaria) tiene una resistencia a compresión de 30-250 MPa, 10-50 MPa a flexión y una porosidad del 15-20%. Para una roca caliza de dureza media, la conductividad térmica  $\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$ , la densidad  $\rho = 800 \text{ a } 1990 \text{ Kg/m}^3$ , calor específico  $c_p = 1000 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu = 40$ .

El mármol (roca metamórfica) tiene resistencia a compresión de 80-250 MPa (mayor que la piedra caliza), 5-30 MPa a flexión, una porosidad del 0.2-0.3%. La conductividad térmica  $\lambda = 3,5 \text{ W/mK}$  (valor mayor que el de la caliza y granito), una densidad  $\rho = 2600 \text{ a } 2800 \text{ Kg/m}^3$ , calor específico  $c_p = 1000 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  lo que implica una alta inercia térmica y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu = 10000$ .

El granito (roca ígnea) tiene una resistencia a compresión de 100-250 MPa (mayor que las rocas anteriores), 7-25 Mpa a flexión y una porosidad del 1-4%. Con una conductividad térmica  $\lambda = 2,8 \text{ W/mK}$ , una densidad  $\rho = 2600 \text{ a } 2800 \text{ Kg/m}^3$ , calor específico

$c_p = 1000 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$  y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu = 10000$  igual que el mármol.<sup>44</sup>

### 3.1.3 Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación empieza con la extracción de la materia prima en canteras, desde donde se transportan a la fábrica para su mecanizado. Estas se cortan en telares (tablas de 2 o 3 cm) y se someten a un proceso de acabado (abujardado, apomazado flameado, arenado, etc.), siendo suministradas las piezas en tablas de dimensiones variables.

### 3.1.4 Impacto medioambiental y salud.

El análisis medioambiental se va a centrar en el estudio de las etapas que componen el ciclo de vida del material considerando en cada etapa los posibles daños sobre la salud, así como las alternativas que existen para minimizar el impacto tanto medioambiental como de salud:

#### *Obtención de materia prima.*

La materia prima es abundante pero su extracción en cantera a cielo abierto genera el mayor impacto con respecto a las siguientes fases, ya que debido a la dureza de las rocas a veces se recurre a la voladura de los grandes bloques, produciendo una alteración en el paisaje, terreno, contaminación de las aguas, contaminación acústica (maquinarias), generación de polvo, emisiones derivadas de las maquinarias, etc.

Los últimos datos obtenidos de la Estadística Minera de España (ESMIN) reflejan que en 2016 la extracción de piedra caliza ornamental fue la de mayor producción con un 1.110.204 de toneladas, seguida de pizarra con 931.799 toneladas, mármol 717.737 toneladas, granito 647.113 y arsénica 156.142 toneladas. Esto sitúa a España como uno de los productores a nivel mundial de los materiales pétreos como el mármol, granito y pizarra.<sup>45</sup>

Una explotación racional y sostenible de las canteras, con las medidas necesarias (evitar la contaminación de aguas, minimizar la generación de polvos, etc.) puede reducir el impacto generado en esta etapa.

#### *Transporte del material.*

El grado del impacto medioambiental en esta etapa depende de la distancia de la cantera al lugar donde el material va a ser procesado, con el consiguiente consumo energético que

---

<sup>44</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

<sup>45</sup> Estadística Minera anual 2016 EN: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaria de Estado de Energía [web en línea] [consulta: 16/12/2018]. Disponible en: <https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/Paginas/Consulta.aspx>

ello conlleva. Las emisiones se reducen si la distancia entre las canteras y los lugares de procesado son menores.

#### *Elaboración y suministro del material.*

Los procedimientos de corte y acabado de las piedras requieren de energía, la cual es en su mayor parte obtenida a partir de fuentes no renovable (petróleo, gas, etc.). En esta fase también se tiene en cuenta el transporte del material hasta la obra. Si el material es de procedencia nacional como el mármol o granito, el transporte se hace mediante carretera. En cambio, si el material proviene de otros países como Turquía, Italia, etc., el coste energético aumenta más porque la distancia es mayor. Y ya si procede de países como China se realiza mediante barco, generando aún más emisiones.

Como resultado de la energía requerida durante la elaboración del material y el transporte (de la cantera al lugar de fabricación y de este a la obra) se generan emisiones a la atmósfera. Los factores de emisión estimados correspondientes a esta etapa y las anteriores (extracción de materia prima y transporte) para la piedra caliza, mármol y granito son 0,081; 0,133 y 0,714 KgCO<sub>2</sub>eq/kg respectivamente. Siendo las emisiones generadas por la piedra caliza menores que las correspondientes al mármol y granito.<sup>46</sup>

Para minimizar el impacto durante el procesado y transporte del material hay que decantarse más por el empleo de energías de fuentes renovables y emplear los materiales de procedencia nacional, y si es posible regional (mármol, granito, etc.), reduciendo así las emisiones producidas durante esta etapa.

#### *Uso del material.*

La mayoría de los materiales pétreos no emiten sustancias tóxicas durante su uso, es decir, son materiales inertes que no poseen efectos negativos sobre la salud. Pero algunos como el granito y pizarra son radiactivos por lo que se aconseja el uso de piedras calcáreas como la caliza y el mármol.

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid los pétreos constituyen el 5% del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que son procesados para su reciclaje y reutilización mediante machaqueo para la construcción de carreteras, relleno de zanjas, pavimentos, etc.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup>OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/187>

<sup>47</sup> Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid (2006-2016) EN: Comunidad de Madrid. Portal de transparencia [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <https://www.comunidad.madrid/es/transparencia/informacion-institucional/planes-programas/plan-regional-residuos-construccion-y-demolicion>

En la tabla 3.2, se establece una evaluación bioconstructiva comparativa según la naturaleza de la roca, es decir, los principios o criterios de bioconstrucción que han de cumplir los pétreos, como el origen natural, no emitir sustancias tóxicas, baja radiactividad, aislamiento acústico, etc.

Esta evaluación está basada en los datos de producción, emisiones, reciclaje, características, proceso de fabricación, etc., comentados anteriormente por lo que la valoración se realiza en función de estos. Siendo por lo tanto orientativa con el objetivo de llevar a cabo una visión global sobre el material.

Independiente de la naturaleza de la roca, tanto la caliza, mármol como el granito son naturales, no tóxicos, no alteran el campo magnético natural, son reciclables y se pueden reutilizar, de procedencia nacional, aislamiento acústico (alta densidad), buena masa térmica (en caso de muros), etc. Por ello la valorización de dichos aspectos es positiva (color azul). En cambio, como el granito genera más emisiones con respecto al resto de las rocas y es radiactivo, obtiene en ambos puntos una valorización negativa (color rojo). Mientras que una evaluación moderada se considera como intermedia (color amarillo). Es decir, dado que se establece la comparación entre las diferentes rocas, tomando como ejemplo el caso de las emisiones generadas, la roca caliza genera las menores emisiones y el granito las mayores, por lo que el mármol se sitúa en una posición intermedia. Por último, se establece una valorización neutra (color gris) para aquellos criterios que no han sido tratados anteriormente o porque no son aplicables al material.

Tabla 3.2. Evaluación bioconstructiva de los pétreos.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación Negativa.  Evaluación neutra.	Roca sedimentaria Ej.: caliza	Roca metamórfica Ej.: mármol	Roca ígnea Ej.: granito
Origen natural			
No tóxicos			
Baja radiactividad			
Aislamiento acústico			
Higroscopicidad			
Secado rápido			
Aislamiento e inercia térmica			
No alterar radiación natural			
Bajas emisiones generadas			
Procedencia regional o nacional			
Posibilidad de reciclaje y reutilización			

---

## 3.2 CERÁMICOS.

---

Los materiales cerámicos se clasifican en conglomerantes (yeso, cal y cemento), en conglomerados (mortero y hormigón), arcilla cocida y vidrio. A continuación, se analiza cada uno de ellos.

### 3.2.1 Conglomerantes.

#### 3.2.1.1 Yeso.

##### 3.2.1.1.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

El yeso es un conglomerante inorgánico natural que se encuentra disponible en la corteza terrestre, compuesto por sulfato de calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y se obtiene de la algez o piedra de yeso. Es un conglomerante usado desde la antigüedad junto con la cal en numerosas construcciones.

Existen diferentes tipos de yesos: los naturales (sin ningún tipo de adiciones), los yesos industriales en los cuales se añaden aditivos para mejorar algunas propiedades determinadas como los yesos acústicos, yesos térmicos, etc.

Su aplicación en construcción se basa principalmente en los revestimientos de techos y paredes interiores (guarnecidos y enlucidos). Existen también elementos prefabricados de yeso para la ejecución de tabiques y trasdosados como las placas de yeso laminado (PYL), placas de escayola para falsos techos, etc.

##### 3.2.1.1.2 Características.

El yeso es un material de dureza blanda que se caracteriza por ser parcialmente soluble en agua ya que posee un cierto carácter iónico, limitándose su aplicación a interiores. Ofrece buenos niveles de aislamiento térmico (yeso de dureza baja posee una conductividad térmica  $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$ ) y buena capacidad de acumulación de calor, pues tiene un calor específico  $c_p = 1000 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ .

Al ser un material transpirable, higroscópico, proporciona confort higrotérmico facilitando la difusión del vapor de agua desde el interior al exterior ya que para el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua tiene un valor  $\mu = 4$ . Por ejemplo, para un enlucido de yeso de 1,5 cm de espesor, la capacidad de difusión  $S_d$  ( $\mu \times$  espesor del material) es de 0,06 m.

### **3.2.1.1.3 Proceso de fabricación.**

Todos los procesos de fabricación de los conglomerantes son similares porque se basan en calentar las materias primas previamente trituradas.

En primer lugar, se procede a la extracción del algez de las canteras, siendo posteriormente triturado con el fin de conseguir una granulometría más homogénea. A continuación, se procede con su cocción en hornos rotatorios a una temperatura que oscila en torno a los 180 °C. Cuando se obtiene el yeso semihidrato ( $\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) se procede con la molienda de este (polvo) y se acopia de forma temporal hasta su total homogeneización y finalmente se suministra en sacos.

### **3.2.1.1.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de la materia prima.*

El proceso de extracción al igual que los materiales pétreos y todos los materiales cuya materia prima se encuentra en la naturaleza se realiza de forma general por medios mecánicos por lo que se consume energía en el proceso. La explotación de las canteras igualmente genera un impacto en el terreno y paisaje. Un impacto visual, emisión de polvos,  $\text{CO}_2$  (maquinarias), etc.

En España en 2016 según la Estadística Minera de España (ESMIN) se produjo unas 8.936.364 toneladas de yeso, siendo la mayor producción en Andalucía.<sup>48</sup> Por lo que la materia prima se encuentra de forma abundante para la fabricación de yesos naturales a diferencia de otros países de Europa en los que debido a su escasez se fabrica yesos industriales (a base de cal, azufre y oxígeno) (Rodríguez Lledó, 2006, p.24).

La minimización del impacto en esta fase radica en evitar la producción masiva mediante la adecuada gestión de las canteras, etc.

#### *Transporte.*

El grado del impacto en esta etapa depende de la distancia de la cantera hasta el lugar de fabricación, consumiéndose más o menos energía en el proceso.

#### *Elaboración y suministro del material.*

Tal y como se ha comentado, el proceso de fabricación del yeso se realiza a bajas temperaturas en comparación con otros conglomerantes como la cal y el cemento. Por lo que en esta etapa se emite menos  $\text{CO}_2$ . Además, el proceso de trituración no genera un

---

<sup>48</sup> Estadística Minera anual 2016 EN: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaría de Estado de Energía [web en línea] [consulta:16/12/2018]. Disponible en: <https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/Paginas/Consulta.aspx>

gran gasto energético debido a la naturaleza blanda del material. El factor de emisión estimado para el yeso en esta etapa y las anteriores es de 0,051 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>49</sup>

En el caso de España, la materia prima se obtiene de las canteras nacionales quedando el nivel del impacto durante el suministro limitado a la distancia a la obra por carretera.

Aunque no se emite mucha cantidad de CO<sub>2</sub>, y la materia prima es de procedencia nacional, no generándose un gran impacto en comparación con otros materiales estudiados más adelante, siempre es conveniente minimizar el impacto aún más a través de fuentes renovables para la producción, y si es posible utilizando yesos locales (reducir emisiones durante el transporte).

#### *Uso del material.*

Siempre y cuando se trate de yesos naturales, no se generan impactos negativos durante su uso, sino todo lo contrario. Tiene un tacto cálido, transpirable y muy higroscópico que crea un ambiente interior más sano, no produce irritación de la piel ni emite gases tóxicos en contacto con el fuego.

Hay que evitar siempre que sea posible el uso de los yesos fosfóricos o fosfoyesos, así como aquellos con adiciones industriales que resulten radiactivas o negativas para la salud y el medio ambiente.

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

De forma general para el enlucido de yeso no es posible su reciclaje y reutilización por estar adherido al soporte, lo que dificulta también el reciclaje de este último (Casado Martínez, *et al.*, 1997, p.23). En cambio, para los materiales prefabricados de yeso existen alternativas para su reutilización.

Siguiendo la misma metodología de evaluación que los materiales pétreos, como se observa en la tabla 3.3, el yeso es un material apto desde el punto de vista bioconstructivo, ya que en la mayoría de los casos obtiene una valoración positiva. Con excepción del criterio de su posibilidad de reciclaje y reutilización (enlucido de yeso).

---

<sup>49</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementsubtype/124>

Tabla 3.3. Evaluación bioconstructiva del yeso.

(Elaboración propia)

<p>● Evaluación positiva.</p> <p>● Evaluación intermedia.</p> <p>● Evaluación negativa.</p> <p>● Evaluación neutra.</p>	Yeso natural
Origen natural	●
No tóxicos	●
Baja radiactividad	●
Aislamiento acústico	●
Higroscopicidad	●
Secado rápido	●
Aislamiento e inercia térmica	●
No alterar radiación natural	●
Bajas emisiones generadas	●
Procedencia regional o nacional	●
Posibilidad de reciclaje y reutilización	●

### 3.2.1.2 Cal.

#### 3.2.1.2.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

La cal al igual que el yeso es un conglomerante inorgánico natural. Se obtiene por la calcinación de la roca caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) disponible en la naturaleza.

La cal que posee carácter conglomerante recibe el nombre de cal apagada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), que se trata de cal viva ( $\text{CaO}$ ) a la que se añade agua.

Según la composición de arcilla encontrada en la roca caliza las cales se clasifican en aéreas e hidráulicas:

- Cal aérea: en este tipo de cal la composición de la arcilla es aproximadamente del 15%, siendo el  $\text{CO}_2$  presente en la atmósfera (carbonatación) la causa principal para su fraguado. El agua solo tiene la función de amasado y mezclado.
- Cal hidráulica: la composición de la arcilla es entre 15 y 25% y es por ello por lo que además del  $\text{CO}_2$  de la atmósfera necesita el agua para su fraguado, tratándose por lo tanto de un proceso mixto (hidratación + carbonatación).

Las aplicaciones de la cal en construcción son similares a las del yeso, básicamente se usa como acabado (revoco, estuco, etc.). Pero a diferencia de este, se usa también en exteriores ya que no presenta problemas en contacto con el agua. Se utiliza también para la estabilización de suelos en construcción civil y en menor medida en edificaciones.

### **3.2.1.2.2 Características.**

Las cales hidráulicas se caracterizan respecto a las áreas por su mayor resistencia a compresión, mejor comportamiento frente a la humedad (aconsejable en zonas húmedas), rápido secado y endurecimiento (porque el proceso de fraguado es mixto, a diferencia de las cales aéreas, que al depender únicamente del CO<sub>2</sub> de la atmósfera presentan un proceso de fraguado más lento y pueden generar problemas de fisuración, motivos por los que se aplican en capas finas).

En términos generales la cal posee propiedades similares al yeso, es muy higroscópica, con gran capacidad de difusión del vapor de agua (transpirable), etc.

### **3.2.1.2.3 Proceso de fabricación.**

En primer lugar, como en los demás materiales conglomerantes se procede con la extracción de la materia prima (roca caliza) triturándola previamente para su cocción a unas temperaturas más altas (800°C) que las requeridas para la cocción del yeso (máximo 180°C). Este proceso tiene como objetivo la descarbonatación de la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>) para obtener cal viva (CaO) y constituye la primera etapa del ciclo de la cal. Esta cal viva (CaO) se convierte en cal apagada al hidratarla con agua (Ca(OH)<sub>2</sub>), tratándose de la segunda etapa y se envasa para su posterior suministro. Ya el ciclo se cierra cuando se aplica la cal en la obra pues como en su proceso de fraguado necesita CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, vuelve a su estado original (CaCO<sub>3</sub>).

### **3.2.1.2.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de la materia prima.*

La extracción de la roca caliza en canteras conduce a alteraciones en el terreno, paisaje, suspensión de partículas al aire, etc. con el consiguiente consumo energético en el proceso. En España en 2016 según la Estadística Minera de España (ESMIN) se produjeron unas 75.191.848 de toneladas. Esta cifra tan elevada se debe a que la piedra caliza no solo se usa como conglomerante, sino que es un componente usado en la producción del cemento, etc.<sup>50</sup>

Con una adecuada gestión sostenible y racional de las canteras y la implantación de medidas para no provocar grandes daños se puede minimizar el impacto.

#### *Transporte.*

Esta fase es igual para todos los materiales de construcción porque siempre el impacto medioambiental está en función de la distancia del lugar de obtención de la materia prima

---

<sup>50</sup> Estadística Minera anual 2016 EN: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaria de Estado de Energía [web en línea] [consulta: 16/12/2018]. Disponible en: <https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/Paginas/Consulta.aspx>

hasta el lugar de elaboración. Para reducir las emisiones y el consumo energético durante esta etapa conviene situar las plantas cerca del sitio donde se extraen las materias primas.

#### *Elaboración y suministro del material.*

El proceso de descarbonatación de la cal constituye la etapa de mayor impacto, ya que se produce a temperaturas elevadas. Aunque como su propio nombre indica se libera CO<sub>2</sub> para obtener la cal viva, este es más tarde fijado de nuevo en la fase de carbonatación del hidróxido cálcico tras su aplicación en obra.

Tiene un factor de emisión estimado para esta etapa y las anteriores mayor que el yeso y es de 0,214 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>51</sup>

En España la cal es un material de procedencia nacional, por lo que el transporte a obra se realiza por carretera.

#### *Uso del material.*

Los revoques y pinturas de cal son desinfectantes naturales por lo que no permiten la proliferación de microorganismos, mohos o ácaros en las paredes, mediante su gran capacidad de difusión de vapor de agua y su gran higroscopicidad se obtiene un clima interior saludable (Silvestre y Bueno, 2009, p. 136).

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Como su uso radica principalmente como acabado, presenta la misma dificultad en el reciclaje y reutilización que el yeso.

Tal y como se muestra en la tabla 3.4, desde el punto de vista bioconstructivo la cal es similar al yeso, siempre y cuando se trate de cales naturales sin adiciones. Al ser no tóxicas, no radiactivas, etc. se les atribuye una evaluación positiva. Debido a que requiere más energía para su fabricación, generando más emisiones en comparación con el yeso se le asigna una evaluación intermedia, ya que si se compara con el cemento este último genera más emisiones. Para el caso de aquellos criterios no aplicables o no desarrollados anteriormente, se evalúan de forma neutra como el criterio relativo al aislamiento acústico, etc.

---

<sup>51</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementsubtype/114>

Tabla 3.4. Evaluación bioconstructiva de la cal.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Cales naturales
Origen natural	
No tóxicos	
Baja radiactividad	
Aislamiento acústico	
Higroscopicidad	
Secado rápido	
Aislamiento e inercia térmica	
No alterar radiación natural	
Bajas emisiones generadas	
Procedencia regional o nacional	
Posibilidad de reciclaje y reutilización	

### 3.2.1.3 Cemento.

#### 3.2.1.3.1 Definición, clasificación y aplicación.

El cemento es un conglomerante inorgánico que se obtiene a partir de la mezcla de calizas y arcillas calcinadas. Está compuesto por silicatos y aluminatos de calcio que fraguan en contacto con el agua. Se trata de un conglomerante “nuevo” en comparación con el yeso y la cal. El cemento más usado es el cemento portland que está compuesto por cal (CaO), sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Smith F y Hashemi, 2006, p.675).

La norma UNE EN 197-1:2011 distingue cinco tipos de cementos comunes, donde el contenido del Clinker disminuye conforme se pasa del I al V:

- CEM I cemento Portland compuesto por Clinker y yeso.
- CEM II cementos Portland con adiciones como escorias de alto horno, cenizas volantes, puzolanas, humo de sílice, calizas, etc.
- CEM III cementos con escorias.
- CEM IV cementos puzolánicos.
- CEM V cementos compuestos.

En función de la composición del Clinker y adiciones existen otros tipos de cementos como los blancos que son iguales que el cemento Portland, pero el Clinker y las adiciones son blancas (calizas), cementos de albañilería, cementos especiales, etc.

Su principal uso en construcción está en la fabricación de hormigón, también para la elaboración de morteros, prefabricados, adhesivos, etc.

### **3.2.1.3.2 Características.**

Los cementos se caracterizan por su alta resistencia a compresión, en comparación con la cal y yeso.

Al tratarse de un material al que se le añade adiciones industriales puede ser radiactivo. Es no higroscópico, con poca capacidad de difusión del vapor de agua (Sd) y con poca permeabilidad a las radiaciones naturales (Rodríguez Lledó, 2006, p. 23).

### **3.2.1.3.3 Proceso de fabricación.**

La arcilla y caliza se trituran y se llevan a los silos homogeneización y almacenamiento hasta el momento de su cocción. Como resultado de esa cocción a temperaturas altas (1500°C) se obtiene lo que se denomina Clinker (debe ser enfriado rápidamente) se muele y se mezcla con yeso y otras adiciones en función del tipo de cemento que se desea obtener.

### **3.2.1.3.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de materia prima.*

Es un material fabricado en grandes cantidades en todo el mundo ya que es un componente principal en la fabricación del hormigón, por lo que la extracción de la materia prima se produce a gran escala generando erosión del suelo, alteración del paisajes y contaminación de las aguas, así como una gran cantidad de polvo.

La abundancia de las materias primas como las calizas y arcillas en España en comparación con otros países hace que se realicen exportaciones del cemento y Clinker. Según el International Cement Review (ICR) en 2015 se exportaron 9,26 millones de toneladas.<sup>52</sup>

#### *Transporte.*

El grado del impacto medioambiental, es decir, las emisiones a la atmósfera dependen de la distancia al lugar de fabricación, por lo que a menor distancia menores emisiones.

#### *Elaboración y suministro del material.*

La energía requerida para la fabricación del cemento es muy elevada en comparación con otros conglomerantes como el yeso y la cal, ya que la clinkerización de la mezcla se produce en torno a 1500°C. Como consecuencia de esto las emisiones de CO<sub>2</sub> a la

---

<sup>52</sup> International Cement Review [web en línea] [consulta:11/10/2018]. Disponible en: <https://www.cemnet.com>

atmósfera son altas, lo que contribuye de forma significativa y negativa en el calentamiento global.

Y esto se refleja en el factor de emisión estimado durante esta etapa y las anteriores, que para el cemento gris es de 0,779 KgCO<sub>2</sub>eq/kg y para el cemento blanco es de 0,786 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, valores superiores a los del yeso y la cal.<sup>53</sup>

Como consecuencia del gran impacto generado durante la fase de elaboración, desde la industria cementera se están movilizand para reducirlo mediante la sustitución del uso de combustibles fósiles por otros alternativos procedentes de fuentes renovables.

Existen alternativas al cemento Portland (Cornejo Álvarez, 2017) como los cementos supersulfatados cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en un 90% porque se utiliza escorias granuladas como sustituto de la caliza. También hay cementos magnésicos que contienen magnesia reactiva que captura el CO<sub>2</sub>, pero poseen el inconveniente de ser para uso de albañilería y no estructural. Cemento Novacem cuyo nombre es debido a la empresa británica que lo ha desarrollado, es un cemento ecológico basado en óxido de magnesio, que absorbe sobre 1,1 toneladas de CO<sub>2</sub> una vez endurecido (emite 0,5 toneladas por tonelada de cemento fabricado) y es cocido a bajas temperaturas (650°C).

#### *Uso del material.*

Los cementos con adiciones industriales como las escorias de alto horno, cenizas volantes, etc. generan efectos negativos sobre la salud ya que aparte de no permitir la regulación natural de la humedad atmosférica interior y la transpirabilidad, durante su combustión liberan sustancias peligrosas (dioxinas), que siguen emitiéndose junto con las emisiones radiactivas de forma progresiva durante su uso.

El impacto sobre la salud se puede minimizar con la sustitución de este tipo de cementos por otros naturales exentos de adiciones industriales o blancos (calizas como adiciones).

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Al igual que el yeso y la cal, para su uso como revestimiento no es posible su reciclaje y reutilización. Pero si el soporte es de hormigón si es reciclable.

Como resumen de lo anterior, en la tabla 3.5 se observa que el cemento con adiciones (ya que es el más usado). Este se evalúa negativamente en la mayoría de los aspectos, valorándose positivamente sólo en el sentido de que es un material de procedencia nacional.

---

<sup>53</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementsubtype/120>

Tabla 3.5. Evaluación bioconstructiva del cemento.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Cemento con adiciones
Origen natural	
No tóxicos	
Baja radiactividad	
Aislamiento acústico	
Higroscopicidad	
Secado rápido	
Aislamiento e inercia térmica	
No alterar radiación natural	
Bajas emisiones generadas	
Procedencia regional o nacional	
Posibilidad de reciclaje y reutilización	

### 3.2.2 Conglomerados.

#### 3.2.2.1 Morteros.

##### 3.2.2.1.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

Los morteros son una mezcla homogénea de un conglomerante (cal, yeso y cemento) áridos y agua. Clasificándose en:

- Morteros de yeso.
- Morteros de cal.
- Morteros de cemento.
- Morteros mixtos (cal y cemento).

Se usan para revestir parámetros exteriores (revocos) e interiores (enlucidos) así como para los trabajos de albañilería.

##### 3.2.2.1.2 Características.

Los morteros de cal o cemento tanto para albañilería como revoco o enlucido, con una densidad  $\rho$  entre 1450 y 1600 Kg/m<sup>3</sup> poseen conductividad térmica  $\lambda= 0,8$  W/mK, calor específico  $c_p =1000$  J/Kg·K y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu=10$ . Mientras que un mortero de yeso con densidad  $\rho$  menor que 1600 Kg/m<sup>3</sup>, tiene una

conductividad térmica y calor específico igual que los morteros de cal y cemento, pero el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua es menor  $\mu=6$ .<sup>54</sup>

### **3.2.2.1.3 Proceso de fabricación.**

El proceso de fabricación de los morteros se basa únicamente en la mezcla de los materiales que lo componen donde se dosifican en tolvas pesadoras que permiten introducir en la mezcla las proporciones exactas de cada elemento. Una vez la mezcla es homogénea se pone en sacos para su posterior suministro.

### **3.2.2.1.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de la materia prima.*

El impacto en esta fase varía según el tipo de conglomerante utilizado (cemento, cal o yeso), analizados anteriormente. En el caso de los áridos (arenas y gravas), según la Estadística Minera de España (ESMIN) en 2016 su producción alcanza 31.031.517 toneladas. Esta cifra tan elevada se debe a que los áridos se emplean también en la fabricación de hormigones.<sup>55</sup>

#### *Transporte.*

El impacto generado traducido en emisiones a la atmósfera depende de la distancia entre la cantera y las plantas de fabricación.

#### *Elaboración y suministro del material.*

No se requiere gran cantidad de energía en el proceso porque solo es un proceso de mezclado, no obstante, las emisiones se generan en la fase de fabricación del conglomerante.

#### *Uso del material.*

Los morteros de cemento no son transpirables e higroscópicos como los de la cal y yeso, que ofrecen una calidad del aire interior más saludable.

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Es difícil su reciclaje y no es posible su reutilización ya que siempre se encuentran mezclados. Si bien en el caso de mortero de cemento en caso de que el soporte sea de hormigón es posible su reciclaje.

---

<sup>54</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

<sup>55</sup> Estadística Minera anual 2016 EN: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaria de Estado de Energía [web en línea] [consulta: 16/12/2018]. Disponible en: <https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/Paginas/Consulta.aspx>

La evaluación bioconstructiva de los morteros como se observa que en la tabla 3.6, se realiza en función del tipo del conglomerante usado para su fabricación, siendo en la mayoría de los criterios positiva para el mortero de yeso y de cal, y negativa para el mortero de cemento.

Tabla 3.6. Evaluación bioconstructiva de morteros.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Mortero de yeso	Mortero de cal	Mortero de cemento
Origen natural			
No tóxicos			
Baja radiactividad			
Aislamiento acústico			
Higroscopicidad			
Secado rápido			
Aislamiento e inercia térmica			
No alterar radiación natural			
Bajas emisiones generadas			
Procedencia regional o nacional			
Posibilidad de reciclaje y reutilización			

### 3.2.2.2 Hormigón.

#### 3.2.2.2.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

El hormigón es un conglomerado compuesto principalmente por cemento, áridos, arenas y agua (se usan también aditivo y/o adiciones). Es el material junto con el acero más usado en la construcción actualmente.

Hay diferentes tipos de hormigones como, por ejemplo:

- Hormigón normal.
- Hormigón autocompactante.
- Hormigón aligerado.
- Hormigón con áridos reciclados.
- Hormigón reforzado con fibras estructurales.
- Hormigón no estructural.
- Hormigón de alta resistencia.

Su uso en edificación es bastante variado, como en estructuras, cimentaciones, prefabricados, etc.

#### **3.2.2.2.2 Características.**

El hormigón se caracteriza por su alta resistencia a compresión que llega hasta los 50 MPa. Pero posee baja resistencia a tracción y a cortante. De allí que se usa juntamente con el acero ya que este último tiene alta resistencia a tracción.

El hormigón en masa con una densidad  $\rho$  entre 2300 y 2600 Kg/m<sup>3</sup>, tiene una conductividad térmica  $\lambda= 2$  W/mK, calor específico  $c_p =1000$  J/Kg·K y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu=80$ .<sup>56</sup>

#### **3.2.2.2.3 Proceso de fabricación.**

El hormigón se puede fabricar en central o “in situ”, es decir, en obra. Una vez dosificados los materiales que lo componen, estos se amasan en hormigoneras o amasadoras para conseguir una mezcla homogénea.

#### **3.2.2.2.4 Impacto medioambiental y salud.**

##### *Obtención de materia prima.*

La extracción masiva en canteras de las materias primas para cubrir la gran demanda en el sector de la construcción genera un gran impacto ecológico. Aparte del impacto derivado de la extracción de materias primas para la elaboración del cemento, se une además las grandes cantidades de producción de arenas y gravas comentadas anteriormente.

##### *Transporte.*

El grado del impacto medioambiental en esta etapa varía en función de la distancia que existe entre el lugar de procedencia de las materias primas y la central de fabricación.

##### *Elaboración y suministro del material.*

La elaboración del hormigón igual que en el caso de morteros se basa principalmente en un proceso de dosificación y mezclado de los materiales que lo componen, aunque se requiere cierta energía para ello. Pero el verdadero impacto en esta fase es el que se genera

---

<sup>56</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

durante la fabricación del cemento. El factor de emisión estimado para esta fase y las anteriores es de 0,133 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>57</sup>

En cuanto al suministro del material, el impacto generado varía en función de si se fabrica en central o en obra, pues las plantas están cerradas y provistas de filtros por lo que no se produce una contaminación acústica y generación de polvo a diferencia de si el hormigón se amasa en la obra. En cambio, el transporte se reduce para los hormigones fabricados “in situ”.<sup>58</sup>

#### *Uso del material.*

En primer lugar, el efecto sobre la salud radica en que el hormigón no es un material transpirable, además de los problemas de humedad derivado del largo periodo de secado de este lo que genera un clima interior menos saludable (cemento). Y en segundo lugar debido a la presencia del acero (hormigón armado) se produce lo que se conoce como efecto “Jaula de Faraday”, que se asimila a una caja que aísla las personas de las energías cosmotelúricas, lo que genera una desvitalización y problemas de salud.

Para minimizar el impacto tanto medioambiental como sobre la salud se puede optar por el uso de la cal en lugar del cemento mediante los denominados biohormigones u hormigones ecológicos.

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid el hormigón constituye el 12% del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que son procesados para su reciclaje y reutilización, mediante machaqueo se utiliza fundamentalmente en la fabricación de otros hormigones, etc.

Según la Federación de Áridos en 2017 el sector de la construcción ha consumido 1 millón de toneladas de áridos reciclados, lo que contribuye a la minimización de los impactos generados durante esta fase.<sup>59</sup>

La tabla 3.7, refleja la evaluación bioconstructiva del hormigón cuyo componente principal es el cemento, por lo que se obtiene puntuación negativa para la mayoría de los criterios.

---

<sup>57</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/>

<sup>58</sup> WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem [web en línea] [consulta:11/12/2018]. Disponible en: <https://www.wecobis.de/>

<sup>59</sup> ANEFA. Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos [web en línea] [consulta:11/10/2018]. Disponible en: <http://www.aridos.org/>

Tabla 3.7. Evaluación bioconstructiva del hormigón.

(Elaboración propia)

<p>● Evaluación positiva.</p> <p>● Evaluación intermedia.</p> <p>● Evaluación negativa.</p> <p>○ Evaluación neutra.</p>	Hormigón convencional
Origen natural	●
No tóxicos	●
Baja radiactividad	●
Aislamiento acústico	○
Higroscopicidad	●
Secado rápido	●
Aislamiento e inercia térmica	○
No alterar radiación natural	●
Bajas emisiones generadas	●
Procedencia regional o nacional	●
Posibilidad de reciclaje y reutilización	●

### 3.2.3 Arcilla cocida.

#### 3.2.3.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

Tal y como su nombre indica la arcilla cocida es arcilla sometida a la acción del calor una vez se le ha dado la forma deseada.

Los materiales cerámicos tienen diferentes usos en la construcción como los ladrillos para la construcción de muros y fachadas, las tejas cerámicas en cubiertas, bovedillas cerámicas en forjados, baldosas en revestimiento de suelos y paredes, etc.

Los ladrillos cerámicos se clasifican generalmente en:

- Ladrillos macizos (LM).
- Ladrillos huecos simples (LH).
- Ladrillos huecos dobles (LHD).
- Ladrillos perforados (LP).

Las baldosas cerámicas se clasifican generalmente en:

- Azulejos.
- Gres esmaltado.
- Gres porcelánico.
- Gres rústico.

### 3.2.3.2 Características.

Los ladrillos cerámicos en general tienen buena capacidad de acumulación de calor, ya que tanto los ladrillos macizos, huecos y perforados poseen un calor específico  $c_p = 1000 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ . Son buenos aislantes térmicos, siendo la conductividad térmica para el ladrillo macizo  $\lambda = 0,85 \text{ W/mK}$ , para el ladrillo hueco  $\lambda = 0,32 \text{ W/mK}$  y para el ladrillo perforado  $\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$  (si es de bloques de arcilla aligerada el aislamiento aumenta,  $\lambda = 0,28 \text{ W/mK}$ ). Tienen una buena capacidad de difusión del vapor de agua ya que el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu = 10$ .<sup>60</sup>

En cuanto a las baldosas, los valores varían. En el caso de azulejos cerámicos (cerámica vitrificada) ya que su cocción a alta temperatura modifica sus propiedades, su calor específico baja a  $840 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ , su conductividad térmica  $\lambda$  aumenta en  $1,3 \text{ W/mK}$  y su capacidad de difusión del vapor de agua se convierte en nula (el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua es infinito). En el caso del gres su calor específico  $c_p = 1000 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  mayor que el azulejo, su conductividad térmica  $\lambda$  aumenta en  $2,3 \text{ W/mK}$  con un factor de resistencia a la difusión de vapor de agua  $\mu = 30$ .

Y ya las tejas cerámicas, el calor específico  $c_p = 800 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ , la conductividad térmica  $\lambda = 1 \text{ W/mK}$  y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu = 30$ .

### 3.2.3.3 Proceso de fabricación.

La arcilla mezclada con agua se amasa hasta conseguir una buena pasta homogeneizada que después se moldea en forma de ladrillos, tejas, etc. (por extrusión, prensas, etc.). Estas piezas moldeadas tienen que secarse en cámaras antes de ser cocidas porque se rompen. Y ya finalmente se procede con la cocción del material.

### 3.2.3.4 Impacto medioambiental y salud.

*Obtención de la materia prima.*

A pesar de que la materia prima se encuentra de forma abundante y de fácil extracción, el uso de los medios mecánicos produce ciertas alteraciones en el terreno. Por lo que hay que disponer de medidas para no producir una extracción masiva. En España según la Estadística Minera de España (ESMIN) en 2016 se produjo la extracción de 8.273.759 toneladas de arcilla.<sup>61</sup>

---

<sup>60</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

<sup>61</sup> Estadística Minera anual 2016. EN: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaria de Estado de Energía [web en línea] [consulta: 16/12/2018]. Disponible en: <https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/Paginas/Consulta.aspx>

### *Transporte.*

El grado del impacto medioambiental depende de la distancia de la cantera al lugar de transformación del material. Es recomendable que la distancia sea la menor posible para minimizar el impacto durante el transporte.

### *Elaboración y suministro del material.*

Para la arcilla cocida esta fase es la de mayor impacto ya que los productos cerámicos requieren de una cantidad considerable de energía para su cocción y especialmente la cerámica vitrificada y gres, donde la temperatura de cocción aumenta hasta 1200°C aproximadamente, lo que conlleva un aumento de emisiones a la atmósfera traduciéndose en el factor de emisión estimado para esta etapa y las anteriores, para los ladrillos es de 0,137 KgCO<sub>2</sub>eq/kg mientras que se eleva para gres hasta 0,309 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>62</sup>

Como el mayor impacto se genera en esta fase, con el objetivo de su disminución se sustituyen los hornos actuales de gas por los modernos hornos de biomasa, que en realidad se trata de volver al origen de la producción cerámica tradicional. Además, en los procesos de secado se utiliza el calor recuperado de los hornos.

Existen ladrillos más sostenibles (Aranda Usón, *et al.*, 2014) que los convencionales que contribuyen a la disminución de los impactos energéticos y ambientales como los ladrillos silico-calcáreos y ladrillos de arcilla aligerada.

De forma general los ladrillos y baldosas cerámicas de cocción a bajas temperaturas son más sostenibles y saludables.

### *Uso del material.*

No genera efectos sobre la salud ya que es inerte. Se trata de un material natural por lo que tiene efectos positivos sobre la salud. Es un material higroscópico, transpirable, con buena capacidad para la difusión del vapor de agua y con alta inercia térmica, lo que dota un ambiente saludable interior.

Es importante que la temperatura de cocción de la arcilla no supere los 950°C o esta pierde sus calidades vitales como el caso del gres que se convierte en un material con poca capacidad de difusión del vapor, poca higroscopicidad, radiactivo, etc. (Rodríguez Lledó, 2006, p. 24).

### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid los materiales cerámicos constituyen el 54% del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que son procesados para su reciclaje y reutilización, la mayor cifra en comparación con el resto de los materiales. Al igual que los materiales pétreos y el hormigón se pueden usar mediante machaqueo en construcción

---

<sup>62</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/>

de terraplenes, carreteras y viales, elaboración de hormigones, relleno de zanjas y pavimentos, etc.

En la tabla 3.8, se muestra la evaluación bioconstructiva para la arcilla cocida exceptuando la cerámica vitrificada. De acuerdo con lo comentado anteriormente, los criterios como la higroscopicidad, procedencia nacional, toxicidad, etc. obtienen una puntuación positiva, mientras que criterios como las emisiones generadas obtienen una puntuación negativa. En el caso del resto de criterios se valoran de forma neutra ya que no han sido tratados.

Tabla 3.8. Evaluación bioconstructiva de arcilla cocida.

(Elaboración propia)

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Evaluación positiva.</li> <li><span style="color: yellow;">●</span> Evaluación intermedia.</li> <li><span style="color: red;">●</span> Evaluación negativa.</li> <li><span style="color: gray;">●</span> Evaluación neutra.</li> </ul>	Arcilla cocida
Origen natural	<span style="color: blue;">●</span>
No tóxicos	<span style="color: blue;">●</span>
Baja radiactividad	<span style="color: yellow;">●</span>
Aislamiento acústico	<span style="color: gray;">●</span>
Higroscopicidad	<span style="color: blue;">●</span>
Secado rápido	<span style="color: gray;">●</span>
Aislamiento e inercia térmica	<span style="color: blue;">●</span>
No alterar radiación natural	<span style="color: blue;">●</span>
Bajas emisiones generadas	<span style="color: red;">●</span>
Procedencia regional o nacional	<span style="color: blue;">●</span>
Posibilidad de reciclaje y reutilización	<span style="color: blue;">●</span>

### 3.2.4 Vidrio.

#### 3.2.4.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

El vidrio se obtiene de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) y variedad de aditivos (a veces metales en pequeñas proporciones). Existen diferentes variedades del vidrio en función del producto final adquirido, como los vidrios flotados (planos) para la fabricación del acristalamiento en carpinterías, vidrios prensados o soplados para la fabricación de envases, etc.

En construcción se usan los vidrios flotados o planos, y de estos existen variedades como: los vidrios simples (una hoja); estructurales en fachadas; laminados, compuestos por más de una hoja unidas a unas o más láminas de un polímero denominado Butiral de Polivinilo (PVB), lo que le otorga seguridad en caso de rotura ya que las piezas de vidrio permanecen adheridas a dichas láminas; templados, que son vidrios sometidos a

tratamientos térmicos especiales para obtener mayores resistencias mecánicas y al calor; vidrios aislantes, etc.

Las principales aplicaciones del vidrio en construcción son para acristalamiento en carpinterías, pero también se usa como cerramiento en fachadas, muros Trombe (construcción bioclimática), etc.

### **3.2.4.2 Características.**

El vidrio se caracteriza por ser un material muy frágil, es decir, no se deforma, sino que se rompe con gran facilidad. Tiene elevada resistencia a compresión, completamente impermeable y transparente lo que permite el paso de la luz solar del exterior al interior del edificio.

Un vidrio flotado tiene una conductividad térmica  $\lambda=1$  W/mK, una densidad de 2500 Kg/m<sup>3</sup>, calor específico  $c_p=750$  J/Kg·K, y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua infinito.<sup>63</sup>

### **3.2.4.3 Proceso de fabricación.**

Después de la dosificación y mezclado de las materias primas mediante tolvas, estas se funden a unas temperaturas de 1500°C aproximadamente. El vidrio fundido se hace flotar sobre un baño de estaño también fundido, otorgándole al vidrio una geometría plana. Ya por último el vidrio toma una consistencia sólida por un enfriamiento controlado alcanzando el aspecto definido.

### **3.2.4.4 Impacto medioambiental y salud.**

*Obtención de la materia prima.*

El proceso de extracción de la materia prima igual que el resto de los materiales origina erosión en el suelo, alteración del paisaje, etc.

Según el informe publicado por la asociación VIDRIO ESPAÑA “Contribución Económica, Ambiental y Social del sector del Vidrio en España” en su balance de 2014-2016, en 2016 se produjeron 3,73 millones de toneladas de vidrio fundido. Donde el 92% las materias primas están disponibles a nivel nacional, lo que sitúa a España como el cuarto país europeo en la fabricación de vidrio, por detrás de Alemania, Francia e Italia.

64

---

<sup>63</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

<sup>64</sup> Contribución Económica, Ambiental y Social del Sector del Vidrio en España (2014-2016). EN: Asociación de Vidrios España [web en línea] [consulta:23/10/2018]. Disponible en: <https://www.vidrio.org/>

### *Transporte.*

El impacto generado en esta fase varía según la distancia del lugar de extracción de las materias primas al lugar de transformación del material.

### *Elaboración y suministro del material.*

Como se comentó anteriormente, el proceso de fusión se realiza a altas temperaturas lo que conlleva a un gran consumo energético, la combustión de la materia prima produce polución en el aire, emisiones de CO<sub>2</sub>, etc.

El factor de emisión estimado para esta etapa y las anteriores, para el vidrio sencillo es de 0,602 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, para vidrio laminar es de 0,563 KgCO<sub>2</sub>eq/kg. Este valor aumenta en el caso de los vidrios aislantes y templados, que alcanzan 1,361 y 1,377 KgCO<sub>2</sub>eq/kg respectivamente.<sup>65</sup>

Para minimizar el impacto generado durante esta fase hay que establecer una serie de actuaciones como el diseño eficiente de los hornos de fusión, optimización de la combustión, aprovechamiento del calor, etc.

El suministro se realiza por medio de carretera ya que es un material de procedencia nacional.

### *Uso del material.*

El vidrio es un material inerte, que no genera efectos negativos sobre la salud durante su uso.

### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2016 el sector de construcción generó cerca de 9100 toneladas de residuos de vidrio.<sup>66</sup>

Según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid el vidrio constituye el 0,5 % del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que son procesados para su reciclaje y reutilización, se puede usar para la elaboración de fibra de vidrios (aislante térmico), etc.

Tal y como se comenta en la tabla 3.9, se realiza una evaluación bioconstructiva en función de lo comentado anteriormente, donde se puede observar que se evalúa positivamente el criterio relativo a la baja radiactividad, no toxicidad, mientras que el criterio relativo a las bajas emisiones se evalúa negativamente.

---

<sup>65</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/>

<sup>66</sup> INE. Instituto Nacional de Estadística [web en línea] [consulta:13/12/2018]. Disponible en: [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254735570688](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735570688)

Tabla 3.9. Evaluación bioconstructiva del vidrio.

(Elaboración propia)

<p>● Evaluación positiva.</p> <p>● Evaluación intermedia.</p> <p>● Evaluación negativa.</p> <p>● Evaluación neutra.</p>	Vidrio
Origen natural	●
No tóxicos	●
Baja radiactividad	●
Aislamiento acústico	●
Higroscopicidad	●
Secado rápido	●
Aislamiento e inercia térmica	●
No alterar radiación natural	●
Bajas emisiones generadas	●
Procedencia regional o nacional	●
Posibilidad de reciclaje y reutilización	●

---

### 3.5 METALES.

---

#### 3.5.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

Los metales son materiales que se obtienen de la naturaleza a partir de minerales de las rocas como los carbonatos, sulfuros y óxidos. Están compuestos por la mezcla de dos o más metales ya que al carecer de ciertas propiedades no se usan en su estado puro. De las aleaciones más importantes destaca el acero.

Los metales se clasifican según contienen hierro o no en:

- Ferrosos: el hierro es el elemento principal obtenido de hematita ( $Fe_2O_3$ ), siderita ( $FeCO_3$ ), magnetita ( $Fe_3O_4$ ) y limonita ( $FeO(OH)$ ). En construcción destaca el acero común compuesto por hierro y una proporción de carbono variable (0,03 al 2%) en función de las propiedades requeridas, aceros aleados como el acero inoxidable que contienen un mínimo de 12% de cromo, acero galvanizado (recubierto con capa fina de zinc), etc.
- No ferrosos: comprenden todos los materiales excepto el hierro, de los cuales destaca el aluminio extraído principalmente de la bauxita ( $Al_2O_3$ ), cobre obtenido a partir de la cuprita ( $Cu_2O$ ), calcopirita ( $FeCuS_2$ ), malaquita o cobre nativo, zinc obtenido de la calamina y de la blenda ( $ZnS$ ), estaño obtenido de la casiterita ( $SnO_2$ ), plomo obtenido de la galena ( $PbS$ ), etc. (Appold *et al*, pp. 56-63).

El uso de los metales en la construcción es variado, el acero es usado como armadura en elementos estructurales como cimentaciones, pilares, vigas, forjados, etc., el acero

inoxidable en instalaciones de fontanería, el aluminio en carpinterías, el cobre para el cableado eléctrico y fontanería, el zinc en cubiertas, canalones, etc.

### 3.5.2 Características.

Los metales ferrosos como el acero se caracterizan por su alta resistencia a tracción. Con el fin de evitar su corrosión, en estado fundido se le añade cromo (12% como mínimo) obteniendo lo que se denomina acero inoxidable, que como su nombre indica no se oxida y además no perturba los campos magnéticos naturales a diferencia del acero. Si el acero se sumerge en una capa fina de zinc se le denomina acero galvanizado, que tiene buena resistencia a la oxidación y corrosión.

Tanto el acero como el acero inoxidable tienen nula capacidad de difusión del vapor de agua ya que poseen un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua infinito, buena conductividad térmica ( $\lambda = 50 \text{ W/mK}$  para acero y  $\lambda = 17 \text{ W/mK}$  para acero inoxidable), y baja capacidad de acumulación de calor (calor específico  $c_p = 450 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  para el acero y  $c_p = 460 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  para acero inoxidable).

Los metales no ferrosos al igual que los ferrosos tienen nula capacidad de difusión de vapor de agua, son buenos conductores eléctricos y térmicos, siendo el cobre con mayor conductividad térmica  $\lambda = 380 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , le sigue el aluminio  $\lambda = 230 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , zinc con conductividad térmica  $\lambda = 110 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , plomo con conductividad térmica  $\lambda = 35 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  y por último el estaño con conductividad térmica  $\lambda = 66,6 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Tienen poca capacidad de acumulación de calor, el aluminio tiene el mayor valor de calor específico  $c_p = 880 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ , después está el cobre y zinc con  $c_p = 380 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ , el estaño con  $c_p = 227 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$  finalmente el plomo con  $c_p = 130 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ .<sup>67</sup>

### 3.5.3 Proceso de fabricación.

Los metales pasan por un proceso de fusión, es decir, reducción a altas temperaturas, en el cual el metal por lo general se recoge en estado fundido y ya por último se procede con el refinado, purificación y/o adición de ciertas sustancias para conseguir determinadas propiedades en el producto final.

### 3.5.4 Impacto medioambiental y salud.

#### *Obtención de la materia prima.*

La extracción de los minerales se realiza a cielo abierto o subterránea. Normalmente los minerales se procesan en lugar de extracción. La mena hace referencia a la fracción del

---

<sup>67</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

mineral que contiene suficiente elemento como para hacer rentable su extracción y la ganga es la fracción que contiene poco o nada del elemento deseado.

En esta etapa se genera la deforestación de las áreas donde se encuentra el mineral, así como la destrucción del hábitat de algunos animales, contaminación de las aguas, alteración del paisaje, contaminación acústica (instalaciones y maquinarias), emisiones de polvo y gases, etc.

En el caso del acero, la mayor parte de la materia prima se obtiene mediante reciclaje de este. Según el World Steel Association (worldsteel) España es el tercer productor del acero de la Unión Europea en 2011 con 15,504 millones de toneladas.<sup>68</sup>

En cuanto a los metales no ferrosos, según la Estadística Minera de España (ESMIN) en España en 2016, se llevó a cabo la extracción de 1.604.154 toneladas de mineral de cobre, 10.894 kg de estaño, 21.163 toneladas de plomo y 163.544 toneladas de zinc.

#### *Trasporte.*

El impacto medioambiental derivado de esta etapa depende de la distancia desde el lugar de extracción de los minerales hasta el sitio de elaboración.

#### *Elaboración y suministro del material.*

El proceso requiere de altos niveles de temperatura, lo que genera considerables emisiones de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, etc., a la atmósfera. El aluminio es el material que consume más energía y por lo tanto produce más emisiones en su proceso de fabricación con un factor de emisión estimado de 16,320 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, seguido del estaño con 16,254 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, acero inoxidable con 6,273 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, zinc con 1,836 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, plomo con 1,488 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, cobre con 0,393 KgCO<sub>2</sub>eq/kg y por último el acero con 0,384 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>69</sup>

#### *Uso del material.*

Los metales como el acero provocan alteraciones en el campo magnético natural lo que produce problemas para los usuarios del edificio. Para ello deben estar correctamente derivados a tierra.

El uso del acero inoxidable como sustituto del acero convencional y en instalaciones hidráulicas como sustituto del cobre resulta muy eficiente y biocompatible ya que no genera alteraciones magnéticas.

#### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el INE en 2016 el sector de la construcción generó un total de 132,7 miles de toneladas de residuos metálicos. Y según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid, los metales constituyen el 5%

---

<sup>68</sup> World Steel Association [web en línea] [consulta:13/12/2018]. Disponible en: <https://www.worldsteel.org>

<sup>69</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/>

del total de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que son procesados para su reciclaje y reutilización. Mediante fundición se reintroducen nuevamente en el ciclo productivo.

Según el Informe elaborado por la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNISID) “Iris 2013 sobre el Reciclaje del Acero en la Industria Siderúrgica Española” el 75% del acero fabricado en España es acero reciclado, siendo España el país que más recicla este material superado por Italia y al nivel de Alemania.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, en la tabla 3.10, se establece una comparación bioconstructiva. Como se observa todos los metales obtienen puntuación positiva en lo relativo a la baja radiactividad y su posibilidad de reciclaje y reutilización mientras que criterios como las emisiones se ha puntuado de forma positiva al acero ya que es que posee el menor factor de emisión estimado, y con puntuación negativa al aluminio por tener la mayor con respecto a los demás metales. En cambio, los aspectos relativos al secado, higroscopicidad, aislamiento térmico y acumulación de calor, etc., han obtenido una evaluación neutra.

Tabla 3.10. Evaluación bioconstructiva de los metales.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Ferrosos		No ferrosos				
	Acero	Acero inox	Aluminio	Cobre	Estaño	Plomo	Zinc
Origen natural							
No tóxicos							
Baja radiactividad							
Aislamiento acústico							
Higroscopicidad							
Secado rápido							
Aislamiento e inercia térmica							
No alterar radiación natural							
Bajas emisiones generadas							
Procedencia regional o nacional							
Posibilidad de reciclaje y reutilización							

---

## 3.6 POLÍMEROS.

---

### 3.6.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

Los polímeros son grandes moléculas resultado de la unión de muchas moléculas pequeñas denominadas monómeros.

Según su uso en construcción, se clasifican en:

- Termoplásticos: por acción del calor pueden ser moldeados volviendo a su forma original, como el Cloruro de Polivinilo (PVC) obtenido a partir del acetileno y ácido clorhídrico, Polietileno (PE) obtenido de la polimerización del etileno, Polipropileno (PP) obtenido del polipropileno ayudado por catalizadores y Poliestireno (PS) obtenido del benceno y etileno.
- Termoestables: se descomponen al fundirse como el Poliuretano (PU) obtenido de un poliéster (desmofén) y un derivado del benzón, Resinas Epoxi (EP) obtenidas del fenol y el acetileno.
- Elastómeros: se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo, recuperando su forma inicial al eliminar ese esfuerzo como el caucho de etileno propileno dieno (EPDM), etc.

Los usos de polímeros en edificación se fundamentan en recubrimientos de suelos, paredes, aislamientos e impermeabilizaciones, tuberías de instalaciones de fontanería, cableado, carpintería, etc.

Por ejemplo, el PVC se usa en tuberías, ventanas, pavimentos, etc. El PE se emplea en ventanas, tuberías, impermeabilización de techos, barrera de vapor en cimentaciones, etc. El PP se usa en tuberías de calefacción ya que resiste el agua caliente o como impermeabilizante, también se utiliza en forjados reticulares en encofrado recuperable. El PS se usa principalmente como aislamiento térmico, las EP como adhesivos, el EPDM como impermeabilización en cubiertas, suelos, etc.

Como se comentó anteriormente se incluyen las pinturas plásticas elaboradas a base de algunos polímeros mencionados anteriormente. Estas se definen como un material líquido y pastoso que sirve para cubrir un paramento con el objetivo de decorarlo o protegerlo. Se componen de ligantes que ligan los diferentes componentes, disolventes para hacerlas más fluidas con el fin de facilitar su aplicación, pigmentos para otorgarle el color y la capacidad de cubrición, y aditivos para mejorar ciertas propiedades de estas.

### 3.6.2 Características.

Los termoplásticos tienen poca capacidad de difusión de vapor de agua ya que el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua es elevado ( $\mu=50000$  para el PVC,  $\mu=100000$  para el PE,  $\mu=10000$  para el PP y  $\mu=100000$  para el PS). También son buenos

aislantes térmicos, ya que tienen bajas conductividades térmicas, siendo el PS el material con más baja conductividad térmica  $\lambda = 0,16$  W/mK, después está el PVC con  $0,17$  W/mK, el PP con  $\lambda = 0,22$  W/mK, y por último el polipropileno cuya conductividad térmica varía en función de la densidad -para el LDPE  $\lambda = 0,33$  W/mK y HDPE  $\lambda = 0,5$  W/mK-. También tienen buena capacidad de acumulación de calor, siendo el LDPE el que posee el mayor valor de calor específico  $c_p = 2200$  J/Kg·K, seguido de HDPE y PP con  $c_p = 1800$  J/Kg·K, PS con  $c_p = 1300$  J/Kg·K y finalmente el PVC con  $c_p = 900$  J/Kg·K.

Los termoestables igual que los termoplásticos tienen baja capacidad de difusión del vapor de agua y buenos valores de conductividad térmica ( $\lambda = 0,25$  W/mK para el PU y  $\lambda = 0,2$  W/mK para EP), lo que confiere propiedades aislantes. También tienen buena capacidad de acumulación de calor, ya que tienen un calor específico de  $1800$  y  $1400$  J/Kg·K para el PU y EP respectivamente.

En el caso de los elastómeros como el EPDM, igual que los materiales anteriores, tienen baja capacidad de difusión del vapor de agua (por eso se utilizan como impermeabilizantes), buenos valores de conductividad térmica  $\lambda = 0,25$  W/mK y buena capacidad de acumulación de calor con calor específico  $c_p = 1000$  J/Kg·K.<sup>70</sup>

### 3.6.3 Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación de los plásticos se conoce como polimerización. Los métodos pueden ser por adición, que es un proceso de unión de monómeros, formando largas cadenas o fibras poliméricas que darán origen al plástico (por ejemplo: el PVC), y por condensación, que es una reacción química mediante la cual varias moléculas se combinan para formar una sustancia polimérica, por ejemplo: las poliamidas (nailon), poliésteres termoplásticos (PET), poliuretanos (PU), policarbonatos (PC), o las resinas fenólicas. Posteriormente se procede con el conformado de los plásticos para darles forma mediante técnicas como extrusión, moldeo, etc.

### 3.6.4 Impacto medioambiental y salud.

#### *Obtención de la materia prima.*

La mayoría de los materiales plásticos proceden de la industria petroquímica, donde la materia prima para su producción es la derivada del petróleo, lo cual constituye un recurso limitable. De igual forma que el resto de los materiales tratados anteriormente, la extracción del petróleo produce impactos sobre el medio ambiente.

---

<sup>70</sup> CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. Materiales [web en línea] [consulta: 14/09/2018]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

Según Plastics Europe, el sector de la construcción en Europa consume anualmente 10 millones de toneladas aproximadamente de plástico, que representan el 20 % del total del consumo de plásticos.<sup>71</sup>

#### *Transporte.*

Además de la energía incorporada durante el transporte, un posible derrame del petróleo o fugas de gas natural.

#### *Elaboración y suministro del material.*

Durante esta etapa se genera un gran impacto sobre el medio ambiente, así como la salud, debido al vertido de residuos contaminantes compuestos de sustancias organocloradas en forma de gases, aguas residuales, etc. Además, tienen un alto consumo energético lo que generan considerables emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases a la atmósfera.

La resina epoxi (EP) tiene el mayor factor de emisión estimado relativo a esta etapa y a las anteriores, que llega a 5,814 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, después está el Poliestireno (PS) con un valor de 4,264 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, el Poliuretano (PU) con 3,835 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, el Polipropileno (PP) con 3,499 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, el Etileno propileno dieno monómero (EPDM) con 3,442 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, el Policloruro de Vinilo (PVC) con 3,162, el Polietileno de baja densidad (LDPE) 2,122 KgCO<sub>2</sub>eq/kg con y por último el Polietileno de alta densidad (HDPE) con 1,988 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.<sup>72</sup>

#### *Uso del material.*

Los plásticos no tienen el mismo nivel de toxicidad. Tal y como se refleja en la figura 3.1 se presentan desde los más perjudiciales a los más inocuos. El PVC es el material más peligroso debido a su alta toxicidad ya que en caso de incendio desprende dioxinas, ácido clorhídrico y metales pesados, el PS y PU se encuentran en rangos intermedios, en cambio materiales como el PE, PP y EPDM son menos tóxicos para la salud y menos perjudiciales para el medio ambiente ya que no tienen cloro en su composición.

---

<sup>71</sup> Plastics Europe [web en línea] [consulta:24/11/2018]. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org>

<sup>72</sup> OpenDAP. Base de datos de carácter ambiental para productos de la construcción [web en línea] [consulta:23/12/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/elementssubtype/>



Tabla 3.11. Evaluación bioconstructiva de los polímeros.

(Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Termoplásticos				Termoestables		Elastómeros
	PVC	PE	PP	PS	PU	EP	EPDM
Origen natural							
No tóxicos							
Baja radiactividad							
Aislamiento acústico							
Higroscopicidad							
Secado rápido							
Aislamiento e inercia térmica							
No alterar radiación natural							
Bajas emisiones generadas							
Procedencia regional o nacional							
Posibilidad de reciclaje y reutilización							

---

## 3.9 MATERIALES NATURALES.

---

### 3.9.1 Leñosos.

Los materiales leñosos son los de origen orgánico como la madera, bambú y paja. En los siguientes apartados se analizan la madera y el bambú porque son similares en cuanto al comportamiento estructural y por último se analiza la paja (balas de paja).

#### 3.9.1.1 Madera.

##### 3.9.1.1.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

La madera es un material orgánico, producido por un organismo vivo que es el árbol, es una materia fibrosa donde las fibras están organizadas.

Se clasifican en tres grandes grupos:<sup>73</sup>

- Coníferas: pino, abeto, cedro, etc.
- Frondosas: abedul, roble, haya, nogal, etc.
- Tropicales: ipé, koto, samba, sipo, etc.

Tiene multitud de usos en la construcción como en muros, forjados, cubiertas, carpinterías, revestimiento de suelos y paredes, etc.

##### 3.9.1.1.2 Características.

Al tratarse de un material natural la madera tiene excelentes propiedades higroscópicas (Vignote Peña y Martínez Rojas, 2006, p.108), buena capacidad de difusión del vapor de agua y acumulación de calor ya que el calor específico  $c_p = 1600 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ . Así como baja conductividad térmica ( $\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$  para maderas coníferas y  $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$  para maderas frondosas).

Es un material que absorbe el  $\text{CO}_2$  y purifica el ambiente interior, neutro que no produce alteraciones en los campos eléctricos y magnéticos naturales como en el caso de los metales. Tiene un buen comportamiento estructural y absorbe la radiactividad.

---

<sup>73</sup> AEIM: Asociación Española del Consorcio e Industria de la madera [web en línea] [consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <http://www.aeim.org/>

### **3.9.1.1.3 Proceso de fabricación.**

La primera operación que se realiza para la preparación de la madera para su uso es el apeo o tala, que se hace normalmente con maquinarias (sierras a motor eléctrico). Posteriormente se lleva al aserradero para efectuar las divisiones en piezas comerciales, luego se procede con el despiezo que es el conjunto de operaciones de aserrado que se realizan para dividir longitudinalmente las trozas o troncos apeados en tablones, tablas, etc., y por último se procede con el secado para eliminar la humedad que pueda contener para evitar el desarrollo de hongos, etc. El secado puede ser natural, es decir, utilizar el aire a temperatura y humedad ambiente o artificial utilizando aire caliente.

### **3.9.1.1.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de materia prima.*

La tala de árboles es beneficiosa para el ecosistema, pero siempre y cuando no se haga de forma masiva y se tenga en cuenta el tipo de especie para no provocar la deforestación y devastación de los bosques. Si la madera posee un certificado forestal como el Forest Stewardship Council FSC (Consejo de Administración Forestal) no supone un problema medioambiental. Las maderas coníferas y frondosas son las que tienen certificación alta, mientras que las tropicales no tienen o son escasas.

Según el anuario estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en 2016 la producción mundial de la madera alcanza 468 millones de m<sup>3</sup> para madera aserrada y 416 millones de m<sup>3</sup> para tableros.<sup>74</sup>

En España según el anuario de estadística forestal (2014-2015) elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en 2015 se ha llevado a cabo la extracción y producción de un total de 1.691.000 m<sup>3</sup> de madera aserrada (1.422.000 m<sup>3</sup> de madera conífera y 269.000 m<sup>3</sup> de madera frondosa) y 3.908.000 m<sup>3</sup> de tableros.<sup>75</sup>

En cuanto a las maquinarias, su consumo energético y emisión se compensa ya que la madera absorbe CO<sub>2</sub>.

#### *Transporte.*

El impacto generado durante esta etapa depende de la distancia entre los bosques y el lugar de elaboración.

---

<sup>74</sup> Datos y cifras globales de productos forestales 2016 EN: FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [web en línea] [consulta: 23/04/2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I7034ES/i7034es.pdf>

<sup>75</sup> Producción, consumo y comercio exterior de la madera y sus productos EN: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [web en línea] [consulta: 18/11/2018]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/en/desarrollo-rural/estadisticas/forestal\\_anuario\\_2014-2015.aspx](https://www.mapa.gob.es/en/desarrollo-rural/estadisticas/forestal_anuario_2014-2015.aspx)

### *Elaboración y suministro del material.*

Al igual que en las etapas anteriores, el proceso de corte y secado requieren de energía, por lo tanto, se producen emisiones a la atmósfera, el factor de emisión estimado tanto en esta etapa como las anteriores es de 1,122 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.

En cuanto al suministro del material, las emisiones generadas dependen de si se trata de maderas nacionales o no, por lo que conviene el empleo de maderas nacionales. En España crecen especies como el pino, abeto, abedul, roble, alerce, nogal, etc.

### *Uso del material.*

Los tratamientos de preservación de la madera frente a la humedad, insectos y hongos suelen ser tóxicos, pero en la actualidad existen muchos tratamientos no perjudiciales para el medioambiente y salud como las resinas vegetales, aceite de lianza, sales de bórax, barnices naturales, etc.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la madera debe estar seca con humedad < 18% para evitar los ataques de hongos, etc.

### *Reciclaje y reutilización del material.*

Según el Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) de la Comunidad de Madrid, la madera constituye el 9% del total de los Residuos generados en Construcción y Demolición (RCD) para su procesado y reutilización. Y según el INE en 2016 el sector de construcción generó 141,6 miles de toneladas de residuos de madera. Pero se trata de un material reciclable y reutilizable, ya que cualquier residuo derivado de la madera se puede usar en otras aplicaciones, mediante machaqueo y aglomeración para fabricación de tableros aglomerados, valorización energética en biomasa, etc.

De acuerdo con lo anterior, en la tabla 3.12, se refleja la evaluación bioconstructiva de la madera. Esta es positiva para los criterios relacionados al origen natural, no toxicidad (maderas con tratamientos naturales), higroscopicidad, baja radiactividad, etc. Por su parte, el criterio asociado a la procedencia nacional obtiene una puntuación intermedia, ya que depende si es una madera nacional o procedente de otros países. Los principios que no han sido desarrollados anteriormente obtienen una puntuación neutra.

Tabla 3.12. Evaluación bioconstructiva de la madera.

(Elaboración propia)

<p>● Evaluación positiva.</p> <p>● Evaluación intermedia.</p> <p>● Evaluación negativa.</p> <p>● Evaluación neutra.</p>	Madera
Origen natural	●
No tóxicos	●
Baja radiactividad	●
Aislamiento acústico	●
Higroscopicidad	●
Secado rápido	●
Aislamiento e inercia térmica	●
No alterar radiación natural	●
Bajas emisiones generadas	●
Procedencia regional o nacional	●
Posibilidad de reciclaje y reutilización	●

### 3.9.1.2 Bambú.

#### 3.9.1.2.1 Definición, clasificación y aplicaciones.

De acuerdo con el International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) (Red Internacional del Bambú y el Ratán) los bambúes pertenecen a la familia de las gramíneas “Poaceae” que puede crecer hasta 35 m de altura y 30 cm de diámetro. Incluyen plantas de mayor crecimiento en el mundo ya que ciertas especies crecen hasta 91 cm por día, alcanzando la madurez para el corte a partir de los cuatro años. Hasta el momento existen 1642 especies conocidas que crecen en ecosistemas templados de tropicales a cálidos en África, Asia y América Central y del Sur.<sup>76</sup>

Al igual que la madera tiene variedad de usos en construcción (estructuras, suelos, etc.).

#### 3.9.1.2.2 Características.

La temperatura es un factor importante para un buen crecimiento del bambú, la mayoría crecen en temperaturas entre 9 y 36 °C en suelos bien drenados, fértiles y friables, el crecimiento vegetativo en los bambúes se ve más afectado por la humedad del suelo como resultado de la lluvia que por la temperatura. (Hidalgo-López, 2003, pp.50-51)

Las cañas de bambú (Minke, 2012, p.26) están designadas según la normativa alemana DIN 4102 como inflamables pero resistentes a las llamas ya que estas son huecas y tienen

<sup>76</sup> INBAR-International Network for Bamboo and Rattan [web en línea] [consulta: 12/09/2018]. Disponible en: <https://www.inbar.int/why-bamboo-rattan/>

un alto contenido del ácido silícico, siendo un material ideal en zonas sísmicas porque es muy flexible con gran capacidad de absorción de energía.

El bambú, al igual que la madera, debido a esta estructura fibrosa y al aire atrapado, tiene excelentes propiedades térmicas e higroscópicas, pero posee baja resistencia al corte, en el cual las cañas se dividen fácilmente ya que no tienen celdas radiales como los árboles (Hidalgo-López, 2003, p.74).

### **3.9.1.2.3 Proceso de fabricación.**

La primera fase en el proceso de fabricación del bambú es el suministro de la materia prima, a partir de 4 a 5 años las cañas de bambú son listas para ser cosechada, posteriormente la materia prima se transporta desde el lugar del suministro hasta la fábrica donde se hace la preservación y el secado de esta. La solución más sana para preservar las cañas de bambú es la inmersión de estas en solución de bórax y ácido bórico, la inmersión ha de realizarse con las cañas secadas durante una semana como máximo conservando aun el color. El proceso se finaliza con el secado de las cañas al aire libre (sin contacto directo del sol), con secadores solares, horno o inyección de aire caliente.

### **3.9.1.2.4 Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de la materia prima.*

La tala de las cañas de bambú se puede realizar por medios manuales o mecánicos con el consiguiente consumo energético y emisiones de estos últimos. Es muy importante garantizar la regeneración natural del bambú mediante un adecuado arreglo del tocón después del corte (Moran Ubidia, 2015, p.14).

#### *Transporte.*

El impacto generado durante esta etapa depende del lugar de crecimiento de los bambúes hasta el sitio de tratamiento y procesado, por lo que a menor distancia menor impacto generado.

#### *Elaboración y suministro del material.*

Al igual que todas las plantas, el bambú es almacenador de carbono. Debido a su rápido crecimiento la captación anual puede alcanzar 25 toneladas de carbono / hectáreas / año, y puede almacenar el carbono durante largos periodos de tiempo que pueden llegar de 200 a casi 400 toneladas de carbono por hectárea.<sup>77</sup>

Se ha comprobado que una estructura de hormigón armado produce emisiones de 5,724 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes y una estructura metálica 2,734 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes mientras que una estructura de caña de 1,570 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes (Rea Lozano, 2012).

---

<sup>77</sup> Ídem 33.

Pero se produce un impacto derivado del transporte del material, ya que tal y como se comentó anteriormente el bambú no crece en Europa, por lo que el suministro se realiza mediante barco y no por carretera.

*Uso del material.*

Del mismo modo que la madera, siempre y cuando esté tratado con soluciones naturales no produce problemas de salud sino todo lo contrario, al ser un higroscópico regula de forma natural la humedad atmosférica del ambiente interior, no es radiactivo, no altera los campos magnéticos naturales, etc.

*Reciclaje y reutilización del material.*

El bambú es un material reciclable, que se puede reutilizar en varias aplicaciones.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, en la tabla 3.13, se refleja la evaluación bioconstructiva del bambú. Este obtiene una puntuación positiva en la mayoría de los criterios con excepción de la procedencia ya que no es nacional, por lo que se valora de forma negativa, y en cuanto al criterio relacionado con las bajas emisiones se obtiene una evaluación intermedia ya que se generan emisiones derivadas de las máquinas, transporte, etc.

Tabla 3.13. Evaluación bioconstructiva del bambú.

(Elaboración propia)

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Evaluación positiva.</li> <li><span style="color: yellow;">●</span> Evaluación intermedia.</li> <li><span style="color: red;">●</span> Evaluación negativa.</li> <li><span style="color: gray;">●</span> Evaluación neutra.</li> </ul>	Bambú
Origen natural	<span style="color: blue;">●</span>
No tóxicos	<span style="color: blue;">●</span>
Baja radiactividad	<span style="color: blue;">●</span>
Aislamiento acústico	<span style="color: gray;">●</span>
Higroscopicidad	<span style="color: blue;">●</span>
Secado rápido	<span style="color: gray;">●</span>
Aislamiento e inercia térmica	<span style="color: gray;">●</span>
No alterar radiación natural	<span style="color: blue;">●</span>
Bajas emisiones generadas	<span style="color: yellow;">●</span>
Procedencia regional o nacional	<span style="color: red;">●</span>
Posibilidad de reciclaje y reutilización	<span style="color: blue;">●</span>

### **3.9.1.3 Balas de paja.**

#### **3.9.1.3.1 Definición, clasificación y aplicaciones.**

La paja es la estructura vegetal que se encuentra entre la raíz y la espiga, es decir, el tallo del cereal. Está compuesta por celulosa, lignina y sílice. Los cereales son el arroz, trigo, espelta, centeno, avena, cebada, etc. La paja de trigo es la que se utiliza mayoritariamente en la construcción ya que es la que se produce en grandes cantidades (Nitzkin y Termens, 2010, p.39). Después de la cosecha del cereal, mediante la máquina embaladora la paja que ha quedado suelta en el campo se comprime mecánicamente formando bloques rectangulares denominados balas de paja.

Su aplicación en construcción radica principalmente en la ejecución de muros que, dependiendo de la técnica constructiva, pueden tener función estructural o solo función aislante.

#### **3.9.1.3.2 Características.**

Normalmente las balas de paja que se usan en construcción de viviendas suelen ser las convencionales con dimensiones de 45x36x100 cm (el largo puede variar entre 80 y 120 cm), con un peso entre 15 y 30 kg. Estas para su adecuado uso en construcción deben estar embaladas y almacenadas correctamente, con bajo contenido de humedad (inferior al 15 %) para evitar su deterioro. Asimismo, deben estar bien comprimidas con alta densidad (mínima de 90 kg/m<sup>3</sup>), así como tener un buen color y olor. La bala de paja de 100 kg/m<sup>3</sup> posee una conductividad térmica  $\lambda = 0,045$  W/mK según varios ensayos realizados en diferentes países de Centroeuropa (Nitzkin y Termens, 2010, pp.42-43).

Pero las balas de paja debido a su baja masa poseen baja capacidad de acumulación de calor. Este aspecto se soluciona mediante revocos de tierra con alto contenido de arenas y gravas finas con densidad de 1900 a 2100 kg/m<sup>3</sup> de 3 a 6 cm de espesor, a través de los que se amortigua la diferencia de temperaturas (Minke y Friedmann, 2005, p.28)

A diferencia de la madera es un material de rápido crecimiento. Es adecuado para las zonas sísmicas, ya que puede absorber mucha de la energía del terremoto en vez de transferirla al techo, pero siempre y cuando se lleve un adecuado diseño. También tiene una resistencia al fuego de acuerdo a estudios realizados en Estados Unidos que llega hasta 120 min (Swentzell Steen, *et al.*, 1994), un valor superior al exigido en el CTE.

#### **3.9.1.3.3 Proceso de fabricación.**

Cuando el cereal ha madurado, por el campo pasa la cosechadora con el fin de recoger las espigas y por su paso deja grandes cantidades de paja suelta que posteriormente es recogida por la máquina embaladora.

En construcción existen diferentes técnicas constructivas con balas de paja. Está el estilo Nebraska, portante o autoportante, estructura con postes y vigas, técnica Greb, etc. Se verá con más detalle en el capítulo 4.2.2.

#### **3.9.1.3.4 Impacto medioambiental y salud.**

##### *Obtención de la materia prima.*

La paja es un residuo vegetal generado en grandes cantidades que a veces se quema sin ser utilizado, lo que contribuye a la emisión de gases a la atmósfera. Por lo tanto, su uso en construcción genera beneficios medioambientales.

##### *Transporte.*

Esta etapa no procede ya que las balas de paja se hacen en el propio lugar de crecimiento de la planta.

##### *Elaboración y suministro del material.*

Las máquinas embaladoras requieren de energía, pero en términos generales no presenta un impacto medioambiental destacable durante esta fase en comparación con otros materiales.

En relación al suministro del material, el grado de impacto medioambiental depende de la ubicación de las balas hasta lugar de construcción. Pero en general es un material de procedencia nacional, por lo que el transporte se hace mediante carretera.

##### *Uso del material.*

Tal y como se comentó anteriormente, se trata de un material que tiene los mismos beneficios que los demás materiales naturales, por lo que no presenta problemas de salud durante su uso.

##### *Reciclaje y reutilización del material.*

Es posible el reciclaje y la reutilización de las balas de paja.

En la tabla 3.14, se realiza una evaluación de acuerdo con lo comentado anteriormente. En él se refleja que para la mayoría de los criterios tiene una evaluación positiva. El criterio asociado a la proporción equilibrada de aislamiento y acumulación de calor se valora de forma intermedia ya que las balas de paja son buenos aislantes térmicos, pero posee baja capacidad de acumulación de calor. El resto de los criterios que no han sido desarrollados obtienen una puntuación neutra.

Tabla 3.14. Evaluación bioconstructiva de las balas de paja.

(Elaboración propia)

<p>● Evaluación positiva.</p> <p>● Evaluación intermedia.</p> <p>● Evaluación negativa.</p> <p>● Evaluación neutra.</p>	Balas de paja
Origen natural	●
No tóxicos	●
Baja radiactividad	●
Aislamiento acústico	●
Higroscopicidad	●
Secado rápido	●
Aislamiento e inercia térmica	●
No alterar radiación natural	●
Bajas emisiones generadas	●
Procedencia regional o nacional	●
Posibilidad de reciclaje y reutilización	●

### 3.9.2 Térreos.

Los materiales térreos son los procedentes básicamente de la tierra. Según el método de construcción empleado las técnicas constructivas varían. Estas se tratarán detalladamente más adelante en el capítulo 4. Como se comentó anteriormente se incluyen las pinturas naturales.

#### 3.9.2.1. Definición, clasificación y aplicaciones.

La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena. Estas varían según el tamaño de sus partículas: arcillas tienen un tamaño menor que 2 mm, limo posee un tamaño entre 0,002 y 0,06 mientras que la arena tiene un tamaño entre 0,06 y 2 mm. A veces la tierra contiene en su composición gravas y piedras con tamaños mayores que la arcilla, limo y arena. Por lo tanto, dependiendo de la composición predominante suelen clasificarse en suelos arcillosos, limosos o arenosos (Minke, 2005, p. 23).

Se trata del material de construcción más importante y abundante en la mayoría de las regiones del planeta. La aplicación de este material en construcción es muy amplia, ya que en algunos lugares se observan casas enteras realizadas con este material, es decir, desde la cimentación, suelos, muros, así como acabados en techos y paredes como las pinturas naturales a base de arcilla.

Las pinturas naturales como las de la cal, silicatos, etc., y al igual que las plásticas comentadas anteriormente en el apartado 3.6.1, se componen de ligantes, disolventes y pigmentos. Entre los ligantes naturales se encuentran los aceites vegetales, resinas, colas, caseínas, vidrio soluble e hidrato cálcico. Dentro de los disolventes naturales están los aceites etéreos como el aguarrás o la esencia de trementina, aceites de cítricos, etanol,

ácido láctico natural o bioalcohol puro, siendo el agua el disolvente más natural. En cuanto a los pigmentos naturales las tierras naturales son las más utilizadas, aunque pueden ser también de origen vegetal o animal (Martínez Martínez, 2015, p.177). En el apartado 4.5 se comentan con más detalle los tipos de pinturas naturales.

### **3.9.2.2. Características.**

La tierra cruda se caracteriza por ser un material transpirable, higroscópico, absorbente de contaminantes, con buena capacidad de difusión, así como una buena capacidad de almacenar calor o frío (Rodríguez Lledó, 2006, p.24). Debido a su alta masa térmica, los muros de tierra son usados en la construcción bioclimática.

Posee un calor específico de 0,1 kJ/kg K (100 J/kg K). Según los ensayos realizados por Minke (2005, pp.36-38) en el FEB (Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales) en la universidad de Kasel (Alemania) para la tierra aligerada con paja con una densidad de 750 kg/ m<sup>3</sup> el valor de la conductividad térmica es  $\lambda=0,20$  W/m·K y para tierra aligerada con arcilla expandida con una densidad de 740 kg/ m<sup>3</sup> la conductividad térmica  $\lambda=0,18$  W/m·K. Se determinó también que el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu$  esta entre 6 y 8 aproximadamente, en función del tipo de la tierra (arcillosa, limosa o arenosa). Además, los ladrillos de tierra son de secado rápido comparados con los ladrillos de arcilla cocida o el hormigón.

### **3.9.2.3 Proceso de fabricación.**

Existen técnicas de construcción tradicional con tierra como la técnica del tapial o tierra apisonada, técnica de adobe, técnica de COB, bloques de tierra comprimida BTC. Todas estas técnicas se verán con más detalle el apartado 4.2.2.

### **3.9.2.4. Impacto medioambiental y salud.**

#### *Obtención de la materia prima.*

Es un material muy abundante y se encuentra casi en todas partes, su extracción se puede realizar de forma manual por lo que no se generan impactos ni gastos energéticos derivados del uso de maquinaria como en el caso de otros materiales como los pétreos, hormigón, etc.

#### *Transporte.*

El impacto durante esta etapa varía en función de la aplicación. Por ejemplo, en el caso del tapial se molutura en la cantera, en cambio para los bloques de tierra comprimida estos se realizan en fábrica con el consiguiente consumo energético que ello conlleva.

### *Elaboración y suministro del material.*

Para la fabricación de algunos bloques de la tierra como el adobe, COB, etc. no se requiere de un gasto energético ya que normalmente estos se secan al sol.

Se ha comprobado que en una estructura de HA (2% de acero) se emite 0,18 CO<sub>2</sub>/kg mientras que la construcción con tierra se emite

0,06 CO<sub>2</sub>/kg para el adobe y 0,004 CO<sub>2</sub>/kg para el caso de tapial (Guillén Marzal, 2015). Además, si se analiza el valor de factor de emisión estimado, para la tierra cruda es de 0,021KgCO<sub>2</sub>eq/kg, siendo el de más bajo valor en comparación con el resto de los materiales desarrollados anteriormente.

Algunas veces resulta posible la elaboración de una casa con la misma tierra que está disponible alrededor, por lo que el impacto generado durante el transporte puede ser nulo.

### *Uso del material.*

Como se comentó anteriormente, la tierra debido a su carácter higroscópico regula de forma natural la humedad atmosférica del ambiente interior, absorbe los contaminantes, etc. por lo que durante su uso no presenta problemas para la salud.

### *Reciclaje y reutilización del material.*

Se trata de un material totalmente reciclable y reutilizable, siempre y cuando no esté mezclado con algunos productos industriales se puede integrar de nuevo en la naturaleza cerrando así el ciclo de vida.

De lo anterior, se concluye que la tierra es un material aconsejable en bioconstrucción. Tal y como se refleja en la tabla 3.15, cumple con la mayoría de los criterios o principios que un material debe cumplir, por lo que se evalúa positivamente.

Tabla.3.15. Evaluación bioconstructiva de la tierra. (Elaboración propia)

 Evaluación positiva.  Evaluación intermedia.  Evaluación negativa.  Evaluación neutra.	Tierra
Origen natural	
No tóxicos	
Baja radiactividad	
Aislamiento acústico	
Higroscopicidad	
Secado rápido	
Aislamiento e inercia térmica	
No alterar radiación natural	
Bajas emisiones generadas	
Procedencia regional o nacional	
Posibilidad de reciclaje y reutilización	

---

## CAPÍTULO 4. SISTEMAS BIOCONSTRUCTIVOS.

---



En el capítulo anterior se ha llevado a cabo el desarrollo y análisis de los materiales de construcción desde un enfoque bioconstructivo en el cual se ha resaltado aquellos que cumplen con la mayoría de los principios y aquellos que no, aunque cabe decir que en aquellos que se han evaluado de forma negativa se ha expuesto una serie de alternativas más sostenibles y saludables.

Partiendo de los materiales aptos y las alternativas a los materiales no aptos, en este capítulo se muestran los sistemas constructivos mediante la exposición de soluciones y alternativas a los sistemas constructivos convencionales, algunas de estas son tradicionales y otras más actuales.

Tabla 4.1 Sistemas constructivos.

(Elaboración propia)

<b>1. Sustentación del edificio</b>
1.1 Estudio geotécnico
1.2 Estudio geobiológico
<b>2. Sistema estructural</b>
2.1 Cimentación
2.2 Estructura portante
2.3 Estructura horizontal
<b>3. Sistema envolvente</b>
3.1 Fachada
3.2 Cubierta
3.3 Suelo
<b>4. Sistema de compartimentación</b>
<b>5. Sistema de acabados</b>
5.1 Fachada
5.2 Paredes
5.3 Techo
5.4 Cubierta
5.5 Solado
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>
6.1 Instalación eléctrica
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación
<b>7. Equipamiento</b>

Los apartados tratados en este capítulo se llevan a cabo de acuerdo con lo establecido en el CTE para el desarrollo de la memoria constructiva de un proyecto y quedan reflejados en la tabla 4.1.

En el apartado correspondiente a la sustentación del edificio además del estudio geotécnico se incluye el estudio geobiológico conforme los criterios bioconstructivos, así

como en el apartado de equipamientos que se enfoca desde una visión ergonómica, es decir, el mobiliario debe ser ergonómico.

---

#### 4.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO.

---

Antes de proceder con la construcción del edificio, se realiza el estudio geotécnico del terreno por el cual mediante ensayos y perforaciones se obtiene información relacionada con la composición y cualidades resistentes de los materiales del subsuelo con el objetivo de determinar la resistencia de este y definir la tipología de cimentación a proyectar.

El estudio geotécnico se realiza según el apartado 3 del DB-SE-C, con el contenido que se describe en el apartado 3.3 del mismo y este será visado por un colegio profesional (apartado 3.1.6). Las técnicas de prospección serán las señaladas en el anexo C del DB-SE-C.

El cálculo de la cimentación se realiza según el CTE (DB-SE-C, CTE-SE-AE) y la EHE-08 (estructuras de hormigón) considerando diferentes parámetros del terreno como la tensión admisible ( $N/mm^2$ ), nivel freático (m), peso específico ( $KN/m^3$ ), el ángulo de rozamiento interno ( $\gamma$ ), coeficiente de balasto ( $KN/m^3$ ), coeficiente de empuje en reposo ( $K'$ ), etc.

Para proyectar un edificio según los criterios de bioconstrucción, se realiza además un estudio geobiológico del terreno, que se basa en el estudio de radiaciones naturales y artificiales.

- Radiaciones naturales.

Son las alteraciones geofísicas (aguas subterráneas, fallas geológicas), redes geomagnéticas (líneas Hartmann, líneas Curry, etc.) y radiactividad terrestre definidas en el apartado 2.1.5. La detección de las alteraciones geofísicas y redes geomagnéticas se realiza mediante radiestesia que según la RAE se define como “Sensibilidad para captar ciertas radiaciones, utilizadas por los zahoríes para descubrir manantial subterráneo, venas metalíferas, etc.”, es decir, la sensibilidad a las radiaciones naturales percibidas por el cuerpo humano con el apoyo de las manos y herramientas radiestésicas como el péndulo, varillas, etc.

Al trabajar con aparatos radiestésicos, se trata de establecer códigos, por ejemplo, si el péndulo gira en dirección de las agujas del reloj se marca un sí y si cambia su oscilación y gira en dirección contraria a las agujas del reloj quiere decir que ha pasado por zona de aguas subterráneas, redes geomagnéticas, etc. por lo que se marca un no. En el caso de la varilla ocurre lo mismo, al andar con esta en forma de L en cada mano sin moverlas, estas tienden a moverse hacia dentro, a cerrar y cruzar cuando se pasa por una zona de aguas

subterráneas, redes geomagnéticas, etc., trazando los resultados mientras que cuando se pasa por zonas neutras tienden a abrirse hacia fuera y a expandir.<sup>78</sup>

Estos resultados se representan posteriormente sobre un plano con el fin de ubicar las futuras camas o espacios de trabajo en zonas neutras, etc.

Igualmente hay que tener en cuenta la radiactividad del terreno en el estudio geobiológico, en la figura 4.1 se muestra el mapa de radiación gamma natural en España elaborada por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y ENUSA.

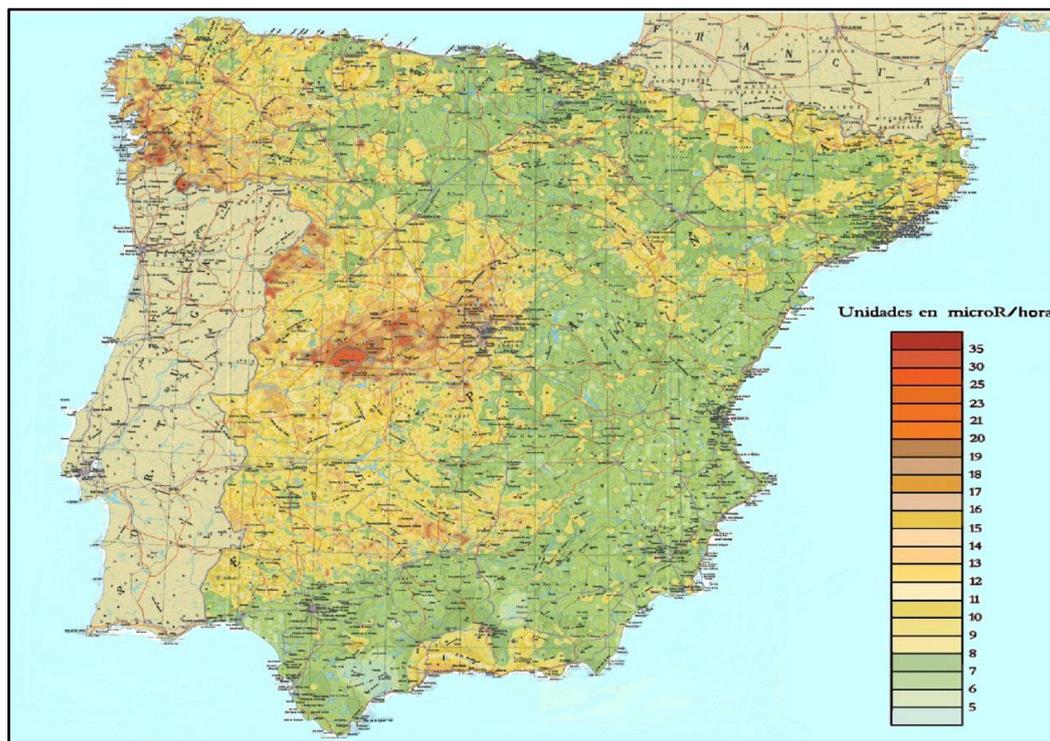


Figura 4.1. Mapa de radiación gamma natural en España (MARN).<sup>79</sup>

Este mapa muestra los valores medios de cada zona, pero también se realiza la medición con contador Geiger RADALERT para determinar el nivel de la radiactividad de las rocas y suelos del terreno donde se pretende asentar el edificio.

Se estudia también el potencial de radón de las zonas donde se proyecta el edificio, que según el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en el cual a partir de valores superiores a 300 Bq/m<sup>3</sup> se consideran significativos, pero según la SBM-2015, hay que establecer medidas para una concentración entre 60 y 200 Bq/m<sup>3</sup> ya que se considera fuertemente

<sup>78</sup> Terra Áurea. Instituto para la investigación y el desarrollo de la Conciencia [web en línea] [consulta:11/12/2018]. Disponible en: <https://terraaurea.com/geobiologia/herramientas-radiestescas/>

<sup>79</sup> CSN. Consejo de Seguridad Nuclear [web en línea] [consulta:11/12/2018]. Disponible en: <https://www.csn.es/mapa-de-radiacion-gamma-natural-en-espana-marna>

significativa teniendo que aplicar las medidas de protección necesarias mediante una adecuada ventilación, forjados sanitarios, etc.

- Radiaciones artificiales.

Son los campos electromagnéticos de alta y baja frecuencia definidos en el apartado 2.3.8, se miden con equipos de medición como por ejemplo el Kombi test para las radiaciones eléctricas y electromagnéticas, etc., los límites son los establecidos en la norma SBM-2015 estudiados en el apartado 1.5.4. como no es posible incidir en las fuentes contaminantes alrededor del sitio donde se ubica el edificio se intenta reducir la radiación mediante elementos apantallantes como pinturas, tejidos especiales, etc.

---

## 4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL.

---

El sistema estructural es el esqueleto del edificio, compuesto por la cimentación, estructura portante definida por vigas y pilares, entramados o muros y estructura horizontal definida por forjados. Actualmente en la mayoría de los casos tanto la cimentación, estructura portante como estructura horizontal se realizan con hormigón armado. En bioconstrucción se recomienda sustituir el hormigón convencional por el uso de hormigón con áridos reciclados, biohormigón, hormigón reforzado con fibras de vidrio, carbono, poliméricas, etc. que pueden tener una función estructural o no. Y en cuanto al armado de este (acero) se puede minimizar su uso mediante fibras estructurales en el hormigón y conviene sustituir el acero por acero inoxidable, bambú, etc.

Otra opción que se considera óptima en bioconstrucción es el uso de muros portantes, que según el material pueden ser de piedra, hormigón celular, fábrica de ladrillo de arcilla cocida, troncos de madera, bambú, balas de paja o tierra. Así como el empleo de entramados de madera.

### 4.2.1 Cimentación.

#### 4.2.1.1 Definición.

La cimentación es el sistema estructural situado bajo la cota del terreno que transmite las cargas que recibe del edificio, afianzándola al estrato resistente. Actúa como elemento de transición y enlace entre dos medios diferentes. Los cimientos transmiten al terreno las cargas verticales (gravitatorias) y horizontales (viento) por lo que la elección y diseño de la cimentación depende de la naturaleza del terreno (estudio geotécnico), la magnitud de las cargas a soportar, el sistema portante adoptado, etc. (Ferrándiz Araujo, 2006, p.63).

#### **4.2.1.2 Clasificación.**

Las cimentaciones se clasifican en directas o superficiales y profundas. Las primeras se utilizan cuando el estrato resistente es a poca profundidad, normalmente a menos de 3 o 4 metros bajo rasante y son las zapatas (aislada, combinada, de zanja corrida) y losas. Las segundas se emplean cuando el estrato resistente se encuentra más profundo, por encima de 6 m, y son los pilotes. Si el firme se encuentra a una profundidad entre 4 y 6 metros se denominan semiprofundas y corresponden a los pozos de cimentación (Ferrándiz Araujo, 2006, p.64).

#### **4.2.1.3 Normativa de aplicación.**

Las cimentaciones han de cumplir con lo establecido en el CTE en los Documentos Básicos DB-SE, DB-SE-AE, DB-SE-C, y NCSE-02 y EHE-08.

#### **4.2.1.4 Sistemas bioconstructivos.**

El tipo de cimentación adoptada depende del sistema estructural elegido. Si es a base de vigas y pilares, esta puede ser aislada, centrada, etc. Si es un muro portante la cimentación sería zapata corrida (a veces el propio muro arranca desde cimentación). Y si se trata de un entramado de madera o bambú, la cimentación sería a base de postes del mismo material. Por lo que se pueden encontrar las siguientes soluciones:

##### *Pétreos.*

Las cimentaciones de piedra son usadas desde la antigüedad y son una buena alternativa en bioconstrucción válidas para todo tipo de climas y lugares siempre y cuando las piedras estén cerca del lugar de la construcción evitando así los costes energéticos de transporte.

En la figura 4.2, se muestra una solución tradicional de zapata corrida bajo muro de piedra con mortero de cemento o tierra con un canto mínimo de 40 cm. Normalmente poseen buena estabilidad, así como resistencia a la lluvia y huracanes, pero presenta la desventaja que en zonas sísmicas no son resistentes por lo que estas se deben reforzar adecuadamente con acero inoxidable y se requiere mano de obra especializada y mayor tiempo de ejecución. (El papel embreado corresponde a la lámina impermeable).

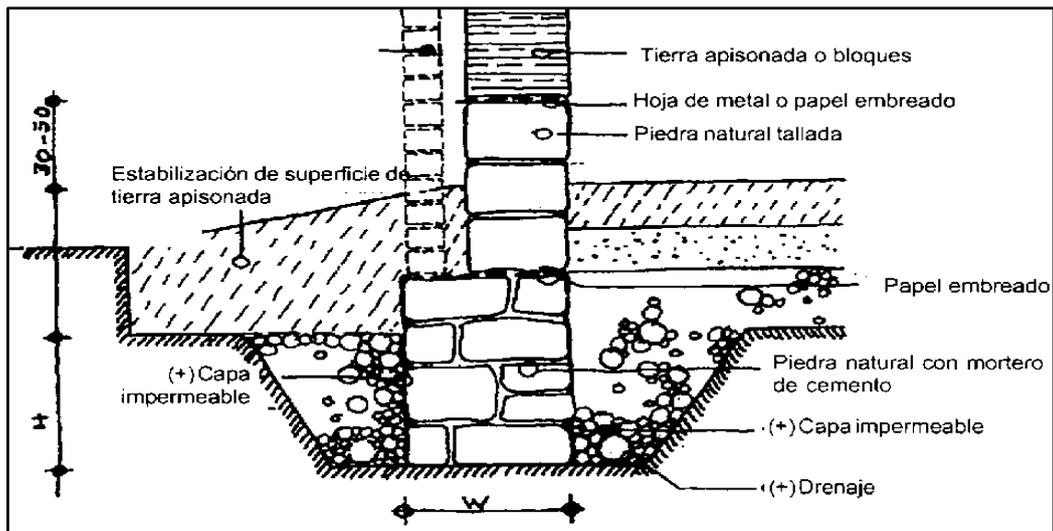


Figura 4.2. Zapata corrida de piedra natural.

(Stulz y Mukerji, 1993)

#### *Cerámicos.*

- Hormigón.

El hormigón en cimentación puede ser armado o sin armar.

Como se ha comentado anteriormente existen alternativas al hormigón convencional como el hormigón con áridos reciclados, biohormigón en el cual se sustituye el cemento por cal hidráulica natural, hormigón ciclópeo, etc. En la figura 4.3, se refleja una cimentación con hormigón ciclópeo. Se trata de una solución que cayó en desuso consistente en minimizar el hormigón mediante el uso de piedras de tamaño mediano. Las piedras se añaden a medida que se hormigona para obtener la homogenización de conjunto. Se usa solo cuando el terreno es muy resistente y se transmiten pocas cargas a la cimentación.<sup>80</sup>

<sup>80</sup> Construmática: Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción [web en línea] [ consulta: 13/07/2018]. Disponible en: [https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n\\_Cicl%C3%B3peo](https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n_Cicl%C3%B3peo)

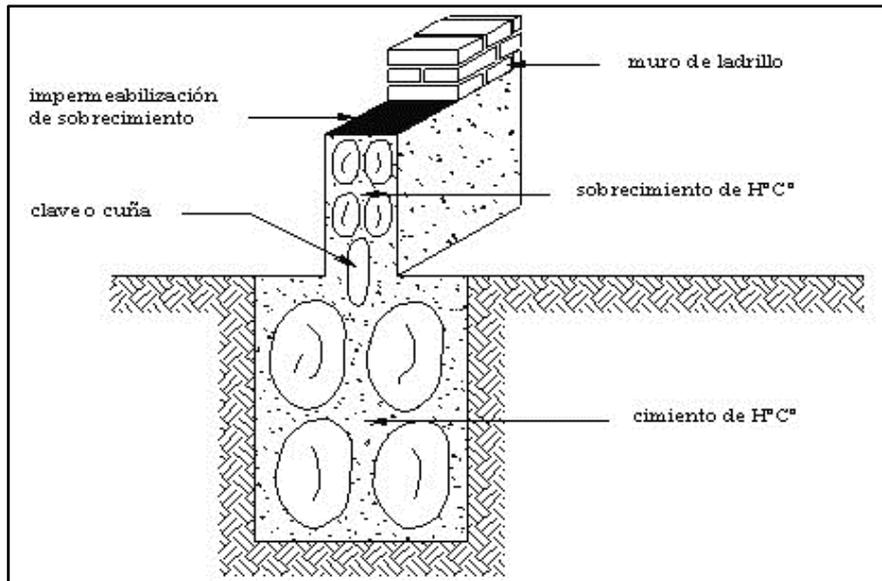


Figura 4.3. Cimentación con hormigón ciclópeo.<sup>81</sup>

Como armado se sustituye el acero por acero inoxidable en varilla corrugada, bambú, fibras de vidrio AR, mallas tipo murford o fibras tipo dramix, mallas sintéticas como el polipropileno tipo Sikafiber, etc.

Como se muestra en la figura 4.4, se puede reemplazar el acero por cañas de bambú en la ejecución de una losa de cimentación. Estas están abiertas longitudinalmente para asegurar la perfecta adherencia con el mortero.



Figura 4.4. Armado con bambú.<sup>82</sup>

<sup>81</sup> Cueva Del Ingeniero Civil [web en línea] [consulta: 14/06/2018]. Disponible en: <https://www.cuevadelcivil.com/2015/10/sobrecimientos-de-hormigon-ciclopo-h-c.html>

<sup>82</sup> Bambusa Estudio: diseño e instalaciones de estructuras de Bambú [web en línea] [ consulta: 06/02/2018]. Disponible en: <https://bambusa.es/>

- Arcilla cocida.

En el caso de cimentación a base de fábricas de ladrillo, es igual que la cimentación con piedra, pero a diferencia de la piedra los ladrillos no son aconsejables en climas húmedos ya que la humedad afecta a estos.

Como se refleja en la figura 4.5, el muro arranca desde la cimentación y debajo de esta hay que colocar una capa de arena apisonada para distribuir la presión. Es importante aplicar un enlucido, así como impermeabilizante cuando este se seque ya que es primordial controlar la humedad del suelo.

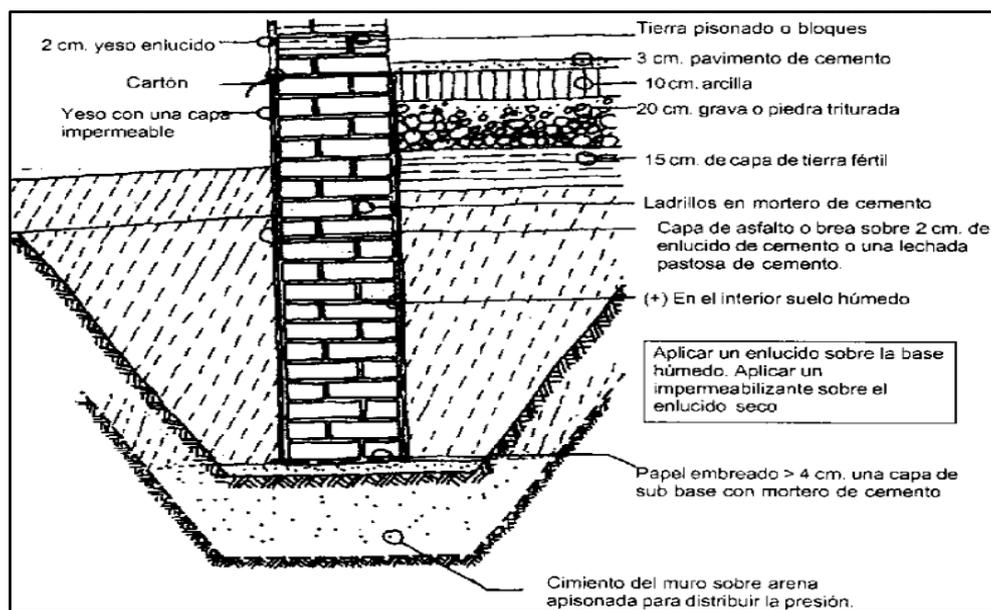


Figura 4.5. Cimentación de fábrica de ladrillo.

(Stulz y Mukerji, 1993)

#### *Materiales naturales.*

- Madera.

Para las estructuras de madera con entramado ligero, la cimentación se realiza con postes del mismo material, los cuales deben de ser tratados para evitar el ataque de los agentes biológicos como los insectos, hongos, etc. Como la fábrica de ladrillos de arcilla cocida, la humedad afecta la madera por lo que es aconsejable su uso en climas secos.

Los postes pueden estar clavados, perforados en el terreno o embebidos en zapatas de hormigón.

La madera también se puede usar en cimentaciones profundas en forma de pilotes como se muestra en la figura 4.6, deben llevar un tratamiento para su protección como las sales de bórax o linaza. Como es lógico es conveniente usar maderas muy resinosas y resistentes a la humedad.

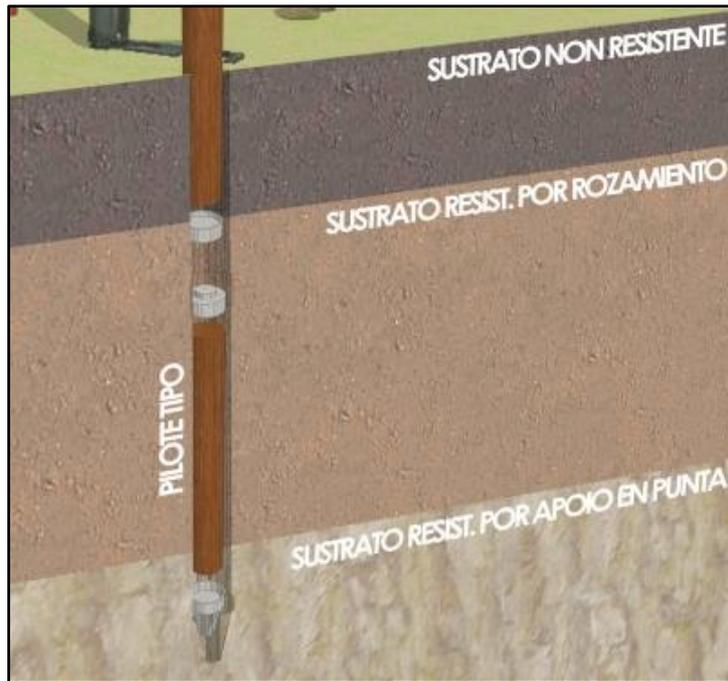


Figura 4.6. Cimentación con pilotes de madera.<sup>83</sup>

- Bambú.

La cimentación con bambú es más común en las zonas tropicales donde las cañas se rellenan con fibras de coco, tiene buena resistencia frente a sismos y huracanes. Como la madera es posible el uso de pilotes de bambú en cimentación profunda, siguiendo las mismas especificaciones que para la madera.

- Tierra.

La cimentación con tierra apisonada es igual que la cimentación superficial con piedra y con fábrica de ladrillo de arcilla cocida, ya que el muro de tierra apisonada empieza desde la cimentación tal y como se muestra en la figura 4.7. Debido a que la humedad afecta la tierra, el empleo de este tipo de cimentación es solo posible en climas muy secos con un adecuado drenaje del terreno y protección frente a la humedad.

---

<sup>83</sup> Iglesias Veiga Arquitectos [web en línea] [consulta: 22/04/2019]. Disponible en: <https://www.iglesiasveiga.es/704/>

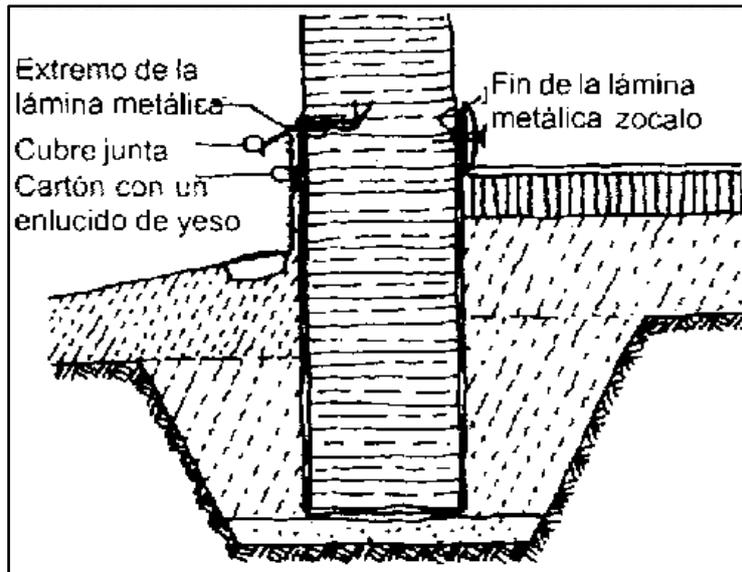


Figura 4.7. Arranque de muro de tierra apisonada desde la cimentación.

(Stulz y Mukerji, 1993)

En cuanto a las losas de cimentaciones se aplican las soluciones descritas anteriormente.

## 4.2.2 Estructura portante.

### 4.2.2.1 Definición.

Son los elementos estructurales que además de soportar el peso propio, soportan las demás acciones que actúan sobre el edificio y las transmiten a la cimentación.

### 4.2.2.2 Clasificación.

Tal y como se comentó anteriormente, la estructura portante está constituida por pórticos (vigas y pilares), muros estructurales que según su composición pueden ser de una o varias hojas y constituyen a su vez el sistema envolvente y entramados estructurales.

### 4.2.2.3 Normativa de aplicación.

En la estructura portante se tiene en cuenta la resistencia estructural de todos los elementos que componen el sistema (la capacidad portante y la estabilidad global de todo el edificio y sus componentes) y las condiciones de servicio (deformaciones, vibraciones, durabilidad y funcionalidad).

Al igual que en cimentaciones las bases de cálculo, así como el cumplimiento de las exigencias se hacen de acuerdo con CTE-DB-SE (SE-F en el caso de muros de fábrica), (SE-M en el caso de estructuras de madera), (SE-A en el caso de estructuras de acero),

DB-SI. Si esta se concibe también como sistema envolvente hay que cumplir con lo establecido en el DB-HS, DB-HR, DB-HE del CTE, NCSE-02 y EHE-08 (hormigón estructural).

#### 4.2.2.4 Sistemas bioconstructivos.

En función del material empleado se encuentran las siguientes soluciones:

##### *Pétreos.*

Los muros de piedra pueden ser de una hoja, ejecutados con mampostería ordinaria irregular a dos caras colocados con mortero de cal o tierra. El espesor tiene que ser mayor para cumplir con las prestaciones térmicas exigidas por el CTE, por lo que este puede llegar hasta 50 cm. De modo que la solución más ideal es ejecutar el muro de piedra de menor espesor e incorporar más hojas tal y como se muestra en el ejemplo de la figura 4.8, consistente en muro de piedra de 45 cm de espesor por el exterior (4) al que se le añade aislamiento de fibra de madera y cáñamo de 2 cm de espesor (3) y ladrillo hueco de 7 cm de espesor (2), acabado con enlucido de yeso y pintura natural por el interior (1).

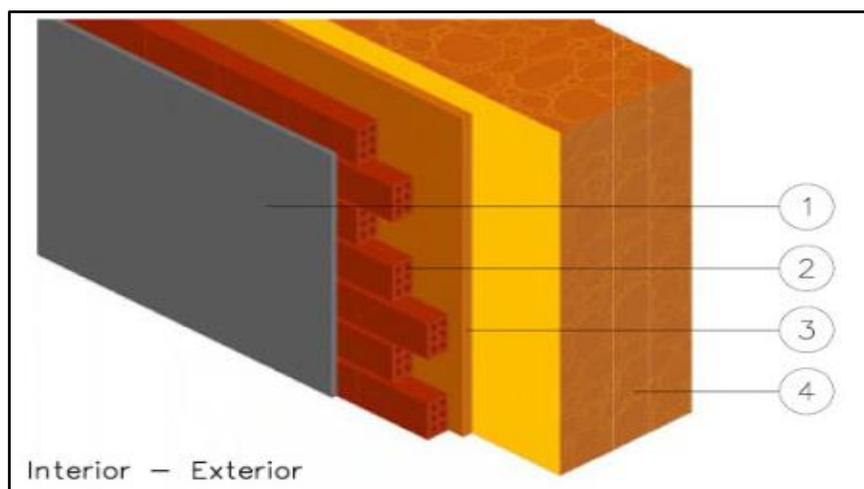


Figura 4.8. Muro de piedra de varias hojas.

(Martínez Martínez, 2015, p.153)

En la figura 4.9, se muestra un muro de piedra con trasdosado interior, la hoja principal exterior es de fábrica de granito de piezas escuadradas (perpiaño) de 24 cm de espesor (1), con cámara de aire ligeramente ventilada de 5 cm de espesor (2), aislamiento de lana de oveja de 8 cm de espesor entre listones de madera con intereje de 55 cm y listones de 5 cm de alto (3) y placa de cartón yeso de 1,5 cm de espesor (4). Este muro posee un coeficiente de transmitancia térmica  $U$  de  $0,51 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , Capacidad de acumulación de calor de  $410,41 \text{ KJ/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , aislamiento acústico de  $57,08 \text{ dBA}$ , demanda de energía de  $352,50 \text{ MJ/m}^2$  y emisión de  $\text{CO}_2$  de  $18,50 \text{ kg/m}^2$ .

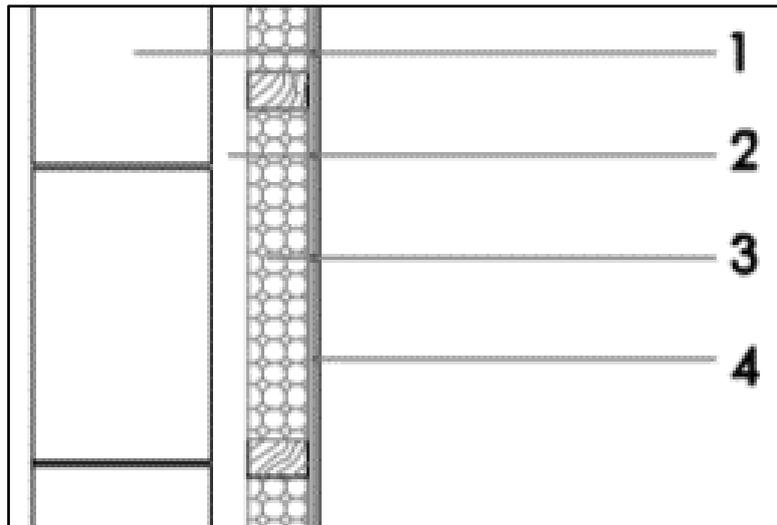


Figura 4.9. Muro de piedra con trasdosado interior.<sup>84</sup>

#### *Cerámicos.*

- Hormigón.

Entre las fábricas de bloques de hormigón prefabricados alternativos a las de hormigón convencional, se encuentra los bloques de hormigón celular como se muestra en la figura 4.10, curados en autoclave y posteriormente estabilizados en fábrica. Están compuestos por arena de sílice, cal, cemento y agua. En España se comercializa bajo el nombre de Ytong y se caracteriza por ser más ligero con buena masa térmica y aislamiento térmico ya que la conductividad térmica  $\lambda$  varía entre 0,09 y 0,145 W/mK en función de la densidad. Un bloque de 17,5 cm de espesor posee una resistencia al fuego REI 120, resistencia a compresión de 4 N/mm<sup>2</sup> (para una densidad de 500 kg/m<sup>3</sup>) y aislamiento acústico  $R_A$  entre 41 y 48 dBA (bloques a partir de 20 cm de espesor).

Un muro de carga de una sola hoja de hormigón celular con espesor total de 26,5 cm posee una transmitancia térmica  $U= 0,33$  W/m<sup>2</sup>K y aislamiento acústico  $R_A= 43$  dBA

<sup>84</sup> Espiga: Asociación Gallega para Bioconstrucción [web en línea] [consulta: 11/05/2018]. Disponible en: <http://espigabioconstrucion.org/>

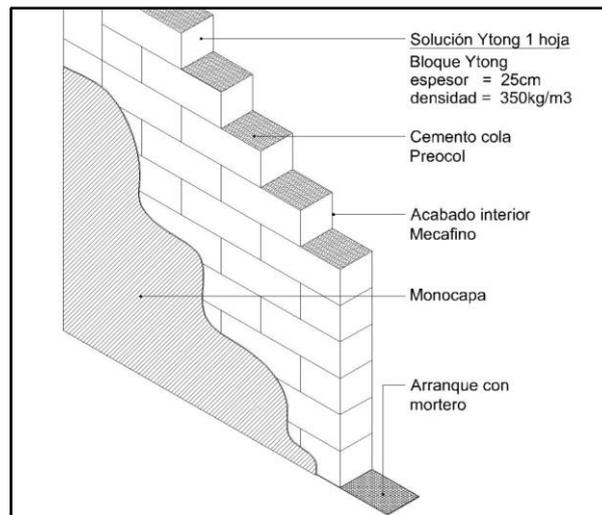


Figura 4.10. Muro de carga Ytong.<sup>85</sup>

Además de los muros de fábrica de bloques de hormigón celular, están los de bloques prefabricados de hormigón aligerado con arcilla expandida que en España se comercializan bajo el nombre de Arliblock. En la figura 4.11, se muestra un muro de carga con bloque de Arliblock de 35 cm de espesor (1) revestido por el exterior con revestimiento mineral de altas prestaciones tipo weber.therm clima de 1,5 cm de espesor (2) con una malla de fibra de vidrio para el refuerzo (3) y enlucido de yeso para proyectar aligerado tipo Placo de 1 cm de espesor por el exterior. El muro tiene un espesor total de 38 cm de espesor, transmitancia térmica  $U=0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ , aislamiento acústico  $R_A= 58 \text{ dBA}$  y resistencia al fuego REI 240.

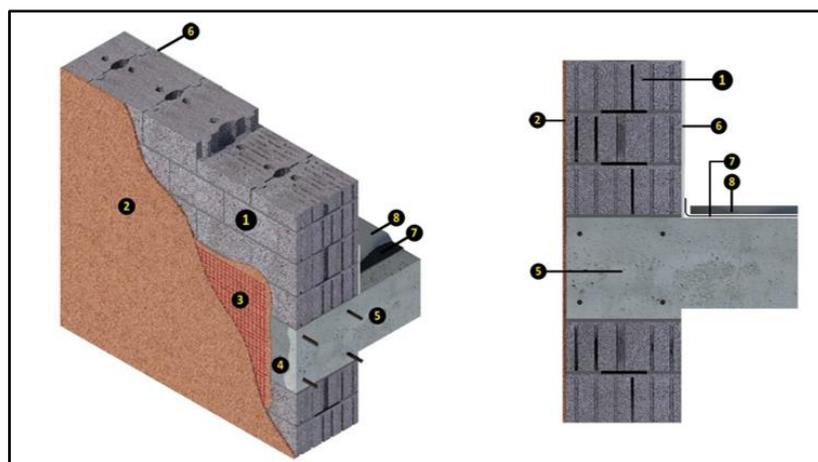


Figura 4.11. Muro de carga de Arliblock.<sup>86</sup>

<sup>85</sup> hormigón celular YTONG [web en línea] [consulta:07/02/2018]. Disponible en: <https://www.ytong.es/>

<sup>86</sup> Arliblock [web en línea] [consulta:16/07/2018]. Disponible en: <http://www.arliblock.es/soluciones/6122-cerramiento-arliblock-macizo-35>

- Arcilla cocida.

Como sustitución de los muros de fábrica de ladrillo convencional, está la alternativa de los bloques de arcilla aligerada. Tal y como su nombre indica se trata de arcilla aligerada de baja densidad que facilita el ahorro energético mediante sus buenas prestaciones térmicas y acústicas en comparación con los ladrillos convencionales. En España estos se comercializan bajo el nombre de Termoarcilla.<sup>87</sup>

Tal y como se refleja en la figura 4.12, un muro de termoarcilla de una sola hoja de 29 cm de espesor tipo ECO 3 ejecutado con mortero aislante, revestido por el exterior con mortero de cal de 1,5 cm de espesor y por el interior con enlucido de yeso de 1,5 cm de espesor. El muro tiene un espesor total de 32 cm, una transmitancia térmica de 0,508 W/m<sup>2</sup>K, aislamiento acústico R<sub>A</sub>=56,98 dBA, resistencia al fuego REI 240 y resistencia a compresión de 12,5 N/mm<sup>2</sup>.<sup>88</sup>

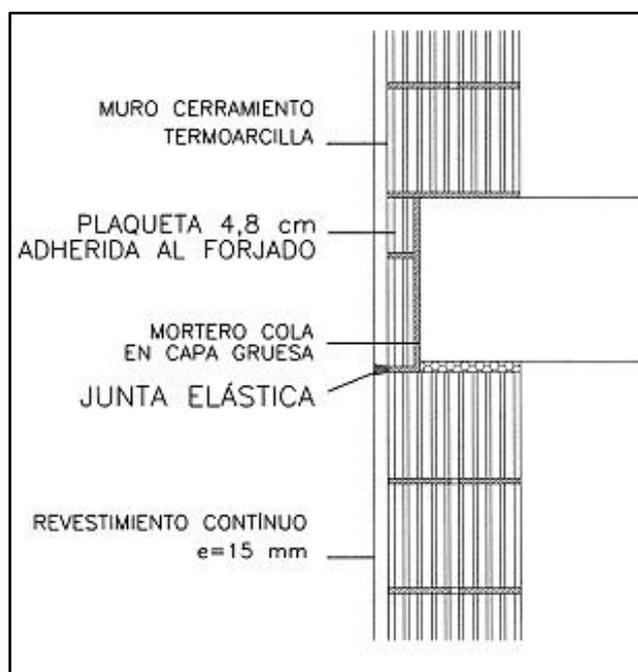


Figura 4.12. Muro de carga de termoarcilla.<sup>89</sup>

A diferencia de la figura anterior, en la figura 4.13, se refleja a la izquierda un cerramiento compuesto por muro estructural de termoarcilla de 14 cm de espesor con aislamiento y ladrillo cerámico hueco de 11 cm y como acabado interior enlucido de yeso

<sup>87</sup> Termoarcilla [web en línea] [consulta: 07/02/2018]. Disponible en: <http://www.termoarcilla.com/>

<sup>88</sup> Cerámica LA Coma [web en línea] [consulta: 23/08/2018]. Disponible en: <https://termoarcilla.lacoma.com/caracteristicas-ladrillo-termoarcilla/>

<sup>89</sup> Hispalyt: Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida [web en línea] [consulta: 13/08/2018]. Disponible en: <http://www.hispalyt.es/cd%20rom%20Colocacion/html/unidad6/medio6.htm>

y por el exterior un panelado de robinia. Y a la derecha se muestra un cerramiento igual que el anterior que tiene como acabado exterior un enfoscado de mortero de cal.

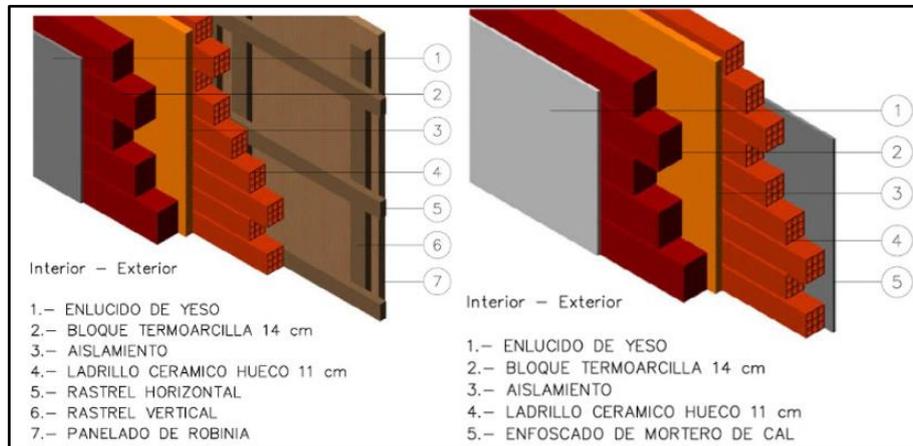


Figura 4.13. Sistemas de cerramientos.

(Martínez Martínez, 2015, p.153)

*Materiales naturales.*

- Madera.

Existen diferentes sistemas constructivos de madera estructural como los muros portantes de troncos de madera como se muestra en la figura 4.14. Desde el punto de vista estructural se asemejan a los muros de mampostería, los troncos de madera se colocan horizontalmente actuando como cerramiento y acabado al mismo tiempo. Hay que tener en cuenta que su capacidad térmica es inferior a la exigida por lo que se tiene recurrir a la utilización de espesores menores con aislamiento térmico añadido (Martínez Martínez, 2015, p.85).

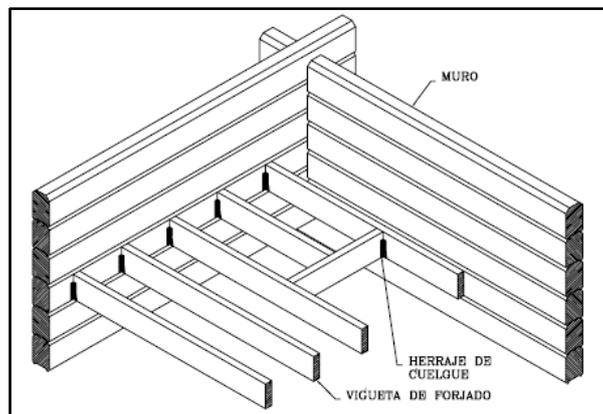


Figura 4.14. Muro de troncos de madera.

(Peraza Sánchez *et al.*, 1995, p.48)

Otro sistema es el denominado entramado, que puede ser ligero o pesado. Como se muestra en la figura 4.15, el esquema de entramado ligero de madera actúa como elemento estructural y de soporte de los materiales de acabado. Se trata de un conjunto de piezas verticales que reciben el nombre de montantes, horizontales llamadas travesaños (testeros superior e inferior, y dinteles), e inclinadas denominadas riostras, entre ellos se dispone de relleno.

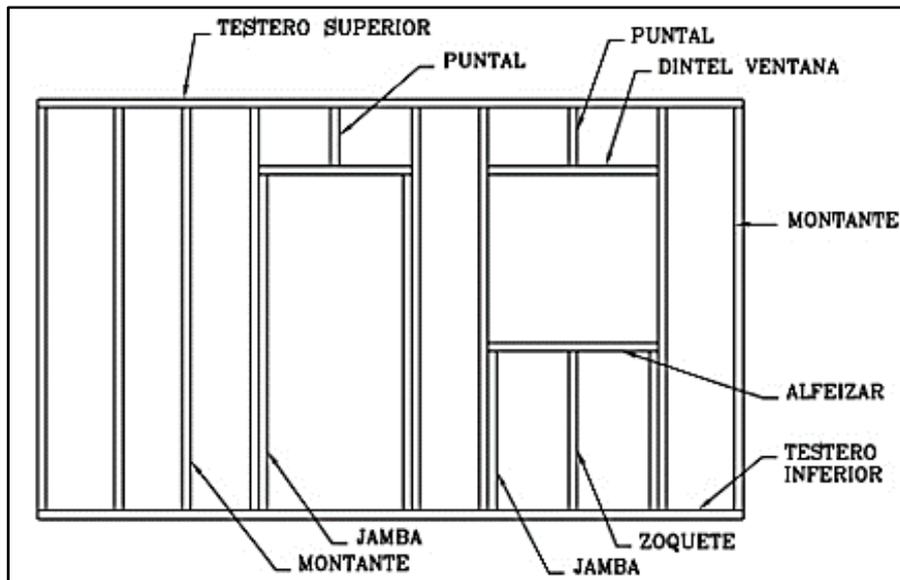


Figura 4.15. Estructura de un entramado ligero de madera.

(Peraza Sánchez *et al.*, 1995, p.116)

El relleno puede ser de balas de paja que actúan como aislamiento térmico y sistema envolvente. Se trata una técnica constructiva que se engloba dentro de construcción con balas de baja que se denomina estructura con postes y viga, debido que en este caso la madera tiene la función estructural, pues se encuadra en este contexto.

En la figura 4.16, se refleja el sistema mencionado anteriormente, pero en este caso se trata de panel modular aligerado con paja y tierra comercializado bajo el nombre de Swallow Brick.



Figura 4.16. Panel modular aligerado de tierra y paja Swallow Brick.<sup>90</sup>

Además de los muros portantes de troncos y los sistemas de entramado ligeros, se encuentran los sistemas estructurales de panelado. Se trata de varias láminas de madera superpuestas, cruzadas y encoladas, que configuran un paño estructural, pero debido a su escaso espesor, necesitan de aislamiento térmico añadido ya que no cumplen con la exigencia térmica. En la figura 4.17, se muestran dos soluciones constructivas de panelado de madera. A la izquierda se refleja un cerramiento donde el aislamiento térmico se sitúa por el exterior (sistema SATE), formado por placa de cartón yeso como acabado interior, panel de madera contralaminada, sistema SATE compuesto por aislamiento térmico natural de unos 12 cm de espesor de fibra de madera y acabado exterior de varias capas de mortero de cal. A la derecha, se refleja otra solución donde el aislamiento se sitúa por el interior, formado por placa de cartón yeso como acabado interior, panel de madera contralaminada, aislamiento térmico natural de unos 12 cm de espesor entre rastreles de madera, lámina paraviento impermeable protectora del aislamiento, segundo rastrel de soporte del acabado de madera formando cámara ventilada.

---

<sup>90</sup> Swallow Brick [web en línea] [consulta: 23/11/2018]. Disponible en: <https://www.swallowbrick.com/panel/>



Figura 4.17. Sistemas de cerramientos.

(Martínez Martínez, 2015, p.152)

En la figura 4.18, se muestra un cerramiento compuesto por tablero de madera contralaminada de 10 cm de espesor (capa 3) aislada exteriormente con corcho natural de 10 cm de espesor (capa 2) revestida con mortero de cal de 1,5 cm de espesor por el exterior (capa 1), e reforzado por el interior con panel de cartón yeso de 1,3 cm de espesor sobre armazón de madera de 3x3 (capa 5) creando una cámara de aire de 3cm de espesor. El cerramiento posee una transmitancia térmica U de  $0,31\text{W/m}^2\text{°C}$ , capacidad de acumulación de calor  $178,96\text{ KJ/m}^2\text{°C}$ , aislamiento acústico de  $40,04\text{ dBA}$ , demanda de energía de  $690,74\text{ MJ/m}^2$  y emisión de  $\text{CO}_2$  de  $-70,74\text{ kg/m}^2$ .

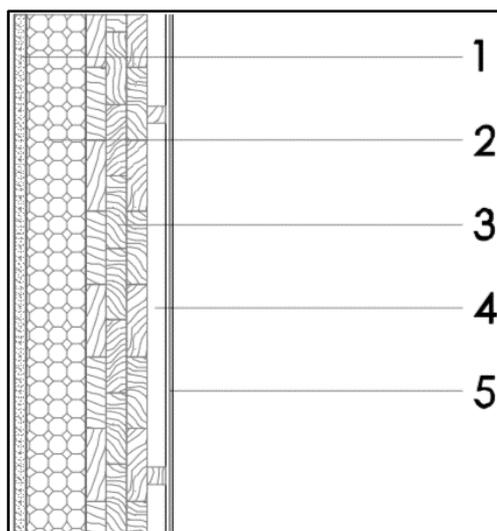


Figura 4.18. Cerramiento de varias capas.<sup>91</sup>

<sup>91</sup> Espiga: Asociación Gallega para Bioconstrucción [web en línea] [consulta: 11/05/2018]. Disponible en: <http://espigabioconstrucion.org/>

- Bambú.

Las soluciones de estructura portante de bambú son similares a los de la madera, por lo que se comentan aquellas que presentan especial interés como los entramados de pared bahareque. Se trata de un sistema propio de América del sur, los elementos verticales de bambú de 10 cm de diámetro son colocados a 30 a 40 cm de distancia, una vez fijados se recubren tanto en el interior como el exterior con tableros de estrilla colocados horizontalmente con el lado liso hacia dentro. Como acabado se aplican dos capas de mortero de tierra y boñiga (estiércol de vaca) (Hidalgo López, 1981, p.29).

En la figura 4.19, se muestra la estructura portante de bahareque según las especificaciones de la norma peruana E. 100.

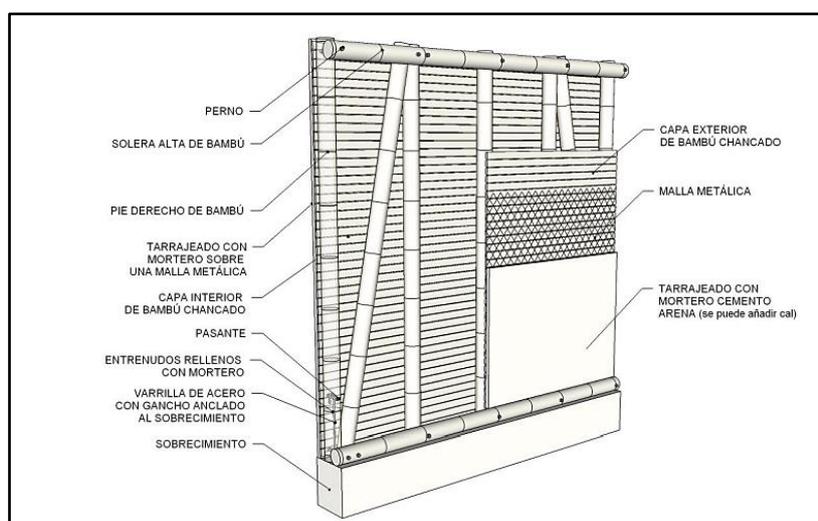


Figura 4.19. Entramado estructural de pared bahareque.

(Morán Ubidia, 2015, p.56)

Una técnica similar a los muros de bahareque son los muros de barro embutido, en los que en lugar de los tableros de estrilla se emplean latas de bambú de 4 cm de ancho clavadas horizontalmente sobre los pilares con el lado externo hacia dentro y con una separación de 8 cm. Una vez se rellena el muro se deja secar durante un mes y se aplican dos capas de pañete de tierra y boñiga tal y como se muestra en la figura 4.20.

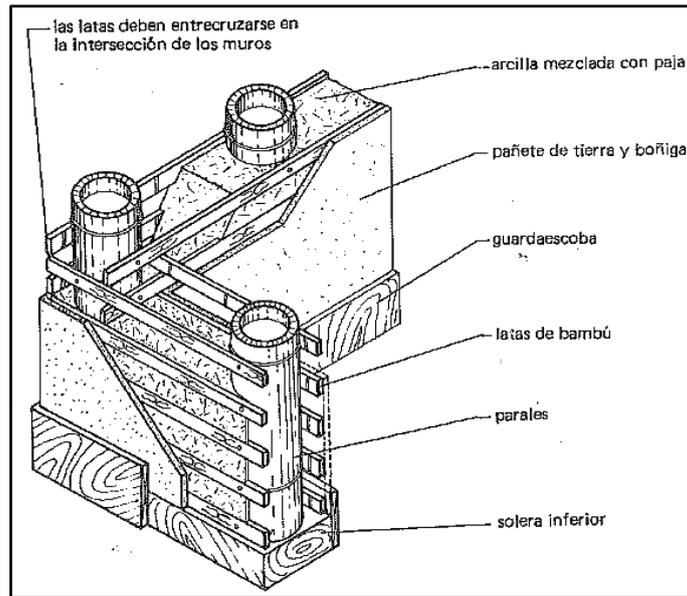


Figura 4.20. Muro de barro embutido.

(Hidalgo López, 1981, p.30)

Un sistema que permite obtener muros delgados y resistentes, así como dejar a la vista los marcos de bambú formados por pilares y vigas como se muestra en la figura 4.21, donde se muestran dos métodos para la construcción de muros de quincha. En el primer método (A) las latas se entretrejen verticalmente entre soportes horizontales de bambú fijados previamente al pilar con una separación uniforme que puede variar entre 50 y 70 cm. En el segundo método (B), las latas de bambú se entretrejen horizontalmente entre soportes verticales fijados previamente a la viga inferior y superior, a una distancia igual a la indicada en el primer método. Para el revestimiento de los muros se emplea de 2 a 3 capas de mortero de tierra.

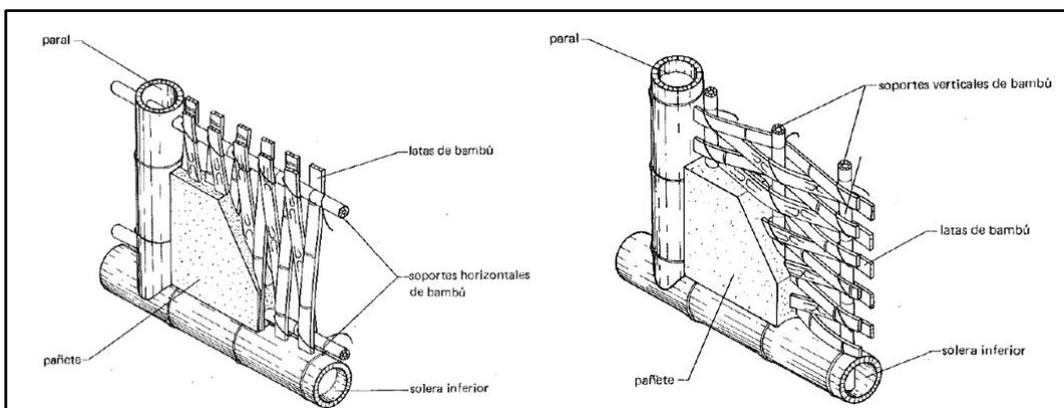


Figura 4.21. Muro de quincha: método A (Izquierda) y método B (derecha).

(Hidalgo López, 1981, p.31)

En la figura 4.22, se muestra el método B, descrito anteriormente, pero con entramado de madera en lugar de bambú.



Figura 4.22. Muro de quincha.

(Minke, 2012, p.59)

La figura 4.23, muestra una solución desarrollada por Grenot Minke con bastones apilados. Se cortó un tercio de la sección de cada caña para evitar que la lluvia llegara al interior.



Figura 4.23. Muro con bastones apilados.

(Minke, 2012, p.59)

- Bala de paja.

Anteriormente en el punto relativo a los sistemas constructivos de madera estructural, se ha resaltado el papel de las balas de paja como aislamiento térmico. En este caso y tal como se muestra en la figura 4.24, la paja además de actuar como cerramiento y aislamiento térmico tiene una función estructural. Como no existe ningún marco estructural, esta técnica constructiva recibe el nombre de muro Nebraska, autoportante o estilo Nebraska.

La densidad ideal de una bala de paja para uso en muro de carga debe ser mayor a  $90 \text{ kg/m}^3$ , preferible tener balas de  $110 \text{ kg/m}^3$  para arriba. Para calcular la densidad de las balas en  $\text{kg/m}^3$  hay que dividir el peso de las balas en kg por los metros cúbicos de la bala (largo x ancho x alto) (Nitzkin y Termens, 2010, p.41).

Los elementos que definen esta técnica que son el zuncho cajón superior de madera OSB (1a), los travesaños de madera maciza (1b), rellenos de paja (1c), preparación para montante (1d), montante (2), premarco para carpintería (3), balas de paja (4), eslinga de compresión (5), correa de amarre (6), marco inferior (7), sobrecimiento (8). En primer lugar, se colocan los premarcos de las ventanas en los montantes, luego se procede con la colocación de las balas de paja y se encastra el marco inferior con el montante, y, por último, se comprime el muro.

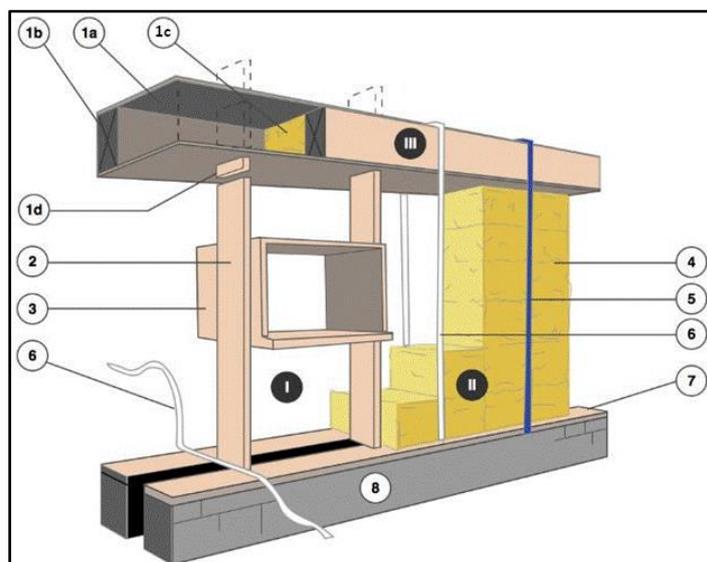


Figura 4.24. Sistema Nebraska.<sup>92</sup>

En la figura 4.25 se muestra un muro portante de bala de paja (2) de 45 cm de espesor revestido con mortero de cal aérea de 3 cm de espesor en la cara exterior (1) y barro en la cara interior de 4 cm de espesor (3). El muro tiene un coeficiente de transmisión técnica U de  $0,10 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$ , capacidad de acumulación de calor de  $77,64 \text{ KJ/m}^2 \text{ °C}$ , aislamiento

<sup>92</sup> Centre National de la construction paille [web en línea] [consulta: 28/06/2018]. Disponible en: <http://cncp-feuillette.fr/construire-en-paille/>

acústico de 41,92 dBA demanda de energía de 139,16 MJ/m<sup>2</sup> y emisiones de CO<sub>2</sub> de - 54,06 kg/m<sup>2</sup>.

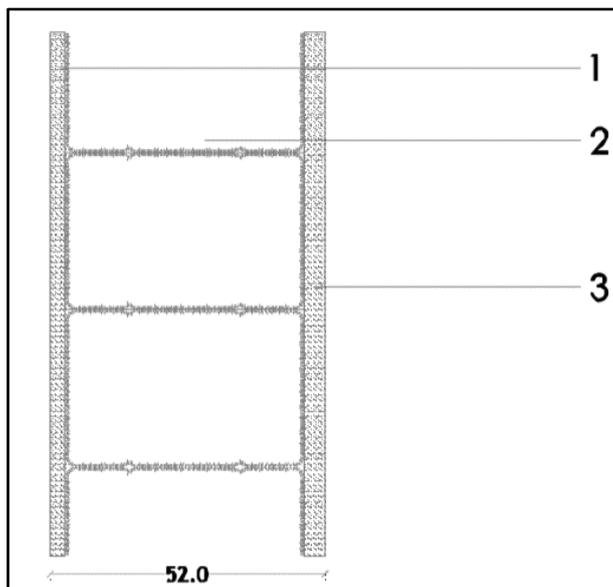


Figura 4.25. Muro estilo Nebraska.<sup>93</sup>

- Tierra.

Entre los sistemas constructivos con tierra se encuentran los muros de tierra apisonada o técnica del tapial (Martinez Martínez, 2015, pp.94-95). Como se observa en la figura 4.26, esta técnica consiste en construir muros monolíticos mediante la colocación de dos tablones de madera (encofrado) donde se vierte la tierra en tongadas de 10 o 15 cm y se compacta mediante apisonado con el “pisón”. Posteriormente se traslada el encofrado a la posición contigua para continuar. La composición de tierra adecuada es la que contiene de 0-15% grava, entre 40% y 50% de arena, del 20-35% de limos y entre un 15% y un 20% de arcilla.<sup>94</sup>

<sup>93</sup> Espiga: Asociación Gallega para Bioconstrucción [web en línea] [consulta: 11/05/2018]. Disponible en: <http://espigabioconstrucion.org/>

<sup>94</sup> Es muy importante controlar el exceso de agua para evitar posibles hinchazones o fisuras por retracción en el muro a la hora de secarse, además el muro debe apoyarse sobre un murete o zócalo por encima del nivel del terreno siendo este último resistente a la humedad y estar apoyado a su vez sobre la cimentación.

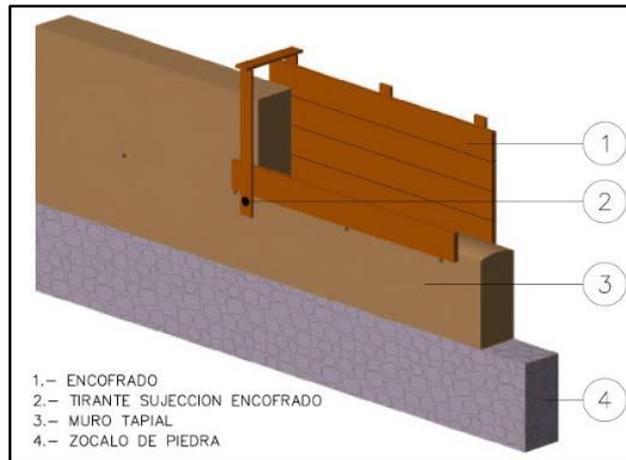


Figura 4.26. Muro de tierra apisonada.

(Martinez Martínez, 2015, p.95)

Actualmente se han tecnificado los métodos de encofrado, vertido y apisonado con respecto a los tradicionales. Aunque cabe decir que se siguen utilizando igualmente los tradicionales.<sup>95</sup>

En la figura 4.27, se muestra un tipo de encofrado industrial de tableros de madera con un conjunto de correas horizontales y verticales que se encuentran conectadas mediante varillas y tuercas. Los paneles se montan verticalmente al mismo tiempo que se apisonan las tierras, desmontándose los situados en las hiladas inferiores ya compactadas.



Figura 4.27. Muro de tapial con encofrado industrial.

(Font y Hidalgo, 2011, p.27)

<sup>95</sup> Empleo de encofrados industriales, disposición de máquina cargadora polifuncional que eleva la tierra hasta la orilla del encofrado con el objetivo de que los propios trabajadores viertan la tierra según su ritmo de trabajo, apisonados mecánicos y eléctricos, etc.

Al igual que los muros de piedra, un espesor menor de muro de tierra no alcanza las exigencias térmicas. Por ejemplo, un muro de tapial de 30 cm de espesor tiene una transmitancia térmica  $U=1,9-2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , por lo tanto, se debe aumentar el espesor del muro o disponer de aislamiento térmico adicional según se muestra en la figura 4.28. En ella se reflejan dos secciones horizontales de muro portante de tierra con transmitancia térmica  $U=0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , diseñados además para obtener mayor masa térmica, suficiente tierra para equilibrar la humedad del aire interior, así como suficiente aislamiento acústico (Minke, 2005, p.71).

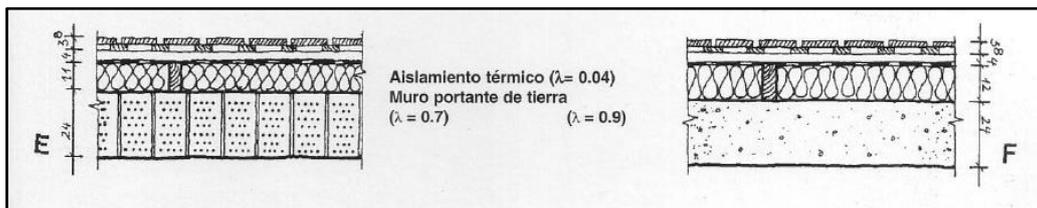


Figura 4.28. Secciones horizontales de muros de tierra.

(Minke, 2005, p.129)

Una técnica evolutiva del tapial son los muros de sacos de tierra, creada por el arquitecto iraní Nader Khalili, que consisten en mezclar la tierra con la humedad adecuada y estabilizada y meterla en sacos de algodón, yute o polipropileno que actúan como encofrado perdido. Tal y como se observa en la figura 4.29, son estructuras de gran resistencia ante sismos, huracanes o inundaciones y poseen excelente capacidad de regulación térmica (Martínez Martínez, 2015, pp. 98-99).



Figura 4.29. Muro en forma circular de sacos de tierra.<sup>96</sup>

<sup>96</sup> EcoInventos: green technology [web en línea] [consulta: 13/07/2018]. Disponible en: <https://ecoinventos.com/earthbag-aprende-a-hacer-una-casa-con-sacos-de-tierra/>

Otro sistema cuya forma resultante es similar a la de los sacos de tierra son los muros Stranglehm desarrollados en la universidad de Kasel (Alemania) en 1982 por Gernot Minke. Se trata de una técnica de tierra plástica a base de perfiles extruidos de esta. Estos perfiles se apilan dando lugar a muros tal y como se muestra en la figura 4.30, donde se dispone de aislamiento térmico adicional. El valor U del muro es de  $0,295 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

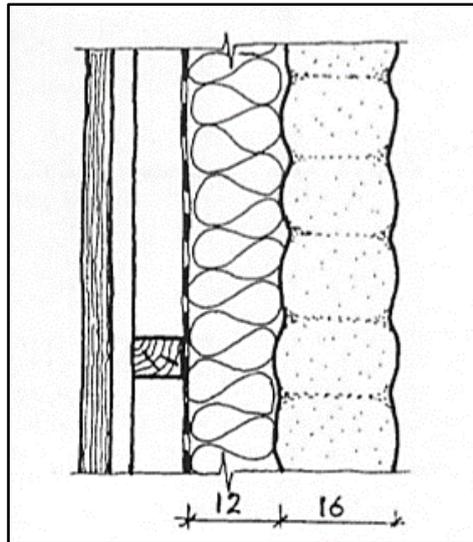


Figura 4.30. Sección vertical de muro de stranglehm con aislamiento térmico exterior adicional.

(Minke, 2005, p.95)

Otra técnica de construcción con tierra son los muros de adobe donde se trata de bloques con composición similar al tapial al que se añade paja cortada y se hacen a mano rellenándolos en moldes de madera y se dejan secar al sol.

Las piezas de adobe poseen unas dimensiones aproximadas de  $38 \times 38 \times 8 \text{ cm}$ , buena resistencia a tracción y al fuego, conductividad térmica:  $0,46-0,81 \text{ W/mK}$ , densidad:  $1200-1700 \text{ kg/m}^3$ . Como muro portante la altura de la edificación no debe superar 2 plantas. (Periago Carretero y Tornero Franco, 2008, p.26), en zonas sísmicas el muro se refuerza con cañas o similar tanto en vertical como en horizontal.

Una técnica semejante al adobe y tapial ya que posee las mismas proporciones de materiales constituyentes es la del COB. La diferencia con el tapial es que la mezcla se compacta en el suelo, mientras que en el tapial la tierra se encofra y se compacta “in situ” sobre el propio muro y a diferencia con el adobe es que el COB se seca en el sitio tal y como se muestra en la figura 4.31.



Figura 4.31. Muro COB.<sup>97</sup>

Por último, se comentan los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), que se trata de una versión moderna de construcción con tierra fabricados de forma industrial con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del material. En España se encuentran normalizados mediante la norma UNE 41410 “Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo”, lo que constituye la primera norma de construcción con tierra en España.

Como se muestra en la figura 4.32, se trata de elementos prismáticos usados en obras de fábrica que suelen estabilizar con yeso, cal o cemento, se obtienen al aplicar presión a la tierra en el interior de un molde.<sup>98</sup> Tiene resistencia a compresión de 70 a 100 kp/cm<sup>2</sup>, resistencia a la tracción de 20 Kp / cm<sup>2</sup>, coeficiente de conductividad térmica de 0.5 Kcal / hm°C, aislamiento acústico de 50 dBA (muro 40 cm) y resistencia al fuego 240.<sup>99</sup>



Figura 4.32. Bloque de tierra comprimida.<sup>100</sup>

<sup>97</sup> Arquitectura y Salud [web en línea] [consulta: 22/07/2018]. Disponible en: <https://www.arquitecturaysalud.com/ejemplos-de-bioconstruccion/cob>

<sup>98</sup> RED ConstruTIERRA. Red de investigación en tierra en España [web en línea] [consulta: 15/09/2018]. Disponible en: [http://www.construtierra.org/construtierra\\_construir\\_con\\_tierra.html](http://www.construtierra.org/construtierra_construir_con_tierra.html)

<sup>99</sup> Bioterre [web en línea] [consulta: 13/07/2018]. Disponible en: <http://www.bioterre.es/>

<sup>100</sup> Cannabric [web en línea] [consulta: 16/07/2018]. Disponible en: [http://www.cannabric.com/catalogo/btc\\_bloque\\_de\\_tierra\\_comprimido/](http://www.cannabric.com/catalogo/btc_bloque_de_tierra_comprimido/)

- Otros materiales.

Existen otros tipos de estructura portante realizada con otros materiales que tienen especial interés en bioconstrucción, como los muros de bloques de cáñamo como se muestra en la figura 4.33, comercializado en España bajo el nombre de Cannabric, formado por materiales naturales (fibras vegetales de cáñamo industrial, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales) donde el componente principal es el cáñamo, una planta que retiene el CO<sub>2</sub> (- 0,624 kg CO<sub>2</sub>eq/kg).



Figura 4.33. Vivienda con Cannabric.<sup>101</sup>

### 4.2.3 Estructura horizontal.

#### 4.2.3.1 Definición.

La estructura horizontal de un edificio se constituye por los forjados que se encargan de soportar las diferentes cargas que inciden sobre él y las transmite a la estructura portante (pórtico o muros), además de contribuir al aislamiento térmico y acústico entre plantas.

#### 4.2.3.2 Clasificación.

Según la forma en las que se transmiten las cargas los forjados se clasifican en unidireccionales (flectan en una sola dirección) y bidireccionales (flectan en dos direcciones).

---

<sup>101</sup> Cannabric [web en línea] [consulta:24/01/2018]. Disponible en: <http://www.cannabric.com/>

#### 4.2.3.3 Normativa de aplicación.

Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos DB-SE, DB-SE-AE, DB-SI, DB-HR, NCSE-02 y EHE-08 (hormigón estructural).

#### 4.2.3.4 Sistemas bioconstructivos.

La elección del tipo de forjado depende de la estructura portante adoptada, ya que esta debe de soportar el peso del forjado y demás cargas. De acuerdo con lo comentado anteriormente en el sistema horizontal se aplican los mismos criterios. Es decir, si no es posible evitar el uso de forjados de hormigón armado se puede optar por el uso de alternativas como biohormigón, hormigón reforzado con fibras o hormigón con áridos reciclados sustituyendo las bovedillas de hormigón por bovedillas cerámicas y el acero por acero inoxidable, etc.

En bioconstrucción de forma general interesa el uso de forjados de madera, como el que se muestra en la figura 4.34, en el que las vigas de madera se dejan vistas y constituyen el acabado del techo, disponiéndose aislamiento entre el rastrelado.

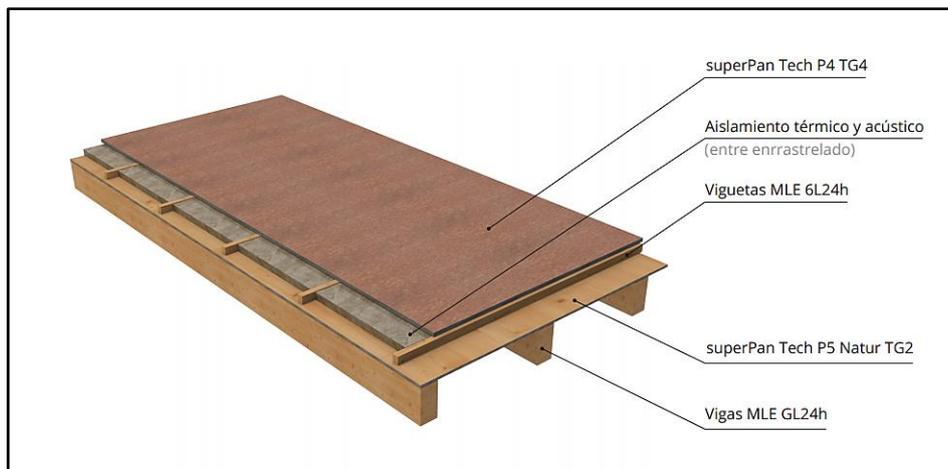


Figura 4.34. Forjado de madera con vigas vistas.<sup>102</sup>

Otras soluciones de forjados tradicionales de madera con viga vista se muestran en la figura 4.35. A la izquierda se muestra un forjado compuesto por tablero de madera aglomerada (H1) de 25 mm de espesor sobre rastreles de apoyo (LH) colocados sobre bandas aislantes (D) intermedios de 30 mm de arena (S) Y 40 mm de lana mineral (M), tableros de madera aglomerada (H2) de 38 mm de espesor sobre vigas de madera (B). A la derecha se muestra un forjado compuesto por Parquet prefabricado de madera de 10

<sup>102</sup> Finsa [web en línea] [consulta: 11/11/2018]. Disponible en: <https://www.finsa.com>

mm de espesor (FP), tablero de madera aglomerada de 25 mm de espesor (H1), aislamiento de fibra mineral de 25 a 30 mm de espesor (D), placas de hormigón (Bt) de 80 mm de espesor sobre lamina de fieltro y tablero de madera aglomerada (H2) de 38 mm de espesor, vigas de madera vista.

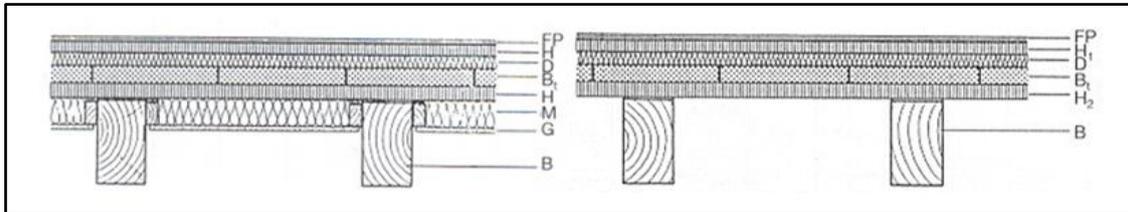


Figura 4.35. Forjados de madera con vigas vistas.

(Santalla, 2010)

Existen otras soluciones como: forjados compuestos de maderas paralelas entre si separadas con bovedillas cerámicas sin capa de compresión de unos 20 cm de espesor, encima se coloca un aislamiento a base de corcho triturado de 7 cm de espesor. Como revestimiento superior se dispone de tarima de madera de 2 cm de espesor colocada bajo rastreles de 4 a 6 cm de espesor y bajo estos se colocan tiras de corcho o fieltro de 1 cm. Y como revestimiento inferior se dispone de un enfoscado de cal de 1,5 cm de espesor. O forjado ejecutado desde abajo donde primero se coloca un panel de fibra de yeso de 1 cm de espesor que constituye el revestimiento inferior, sobre el panel se colocan contralistones de madera dispuestos horizontalmente de 3,5 cm de espesor y sobre estos y en dirección vertical se colocan los listones sobre los cuales se colocan las viguetas de madera y bovedillas cerámicas de unos 21 cm de espesor, sobre estos se coloca un aislamiento a base de perlita suelta de 2 a 5 cm de espesor, sobre este se colocan paneles de fibra de madera de 2 cm de espesor y sobre estos se coloca el acabado que puede ser de barro cocido u otro solado de 2 cm de espesor (König H citado en Lledó, 2006, p.55).

---

## 4.3 SISTEMA ENVOLVENTE.

---

### 4.3.1 Fachada.

#### 4.3.1.1 Definición.

La fachada es el cerramiento exterior del edificio que constituye la envolvente de este y es el elemento encargado de aislar los espacios interiores, con respecto a las condiciones

exteriores. Estas han de ofrecer una serie de prestaciones como aislamiento térmico, aislamiento acústico, durabilidad, protección frente a lluvia, etc.

#### **4.3.1.2 Clasificación.**

Las fachadas en función de su peso se pueden clasificar en pesadas como las de fábrica de ladrillo, etc., o ligeras como muros cortina, paneles ligeros, etc.

Las fachadas pesadas de fábrica o bloques de ladrillo, puede ser de una sola hoja, de una hoja con aislamiento exterior, o aislamiento interior entre dos hojas.

#### **4.3.1.3 Normativa de aplicación.**

Se cumple con las exigencias establecidas en los documentos básicos del CTE: DB-SE, DB-SI, DB-HR, DB-HE, y DB-HS.

#### **4.3.1.4 Sistemas bioconstructivos.**

Desde el punto de vista bioconstructivo interesa que el sistema envolvente sea eficiente energéticamente, es decir, que implique el mínimo gasto energético derivado del empleo de sistemas mecánicos. La mayoría de las estructuras portantes, concretamente los muros estructurales comentados anteriormente tienen además la función de cerramiento con buena capacidad de acumulación de calor. Por ello, en este apartado cobra especial interés la disposición correcta de los materiales para obtener la máxima eficiencia. Tal y como se ha comentado en el apartado correspondiente a la construcción bioclimática, la disposición del aislamiento térmico por el exterior (sistema SATE), ofrece una buena combinación entre la acumulación de calor y un buen aislamiento térmico ya que la masa térmica queda dentro del edificio y el aislamiento evita que salga el calor hacia el exterior.

En lo relativo a la carpintería exterior es aconsejable decantarse más por el uso de marcos de madera en lugar de marcos de aluminio o PVC y acristalamiento eficiente. Como se muestra en la figura 4.36, una ventana con marco de madera y acristalamiento doble, con cámara de aire de 16 mm de espesor, puede ser usada en la construcción de edificios de clasificación energética A. Normalmente estos perfiles vienen equipados con una doble junta de estanquidad perimetral, de estas juntas perimetrales una actúa para dar estanquidad al aire de la ventana y la otra para mejorar el comportamiento acústico, poseen una transmitancia térmica  $U = 1,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .



Figura 4.36. Ventana de madera.

(Subías Clavero, 2010, p.88)

En la figura 4.37 se muestra un sistema de ventana con vidrio triple con doble cámara de aire de 16 mm de espesor. Es utilizado en la construcción de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN) y está equipado con triple o cuádruple junta de estanquidad perimetral, una actúa para dar estanquidad al aire de la ventana, una para mejorar el comportamiento acústico, y la tercera y cuarta para tener un accionamiento más suave y mantener las prestaciones a lo largo de la vida útil. Posee una transmitancia térmica  $U= 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Figura 4.37. Ventana de madera.

(Subías Clavero, 2010, p.90)

### **4.3.2 Cubierta.**

#### **4.3.2.1 Definición.**

La cubierta es el elemento constructivo que protege el edificio y lo cubre por la parte superior formando parte de la estructura envolvente de este y sus funciones principales son la protección de la intemperie, impermeabilización (debe permitir la transpirabilidad del conjunto de la cubierta), aislamiento térmico, aislamiento acústico, evacuación o recogida de agua de lluvia, etc.

#### **4.3.2.2 Clasificación.**

Las cubiertas se clasifican en planas e inclinadas. Las cubiertas planas tienen una pendiente entre el 1% y 5% y puede ser transitable (terrazas) y no transitables y las cubiertas inclinadas cuentan con pendiente entre el 25 % y 60% y puede ser a un agua (un faldón) a dos aguas (dos faldones), etc.

#### **4.3.2.3 Normativa de aplicación.**

Se aplican las exigencias del CTE: DB-HR, DB-HE, DB-HS1.

#### **4.3.2.4 Sistemas bioconstructivos.**

En general en bioconstrucción interesa el empleo cubiertas ajardinadas que pueden ser extensivas e intensivas ya que los techos verdes tienen múltiples ventajas como la absorción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera por parte de las plantas, liberación de oxígeno, captación de contaminantes, regulación de la humedad, aislamiento acústico y térmico, etc. (Minke, 2004).

La cubierta ajardinada extensiva es aquella cuya vegetación la constituyen plantas tapizantes de muy bajo mantenimiento. Sobre el soporte resistente (forjado) se dispone de formación de pendiente de 2,5 a 12 cm de espesor, impermeabilización, aislamiento de 5 a 10 cm de espesor, membrana resistente a raíces, capa drenante a base de áridos de canto rodado o arcilla expandida, lamina separadora de filtro de polipropileno o poliéster, sustrato vegetal de 7 a 15 cm de espesor y especies vegetales. La cubierta posee una transmitancia térmica U de 0,39 a 0,51 W/m<sup>2</sup>K.

En cambio, la cubierta ajardinada intensiva es aquella tiene plantas más altas (arbustos, árboles, etc.). Tiene mayor peso que la extensiva, requiere mantenimiento regular y sistema de riego, está compuesta por un tubo de drenaje, soporte resistente (forjado), formación de pendientes con hormigón aligerado, lamina impermeabilizante, lámina antiraíces, manta protectora retenedora, capa drenante fieltro geotextil filtrante, malla de

reparto de cargas, sustrato vegetal con espesor mayor de 40 cm y plantas. La cubierta posee una transmitancia térmica de 0.39 a 0.51 W/m<sup>2</sup>K (EREN, 2015).

Si no se opta por cubiertas ajardinadas se pueden elegir cubiertas como la que se muestra en la figura 4.38. Se trata de una cubierta inclinada sobre estructura de madera aislada que posee un acabado de teja cerámica curva (capa 1) con doble enrastrelado (4 x 4) (capa 2) de madera con aislamiento de planchas de corcho natural de 4 cm de espesor (capa 4) sobre entablado de madera de 2 cm de espesor (capa 5) y con lámina impermeable transpirable de polietileno colocada sobre el aislamiento (capa 3). La cubierta posee un coeficiente de transmisión térmica U de 0,34 W/m<sup>2</sup> °C, capacidad de acumulación de calor de 108,19 KJ/m<sup>2</sup>°C, aislamiento acústico de 36,54 dBA, demanda de energía 472,95 MJ/m<sup>2</sup> y emisión de CO<sub>2</sub> de -26,57 kg/m<sup>2</sup>.

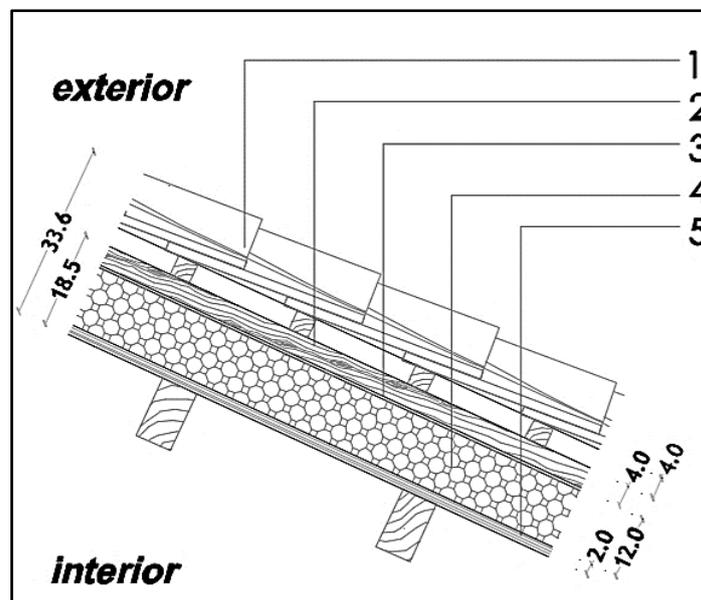


Figura 4.38. Cubierta de teja cerámica.<sup>103</sup>

### 4.3.3 Suelos.

#### 4.3.3.1 Definición

La solera es el elemento constructivo no estructural que une horizontalmente el edificio con el terreno, entre ambos hay que tomar medidas destinadas a evitar la subida de humedad por capilaridad y las pérdidas térmicas.

<sup>103</sup> Espiga: Asociación Gallega para Bioconstrucción [web en línea] [consulta: 11/05/2018]. Disponible en: <http://espigabioconstrucion.org/>

#### **4.3.3.2 Clasificación.**

Las soleras se clasifican en ventiladas y no ventiladas. Las no ventiladas son aquellas que están en contacto con el terreno y las ventiladas son las que se encuentran a una altura sobre el terreno.

#### **4.3.3.3 Normativa de aplicación.**

Los suelos deben cumplir con lo determinado en el CTE en los Documentos Básicos, DB-HR, DB-HE y DB-HS.

#### **4.3.3.4 Sistemas bioconstructivos.**

Para la construcción de las soleras siempre se parte de un terreno bien compactado donde se coloca una base de grava o zahorras que sirven como impermeabilizantes naturales con espesor mínimo de 15 cm, y en el caso de no ser posible se utilizan láminas de nódulos de polietileno protegidas con un geotextil. Después se coloca aislamiento de unos 5 cm de espesor y por último se realiza la solera de hormigón de cal de 10 cm de espesor (Caballero, 2011). Otra disposición de la solera es sobre el suelo natural, colocando una capa de grava, capa de nivelación, membrana impermeable, aislamiento a base de planchas de corcho, relleno de arlita, y como acabado madera flotante (Rodríguez Lledó, 2006, p.38).

La solera puede estar compuesta también por capa de grava de 7 cm de diámetro con un espesor de 35 cm al que se le añade arriba una capa de 5 cm de espesor de gravilla, seguidamente se añade una capa de arena de 5 cm de espesor que sobre la cual se coloca una capa de hormigón de por arlita, arena, cemento blanco y cal de 10 cm, sobre la capa del hormigón se coloca una lámina de butilo y sobre esta se coloca una capa de mortero de cal hidráulica con fibras naturales sobre el cual se coloca el suelo de barro cocido (Martínez Martínez, 2015, p.74).

En terrenos de elevada humedad es importante plantear un drenaje por debajo la solera. El sistema más adecuado consiste en la colocación de tubos drenantes, envueltos en un geotextil, gravas y ventilados. Para impedir el acceso de la humedad por capilaridad se coloca una lámina impermeabilizante de butilo EPDM sobre los cimientos.

---

## 4.4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN.

---

### **4.4.1 Definición.**

Las particiones son cerramientos ligeros que no tienen función estructural, son autoportantes y compartimentan el espacio interior de un edificio.

### **4.4.2 Clasificación.**

Los tabiques pueden ser prefabricados o de albañilería. Los prefabricados son más ligeros y están constituidos por estructura auxiliar en forma de bastidores que pueden ser metálicos o de madera en los cuales se anclan paneles de diferentes materiales. En cambio, los tabiques de albañilería son aquellas fabricas recibidas con mortero.

### **4.4.3 Normativa de aplicación.**

Se cumplen las exigencias relativas los Documentos Básicos DB-SI, DB-HR y DB-HE.

### **4.4.4 Sistemas bioconstructivos.**

Todas las soluciones descritas anteriormente en la estructura portante se usan como sistema de compartimentación como los tabiques de hormigón celular, arcilla aligerada, adobe, etc. Pero existen soluciones para tabiques prefabricados como los paneles de cartón yeso comercializados bajo varios nombres como Knauf. Como se muestra en la figura 4.39, están formados por una estructura metálica de canales horizontales que se sujetan al forjado superior y al suelo, y montantes verticales (dentro se coloca el aislamiento acústico) encajados en los canales. A esta estructura se le atornilla a cada lado una o más placas de yeso laminado, dependiendo de necesidades técnicas del tabique. Desde el punto de vista bioconstructivo es aconsejable sustituir la estructura metálica por madera.

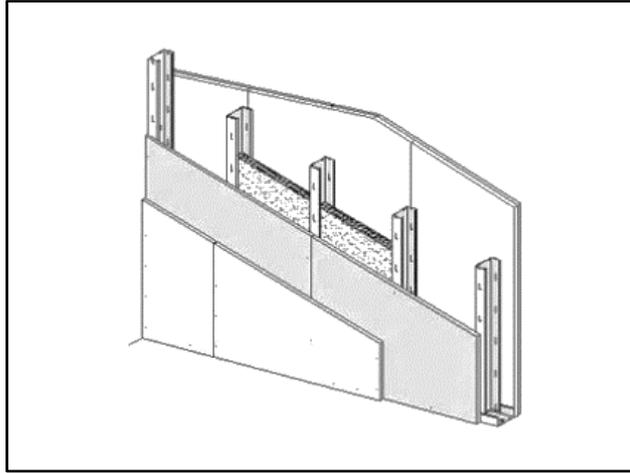


Figura 4.39. Tabique Knauf.<sup>104</sup>

Otro sistema de tabiques prefabricados son las placas de silicato cálcico hidratado, como se muestra en la figura 4.40, sometidas a autoclave y reforzadas con fibras especiales. Incluyen aislamiento por el interior, con alta resistencia mecánica y resistencia al fuego desde EI 60 a EI 240.



Figura 4.40. Tabique PROMATECT.<sup>105</sup>

También están las placas de arcilla, compuestas por arcilla, arena, paja y malla de yute por ambas caras con el mismo sistema de montaje que las placas de cartón yeso, comercializadas bajo el nombre de ecoclay PLAC. Poseen una densidad  $30 \text{ kg/m}^3$ ,

<sup>104</sup> Knauf [web en línea] [consulta: 22/06/2018]. Disponible en: <http://www.knauf.es/sistemas/tabiques/estructura-metalica-w11.html>

<sup>105</sup> Promat [web en línea] [consulta: 16/06/2018]. Disponible en: <https://www.promat.es/es-es/soluciones/compartimentacion/compartimentacion>

dimensiones de 130x60x2 mm, conductividad térmica  $\lambda = 0,24$  W/Mk y absorción de vapor de agua de 86 g agua /m<sup>2</sup> x cm. Para el acabado se usan morteros o pinturas de arcilla.<sup>106</sup>

---

## 4.5 SISTEMA DE ACABADOS.

---

### 4.5.1 Definición.

Los acabados se definen como recubrimiento de cualquier superficie del edificio, tanto en exterior como interior, ya sea para fines ornamentales o protectoras. Deben proteger al edificio de los agentes atmosféricos (impermeables frente a lluvia), ser transpirables, etc.

En bioconstrucción los acabados constituyen un factor primordial para llevar a cabo una buena regulación de la humedad del aire interior, transpirar el hogar, etc.

### 4.5.2 Clasificación.

Los revestimientos se clasifican en continuos y discontinuos. Los continuos son aquellos cuyo material constitutivo es un líquido o pasta. Estos se clasifican en enfoscados, que corresponden a la primera capa unificadora que se aplica sobre el cerramiento, y revocos, que se aplican sobre el enfoscado en una o dos capas de 1 cm de espesor, pudiendo quedar como acabado definitivo o recibir una capa de pintura, guarnecido, enlucido, etc. Los discontinuos son aquellos cuyo material constitutivo se aplica en forma de placas o losetas fijadas mediante material de agarre (pastas, morteros, adhesivos), clavazón o tornillos.

### 4.5.3 Normativa de aplicación.

Los acabados han de cumplir con las exigencias establecidas en el DB-HS1.

### 4.5.4 Sistemas bioconstructivos.

#### 4.5.4.1 Fachada.

En fachadas si se aplican revestimientos continuos, una solución apta desde el punto de vista bioconstructivo son los revocos de cal y revocos de arcilla o monocapa de mortero

---

<sup>106</sup> Ecoclay [web en línea] [consulta:07/02/2019]. Disponible en: [http://www.ecoclay.es/index.php?id=13&tx\\_productos\\_pi1\[producto\]=16](http://www.ecoclay.es/index.php?id=13&tx_productos_pi1[producto]=16)

de cal, así como pinturas a la cal o al silicato, que contiene silicato potásico con estabilizadores orgánicos, y morteros de arcilla a base de arcilla, arena y agua en un porcentaje de 25%, aplicada en espesores 2 a 3 mm.

En lo relativo a las pinturas naturales comentadas anteriormente existen gran variedad en el mercado, como las pinturas sol-silicato KEIM Soldalit. Se trata de una combinación de sol de sílice y silicato potásico, con pigmentos inorgánicos apta para soportes minerales, orgánicos o mixtos, así como para sistema SATE, con un coeficiente de difusión al vapor de agua  $S_d < 0,01m$ .

También están las pinturas de cal a base de cal aérea, polvo de mármol y aditivos naturales. El fabricante NaturClay, las comercializada bajo el nombre de LIME PAINT, poseen un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu=6$ . Dicha empresa comercializa igualmente pinturas naturales a base de silicato potásico estabilizado hidrofugante en un componente, polvo de mármol y de cuarzo con una pequeña cantidad de polímero orgánico y posee una  $S_d$  entre 0,1 y 0,5m.<sup>107</sup>

Si se opta por revestimientos discontinuos hay diferentes soluciones como los aplacados de piedra que pueden ir adheridos al cerramiento o separados. En el caso de arcilla cocida el ladrillo caravista constituye el propio revestimiento de la fachada. También se encuentran los aplacados de madera en diferentes formas como el empanelado, enlistonado, machihembrado y contrachapado, bambú, etc.

#### **4.5.4.2 Paredes.**

En paredes y techos además de los citados anteriormente, se usan los guarnecidos y enlucido de yeso. Para paredes se encuentran las pinturas a base de cal y caseína compuesta por carga mineral, dióxido de titanio, caseína, hidróxido de calcio, soda y celulosa. Con propiedades anti-moho y coeficiente de difusión al vapor de agua  $S_d < 0,05m$ .<sup>108</sup>

Están las pinturas de cal tanto para paredes y techos compuesta por cal aérea CL90, agua de cal, resina, mármol micronizado y otros aditivos naturales. Posee un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu=15$ <sup>109</sup>

Además de las anteriores en bioconstrucción cobran especial interés las pinturas a base de arcilla compuestas por arcilla, polvo de mármol y aditivos naturales. El fabricante NaturClay las comercializa bajo el nombre de CLAY PAINT. Son aconsejables en las

---

<sup>107</sup> NaturClay [web en línea] [consulta:13/01/2019]. Disponible en: <https://naturclay.com/tienda/pinturas/pintura-de-cal-anti-moho-exterior-lime-paint/>

<sup>108</sup> AURO [web en línea] [consulta:13/01/2019]. Disponible en <http://auropinturas.es/productos/paredes-y-techos/pintura-de-caseina-y-cal-no-751/>

<sup>109</sup> Com-Cal [web en línea] [consulta:13/01/2019]. Disponible en: <http://www.com-cal.com/pintura-de-cal>

zonas con humedad por condensación y zonas con mucha humedad relativa. Mediante la adición de pigmentos naturales se obtienen otras gamas de colores, con la posibilidad de adición de aroma naturales tanto en la aplicación como después. Posee un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua  $\mu=6$ .

En España existen otros fabricantes para morteros y pinturas de arcilla como Ecoclay y Embarro.

#### **4.5.4.3 Techos.**

Los acabados para los techos son los mismos que se han descrito anteriormente para las paredes. En el caso de falsos techos conviene el uso de placas de arcilla, paneles de madera y bambú, placas de escayola o yeso laminado, placas de fibra mineral, etc.

#### **4.5.4.4 Solado.**

En el caso de suelos se optan por los materiales descritos anteriormente para fachadas como los de piedra, cogidas con mortero de cal, baldosas cerámicas de baja cocción, suelos de madera como la tarima flotante, Parquet, suelos de bambú que al igual que la madera se pueden clavar o encolar, suelos de tierra (baldosas de barro), etc.

#### **4.5.4.5 Cubierta.**

Los acabados de una cubierta son muy variados y corresponden a los materiales citados anteriormente como piedra en forma de lajas, grava, tejas de arcilla cocida como la teja árabe, mixta, etc., madera, bambú, vegetación (cubierta ajardinada). Siendo estos últimos los acabados de gran interés en bioconstrucción.

---

## **4.6 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.**

---

### **4.6.1 Instalación eléctrica.**

En lo relativo a la instalación eléctrica la principal diferencia con respecto a la instalación convencional radica en la disposición del cableado y su aislamiento, así como el material empleado con el fin de reducir o eliminar la exposición de los campos eléctricos. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Toma de tierra.

Un aspecto abordado en el capítulo 2 es la importancia de que tanto la red eléctrica como los elementos metálicos estén correctamente derivados a tierra para desviar los campos

eléctricos y electromagnéticos presentes en la vivienda, y esta se realiza con cable de cobre o acero de 25 mm de sección. Se eligen mínimo dos o tres sitios para colocar placas de cobre o acero (más eficaces que solamente picas) en una profundidad mínima de 1,50 m proyectándose en la cimentación por debajo de la impermeabilización y en forma de anillo cerrado mediante hilo de cobre, que finalmente se conectara con picas de derivación.

- Acometida.

La acometida eléctrica debe pasar por un cable subterráneo, evitando las aéreas. Tanto esta como los contadores y cajas de distribución deben colocarse lo más alejadas posibles de las zonas de descanso.

- Materiales y disposición del cableado.

Como alternativa a los cables de PVC se recomienda el uso de polietileno y polipropileno ya que el PVC es un material muy dañino tal y como se ha comentado anteriormente. Se deben usar cables libres de halógenos.

Sería adecuado la utilización de cables, cajas de derivación e incluso cajas de enchufe de los denominados blindados o apantallados en la red de distribución ya que estos cables llevan una malla o un tubo metálico como recubrimiento y se usa para evitar el acople de ruidos u otras interferencias reduciendo en gran medida los campos eléctricos.

En cuanto a la disposición del cableado, el sistema más usado debido a su facilidad en instalación es el sistema en anillo, pero al estar todos los puntos conectados en circuito circular se producen campos eléctricos y magnéticos adicionales por lo que desde la bioconstrucción es conveniente realizar la disposición del cableado en forma de estrella o árbol que se trata de una disposición en la que todo parte de un mismo punto de alimentación, este sistema reduce la potencia de cada uno de los circuitos puesto que los recorridos eléctricos son de menor distancia por lo que los campos generados son menores.

- Enchufes.

Es conveniente utilizar siempre enchufes bipolares y en el caso de utilizar unipolares estos deben estar correctamente conectados.

- Iluminación.

Este apartado se ha estudiado en el apartado 2.4.2.

#### **4.6.2 Instalación de fontanería y saneamiento.**

Respecto a las instalaciones de fontanería y saneamiento desde el punto de vista bioconstructivo se opta por el uso de plásticos no clorados por ser menos tóxicos para la acometida y distribución del agua potable como el polietileno, polipropileno, etc. Llevar a cabo una adecuada gestión y ahorro del agua mediante la reutilización de las aguas de

grises y aprovechamiento de las aguas de lluvia, así como sistemas reductores de caudal para los grifos, etc. son igualmente aspectos importantes.

#### **4.6.2.1 Fontanería.**

Para las tuberías de acometida y distribución del agua potable se usa el polietileno (PE), polipropileno (PP), Polibutileno y también el acero inoxidable, ya que se trata de materiales que tienen menos interacción química-eléctrica con el agua, mayor aislamiento térmico y acústico, uniones más seguras, etc. (Rodríguez Lledó, 2006, p.99).

En cuanto a los grifos es conveniente instalar sistemas reductores de caudal para ahorrar el agua que se acoplan a la grifería reduciendo el flujo, pero manteniendo la presión. Se instalan en duchas, así como en cualquier grifo sustituyendo el filtro y/o el difusor.

#### **4.6.2.2 Saneamiento.**

En bioconstrucción interesa en gran medida la correcta gestión del agua mediante su ahorro del agua a través de la reutilización de las aguas grises, así como la recolección y reutilización de las aguas de lluvia, etc.

- Sistema de instalación para recogida y reutilización aguas de lluvia.

Tal y como se recoge en el punto 2.2 del DB-HS4 del CTE, hay que evitar las conexiones cruzadas con las tuberías de aguas de lluvia y la señalización de estas para que puedan ser identificadas como tales de forma fácil e inequívoca.

En la figura 4.41, se muestran los componentes de recogida y reutilización del agua de lluvia donde el sistema de captación del agua se hace mediante cubierta inclinada de teja cerámica (1), bajante que recoge el agua de lluvia y lo transporta por gravedad hacia el depósito donde se almacena el agua (2), depósito de almacenaje que es el componente más importante y caro ya que determina la capacidad de almacenaje de agua de lluvia mediante un adecuado dimensionado de este teniendo en cuenta siempre la pluviometría de la zona (3), el depósito dispone de filtro para evitar la entrada de la suciedad (4), entrada anti-turbulencia ya que el agua debe entrar desde la parte inferior del depósito y en sentido ascendente, para evitar remover los sedimentos que pudiera contener (5), rebosadero con sifón para evitar posibles derrames y la entrada de animales del exterior (6), toma de agua (7), equipo de control (8), red de agua no potable (9), sensor de nivel de agua que indica el nivel de agua dentro del depósito (10), tubería de aspiración para llevar el agua hasta los puntos de suministro (11), rebosadero del equipo de control (12), tubo de agua potable para la realimentación (13), tubo de servicio (14) e infiltración para riego de jardinería (15).

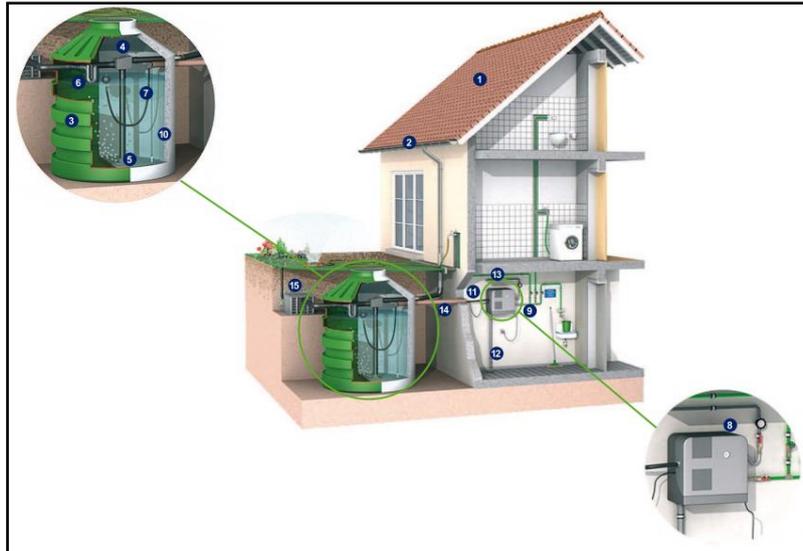


Figura 4.41. Esquema de recogida y reutilización de aguas pluviales.

(Huguet *et al.*, 2016, p. 8)

- Sistemas para la reutilización de aguas grises.

Se entiende por aguas grises aquellas que provienen normalmente de lavabos, duchas y bañeras, estas mediante tratamientos pueden ser reutilizadas para otros usos como riego de jardinería, etc.

Los sistemas de tratamiento de aguas grises consisten en la captación y almacenamiento de aguas grises, tratamiento (físico, fisicoquímico o biológico) y almacenamiento e impulsión del agua tratada. Los sistemas físicos tal y como se muestra en la figura 4.42, son aquellos que separan los aceites-grasas y partículas sólidas en suspensión a través de filtros (tipo malla, arenas, anillas, etc.).

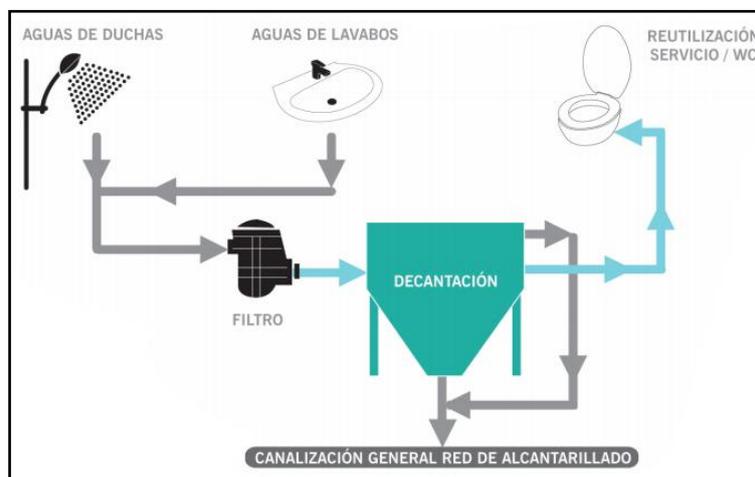


Figura 4.42. Esquema de reutilización de aguas grises con sistema físico.

(Creus *et al.*, 2011 y CS-AG Aqua España p.12)

Los sistemas fisicoquímicos como el que se muestra en la figura 4.43, se utilizan para la separación de aceites-grasas, partículas en suspensión, materia orgánica y turbidez. La fase de la etapa del tratamiento incorpora un prefiltro para eliminar los residuos y las partículas antes del almacenamiento, dosificador de coagulantes y floculantes, filtro de arena y por último tratamiento de desinfección.

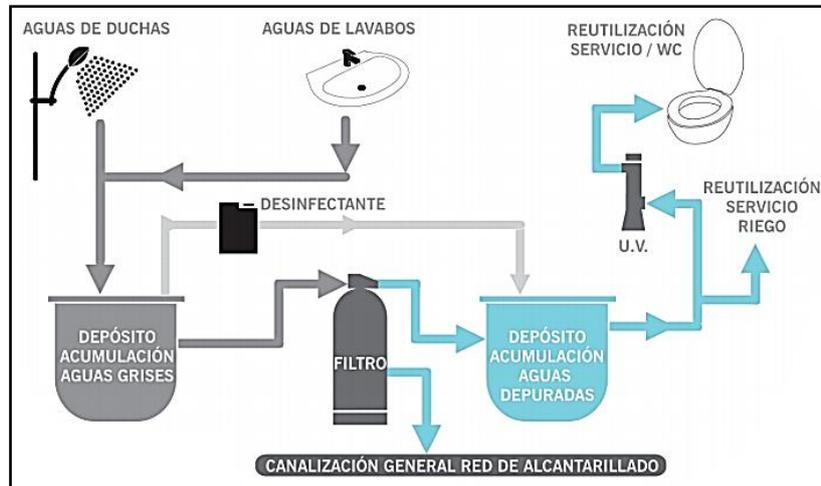


Figura 4.43. Esquema de reutilización de aguas grises con sistema fisicoquímico.

(Creus *et al.*, 2011 y CS-AG Aqua España p.12)

Por último, se encuentran los sistemas biológicos. Como se muestra en la figura 4.44, la materia orgánica que se encuentra en las aguas grises se degrada mediante microorganismos (el crecimiento de estos aporta oxígeno al sistema).

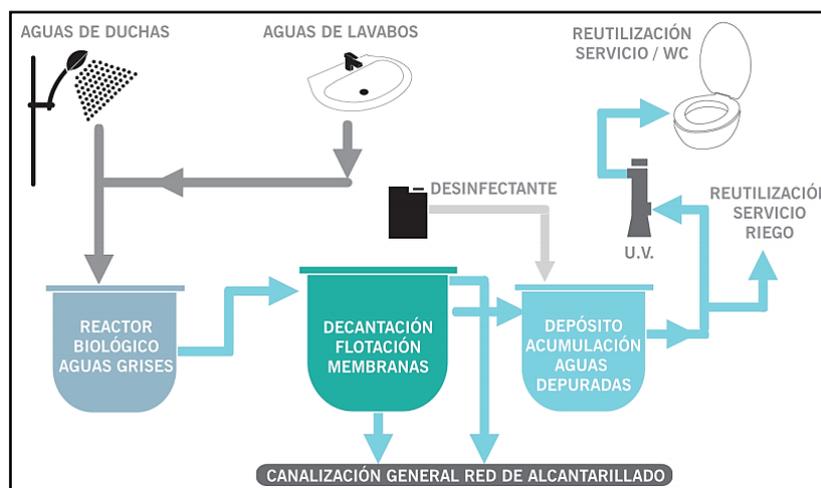


Figura 4.44. Esquema de reutilización de aguas grises con sistema biológico.

(Creus *et al.*, 2011 y CS-AG Aqua España p.13)

### **4.6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.**

#### **4.6.3.1 Calefacción.**

Desde la perspectiva de la bioconstrucción, a la hora de diseñar un edificio conviene hacerlo bajo los principios de la arquitectura bioclimática mediante la combinación de sistemas bioclimáticos. Bien de tipo pasivo en los que el propio edificio genera calor o fresco mediante su estructura arquitectónica (se autorregula térmicamente) a través de la construcción de muros de gran inercia térmica, orientación, etc.). O bien de tipo activo mediante la generación de calor o fresco mediante el aprovechamiento la energía solar, bomba de calor geotérmica, calderas de biomasa pellets, troncos partidos o astillas, etc. Tratándose por lo tanto de fuentes renovables y respetuosos con la naturaleza.

Tal y como se ha comentado en el capítulo 2, el calor por radiación es el más óptimo desde el punto de vista bioconstructivo. Para ello los sistemas más eficientes y saludables son aquellos de baja temperatura ya que la mayor parte de calor se transmite por radiación.

En este contexto se encuadran los muros radiantes que consisten en un sistema que utiliza conducciones de agua caliente a baja temperatura, empotrados a las paredes de los espacios a calefactar. En la figura 4.45, se ilustra el funcionamiento del sistema donde las sondas (1) y (2) son sensores que detectan la temperatura existente y envían los datos al sistema central (3) que se encarga de abrir y cerrar la válvula mezcladora de tres vías (5), esta se encarga de mezclar el agua proveniente de la caldera de biomasa (8) a 70° con el agua fría de retorno a fin de que el agua que finalmente discorra por el circuito tenga la temperatura adecuada de 40°. Una vez que el agua tiene estas condiciones es impulsada por la bomba (4) hacia los colectores. El abastecimiento de agua caliente sanitaria se hace a través placas solares (11) y un intercambiador-acumulador (7) existe un segundo sistema electrónico de sensor en el caso de bajar el rendimiento de las placas solares (12) y centralita (13) que ordena la entrada en acción de la caldera (de biomasa) como apoyo de las placas, a través, de nuevo, de una electroválvula mezcladora (14). El agua caliente sale hacia los diferentes aparatos de la vivienda (9) retornando, una vez enfriada, a través de la entrada. Una vez que se enfría el agua, este se retorna a través de la entrada reflejada con el número 10.

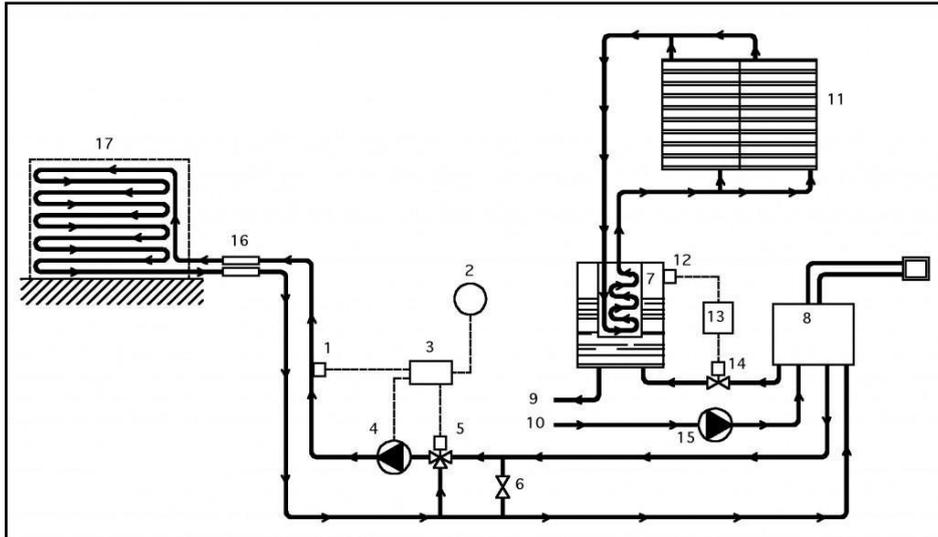


Figura 4.45. Funcionamiento de un muro radiante.

(Marín, 2011)

Otro sistema de calefacción saludable son las estufas, que pueden ser cerámicas haciendo que el humo de la combustión realice un largo recorrido antes de su evacuación. En este recorrido, cuando el humo es expulsado, ha dejado casi la totalidad de su temperatura en las paredes de la estufa, desde las que se transmite por radiación a las estancias. También están las estufas de pellet de madera como se muestra en la figura 4.46.



Figura 4.46. Estufa de pellet.<sup>110</sup>

<sup>110</sup> Leroymerlin [web en línea] [consulta: 25/05/2018]. Disponible en: [www.leroymerlin.com](http://www.leroymerlin.com)

Otro sistema de calefacción más aconsejable es el Kachelofen o calentador de mampostería como se muestra en la figura 4.47. Se trata de un sistema de calefacción por combustible sólido (leña de madera) que se construye con mampostería en el sitio. El calor se almacena en la masa térmica de la mampostería y luego se irradia de forma lenta en el espacio interior, como los muros de masa térmica.



Figura 4.47. Kachelofen.<sup>111</sup>

#### **4.6.3.2 Refrigeración.**

Los sistemas mencionados anteriormente como los muros radiantes sirven también para la refrigeración en verano, por lo que en la mayoría de los casos se opta por sistemas que generen calefacción en invierno y refrigeren en verano. Además, mediante un diseño bioclimático se puede prescindir de estos sistemas.

#### **4.6.3.3 Ventilación.**

Tal y como se ha desarrollado en el capítulo 2, es preferible desde el punto de vista bioconstructivo llevar a cabo la ventilación de forma natural, que según el Apéndice A del DB-HS 3, se define como aquella en la que la extracción del aire se produce únicamente por la acción del viento o por la presencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

En la mayoría de los casos y para cumplir con las normativas, es necesario llevar a cabo la ventilación de forma mecánica que según el Apéndice A del DB-HS 3 es aquella en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electromecánicos dispuestos para tal fin.

---

<sup>111</sup> Dale Demary. En: The Masonry Heater Association of North América [web en línea] [ consulta: 15/08/2018]. Disponible en: <http://www.mha-net.org/>

Por lo tanto, en este contexto los sistemas mecánicos de ventilación han de ser lo más eficientes posibles como el uso de fuentes renovables para la electricidad requerida, sistemas de ventilación con recuperación de calor HRV (Heat Recovery Ventilators) y de energía ERV (Energy Recovery Ventilators).

Estas unidades integran un intercambiador de calor que permite reducir las cargas de calefacción y refrigeración, ya que en invierno el aire frío exterior entra caliente al edificio y en verano el aire caliente exterior entra fresco al edificio. Muchas de estas unidades son programables permitiendo llevar a cabo un control sobre la presión del edificio, los caudales, el consumo de energía, la conmutación inalámbrica e incluso el monitoreo y la respuesta de CO<sub>2</sub> (Diva Racusin y McArleton, 2012).

---

#### 4.7 EQUIPAMIENTO.

---

Los equipamientos como mobiliario no han de contener elementos sintéticos y tienen que ser materiales naturales como la madera, corcho reciclado, etc., como se muestra en la figura 4.48. Además, la ubicación del mobiliario debe ser tal que permita una circulación limpia y equilibrada por el conjunto de los espacios. Así como la concepción ergonómica tal y como quedo abordado en el capítulo 2.



Figura 4.48. Mobiliario ecológico.<sup>112</sup>

---

<sup>112</sup> DANIEL MICHALIK furniture design [web en línea] [consulta 02/02/2018]. Disponible en: <http://danielmichalik.com/>

---

## CAPÍTULO 5. PROYECTOS BIOCONSTRUCTIVOS.

---



En el capítulo anterior se han desarrollado los sistemas constructivos mediante la exposición de algunas soluciones aptas desde el punto de vista bioconstructivo. En este capítulo se presenta una selección de diversos casos de edificios bioconstructivos de los que se realiza una breve descripción de los sistemas bioconstructivos incorporados, así como una lista de chequeo donde se refleja el grado del cumplimiento de los principios de bioconstrucción tratados en el capítulo 2. Esta metodología de evaluación, así como los proyectos internacionales tratados en este capítulo han sido extraídos del libro *Building Biology: Criteria and Architectural Design* (2018) de Nurgül Ece. Asimismo, se han incorporado nuevos casos de edificios a nivel nacional sobre los que se ha aplicado la misma metodología seguida para los primeros con el objetivo de obtener una visión global, unificada y comparable.

Se ha intentado recoger diferentes edificios que no sean solo para uso residencial, ya que la bioconstrucción hace hincapié también en los lugares de trabajo. Para ello se ha estudiado una variedad de edificios de distinta naturaleza, empezando en primer lugar por el IBN como proyecto referente, después uso residencial (casa de madera), uso comercial (planta de construcción de Artis) y uso administrativo (Omicron campus). Con respecto a los proyectos en España se han seleccionado dos viviendas proyectados por una figura referente en bioclimatismo y sostenibilidad que es Luis De Garrido estudiado anteriormente y una vivienda unifamiliar proyectada por la arquitecta y actual directora del IEB Petra-Jebens-Zirkel.

Finalmente, con el fin de visualizar de forma más practica las listas de chequeo del cumplimiento de los principios de bioconstrucción de los proyectos internacionales mencionados anteriormente, se establece un análisis estadístico en el cual se incorporan también el resto de los proyectos tratados en el libro para obtener un análisis más amplio ya que con solo cuatro edificios queda insuficiente, por lo que el estudio se realiza sobre 21 edificios.

En este análisis estadístico realizado se incluyen únicamente los 21 edificios del libro mencionado anteriormente, excluyendo por lo tanto los proyectos nacionales ya que no se considera viable su inclusión. Esto es así porque la lista de chequeo no refleja de forma precisa el grado del cumplimiento de los principios de bioconstrucción, siendo esta solo aproximada y orientativa, ya que se ha extraído información de los sistemas constructivos que componen el edificio para su elaboración.

---

## 5.1. INSTITUTO DE BAUBIOLOGIE+NACHHALTIGKEIT (IBN).

---

### 5.1.1 Descripción del proyecto.

En 2014, se cambió la ubicación del IBN a Rosenheim (Alemania), por lo que se construyó un nuevo edificio según los criterios de bioconstrucción el cual se muestra en la figura 5.1. Se trata de un proyecto referente llevado a cabo por el IBN con el arquitecto Martin Schaub. Fue finalizado en 2015 y tiene un área total de 250 m<sup>2</sup>. Cuenta con la certificación Passivhaus/Plusenergiehaus, siendo la demanda anual de calefacción y de energía primaria de 20 kWh/m<sup>2</sup>a y 64,3 kWh/m<sup>2</sup>a respectivamente, mientras que la transmitancia térmica de la fachada es de U de 0,10 W/m<sup>2</sup>k y de la de la cubierta de 0,09 W/m<sup>2</sup>k (Ece, 2018, p.46).



Figura 5.1. Instituto de “Baubiologie+ Nachhaltigkeit IBN”.<sup>113</sup>

### 5.1.2 Sistemas bioconstructivos.

Los sistemas constructivos que responden al concepto bioconstrucción se han explicado y listado en el capítulo anterior, por lo que se enumeran siguiendo la misma estructura tal y como se refleja en la tabla 5.1.

---

<sup>113</sup> Maximilian Mutzhas fotografié [web en línea] [consulta:06/04/2018]. Disponible en: <http://mutzhas.com/architecture/>

Tabla 5.1. Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en Ece, 2018)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
Se ha preservado el edificio existente y se ha extendido las áreas verdes.	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	-
2.2 Estructura portante	-
2.3 Estructura horizontal	-
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Primera planta: bloques huecos de hormigón existentes de 30 cm. Anclaje del anillo exterior e interior aislado con corcho de 50 mm, Sistema compuesto de aislamiento térmico con fibra de madera suave de 210 mm, placas de espuma de vidrio de 250 mm, tablero de fibrocemento de 10 mm como portador de yeso. Planta baja: tablero de arcilla de 25 mm de espesor, barrera de vapor, marco de madera con aislamiento de fibra de madera de 160 mm, tablero de fibra de madera suave de 2x100 mm, blindaje de tela de acero inoxidable, listones y ventilación trasera 30 mm.
3.2 Cubierta	Tablero de madera de 10 mm, listones de 40/60 mm con aislamiento de cáñamo de 60 mm, barrera de vapor, lamina impermeable, viga de capa inferior con insuflación de fibra de madera de 280 mm, vigas de capa superior con tableros de fibra madera de 160 mm, listones y ventilación 80 mm.
3.3 Suelo	Suelo radiante
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Carpintería de madera, dimensiones de ventanas con proporción áurea.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Pinturas al silicato y tableros de madera en la planta superior
5.2 Paredes	Revoco de arcilla y cal
5.3 Cubierta	Acero inoxidable de 0.5 mm con doble costura de pie.
5.4 Techo	Techo acústico con pizarra y tablero de fibra de madera.
5.5 Solado	Parquet de madera
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica.	Iluminación LED, cables apantallados y libres de halógenos, energía solar fotovoltaica, malla de blindaje contra electrosmog en paredes y techos, etc.
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento.	Suministro descentralizado de agua caliente, recolección de agua de lluvia, tuberías de acero inoxidable, energía solar para ACS.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.	Muro radiante, horno primario de pellet, ventilación controlada con control de humedad y recuperación de calor
<b>7. Equipamiento</b>	
Todos los muebles están hechos de forma artesana, madera de tres capas pegada con pegamento blanco y madera maciza engrasada con productos de resina natural o encerado.	

### 5.1.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

Se realiza una lista de chequeo del cumplimiento de los principios de bioconstrucción tal y como se muestra en la tabla 5.2, donde se indica si el principio ha sido aplicable (+) o no (-) al proyecto y (0) valor neutro si no se aplicó explícitamente el principio, pero no tiene consecuencias negativas o el principio queda bajo control y elección del usuario del edificio. En este proyecto como se trata del IBN todos los principios han sido aplicables.

Tabla 5.2. Criterios de bioconstrucción.

(Ece, 2018, p.170)

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

---

## 5.2. HOLZ HAUS.

---

### 5.2.1 Descripción del proyecto.

Holz Haus (casa de madera) es un edificio de uso residencial de una sola planta en forma de H tal y como se muestra en la figura 5.4. Situado en Nuemarket in der Oberplatz (Alemania), fue finalizado en 2014 y proyectado por Kuehnlein Architektur. Cuenta con área total de 210 m<sup>2</sup>, presupuesto de 500.000 € y posee certificación energética de KfW Efficiency House 55. La demanda anual de calefacción y energía primaria es de 47,61 kWh/m<sup>2</sup>a y 43,36 kWh/m<sup>2</sup>a respectivamente, siendo la transmitancia térmica U de la fachada de 0,16 W/m<sup>2</sup>k y U de la cubierta de 0,13 W/m<sup>2</sup>k (Ece, 2018, p.90).



Figura 5.2. Holz Haus.<sup>114</sup>

### 5.2.2 Sistemas bioconstructivos.

En la tabla 5.3 se reflejan los sistemas bioconstructivos del proyecto en el cual se observa que se hace uso de la madera como material predominante tanto en estructura como en acabado, así como el uso de energía solar para la demanda eléctrica, suelo radiante, iluminación LED, etc.

---

<sup>114</sup> kuehnlein-architektur [web en línea] [consulta: 11/04/2018]. Disponible en: <https://www.kuehnlein-architektur.de/projekte/wohnhaus-aus-holz/>

Tabla 5.3 Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en Ece, 2018)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
Integración en la naturaleza, lejos de todo tipo contaminaciones.	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	-
2.2 Estructura portante	-
2.3 Estructura horizontal	-
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Paneles de madera maciza de 5 capas de alerce con aislamiento de fibra de madera blanda de 180 mm de espesor.
3.2 Cubierta	Cubierta inclinada con los mismos materiales que la fachada
3.3 Suelo	Suelo radiante
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Particiones interiores de madera y carpintería interior de madera de alerce no tratado y engrasado y las ventanas grandes de la fachada están protegidas con salientes de alerce contra la luz solar.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Listones de madera
5.2 Paredes	Paneles de madera
5.3 Cubierta	Ídem fachada
5.4 Techo	Ídem paredes
5.5 Solado	Tablones de roble macizo
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	Iluminaria de cobre, cables libres de halógenos. enrutamiento de cable en forma de estrella, sistema fotovoltaico
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento	Suministro descentralizado de agua caliente, recolección de agua de lluvia mediante cisterna para el riego de áreas verdes, etc.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.	Bomba de calor geotérmica, estufa, calor radiante, ventilación natural.
<b>7. Equipamiento</b>	
Mobiliario natural sin contaminantes	

## 5.2.2 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

Tal y como se muestra en la tabla 5.4, para este proyecto la mayoría de los principios han sido aplicables (+) excepto seis que tienen una evaluación neutra (0), pero sin efectos negativos como la ausencia de secuelas sociales negativas, empleo de materiales naturales, ausencia de campos electromagnéticos, ergonomía en el mobiliario, etc.

Tabla 5.4. Criterios de bioconstrucción.

(Ece, 2018, p.172)

<b>Terreno</b>	
1. Ausencia de secuelas sociales negativas.	0
2. Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos.	+
3. Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas.	+
4. Vivienda y entorno residencial individuales, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con la vida elegido.	+
5. Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la construcción.	+
<b>Materiales de construcción y protección acústica</b>	
6. Materiales naturales y no adulterados.	0
7. Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.	+
8. Utilización de materiales de baja radioactividad.	+
9. Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.	+
<b>Clima interior</b>	
10. Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.	+
11. Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva.	+
12. Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.	+
13. Temperaturas óptimas de las superficies y del aire interior.	+
14. Buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural.	+
15. Calor radiante para la calefacción.	+
16. Alteración mínima del entorno de radiación natural.	+
17. Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión.	0
18. Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos.	+
	+
<b>Diseño interior</b>	
19. Consideración de dimensiones armoniosas, proporciones y formas.	+
20. Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido.	+
21. Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior.	0
<b>Medio ambiente, energía y agua</b>	
22. Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables.	+
23. Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.	+
24. Prevención de problemas para el medio ambiente.	0
25. Calidad óptima posible del agua potable.	0

---

## 5.3. EDIFICIO COMERCIAL ARTIS.

---

### 5.3.1 Descripción del proyecto.

El edificio comercial Artis GmbH como se muestra en la figura 5.3 es un taller de artesanos para el trabajo de la madera y el interiorismo construido dentro de la ciudad de Berlín (Alemania). Cuenta con dos plantas, en la primera se encuentra el taller y la segunda es de oficinas y es un claro ejemplo de cómo un edificio de esta naturaleza puede ser bioconstructivo. El proyecto fue llevado a cabo por Roswag Arquitectos y el diseño estructural por Ziegert y Seiler ingenieros. Finalizado en 2012 el edificio tiene un área de 1978 m<sup>2</sup>, un presupuesto de 1.979,044 €, cuenta con la certificación de EnEV 2009 -50% (89%) y Plusenergiehaus. La demanda anual de calefacción y energía primaria es de 47,77 kWh/m<sup>2</sup>a y 22,58 kWh/ m<sup>2</sup>a respectivamente, siendo la transmitancia térmica U de la fachada y cubierta de 0,12 W/m<sup>2</sup>k y 0,13 W/m<sup>2</sup>k respectivamente (Ece, 2018, p.158).



Figura 5.3. Edificio comercial Artis.<sup>115</sup>

### 5.3.2 Sistemas bioconstructivos.

En la tabla 5.5 se reflejan los sistemas bioconstructivos del proyecto como el uso de cubierta ajardinada sobre estructura de madera, calefacción por suelo radiante, uso de

---

<sup>115</sup> ZRS [web en línea] [consulta: 23/04/2018]. Disponible en: <https://zrs-berlin.de/project/workshop-artis-berlin/>

energía solar para la demanda eléctrica, así como la disposición de mobiliario natural y ergonómico.

Tabla 5.5 Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en Ece, 2018)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
Integración en el contexto urbano, relaciones de vecindad.	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	-
2.2 Estructura portante	-
2.3 Estructura horizontal	-
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Tablillas de madera en forma de L asiladas con paneles de fibra de madera y celulosa
3.2 Cubierta	Cubierta ajardinada, techo verde sobre vigas de madera con aislamiento de celulosa.
3.3 Suelo	Suelo radiante.
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Particiones interiores formadas por tableros de madera laminada cruzada de tres capas, carpintería interior de madera.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Yeso margoso.
5.2 Paredes	Yeso margoso.
5.3 Cubierta	Cubierta ajardinada.
5.4 Techo	Tablestacas de madera.
5.5 Solado	Tablones de roble macizo.
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	Iluminación LED, cables libres de halógenos, sistema fotovoltaico
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento	Recolección de agua de lluvia.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.	Caldera de condensación de combustible sólido con cocción de astillas de madera de la propia producción, ventilación controlada con recuperación de calor.
<b>7. Equipamiento</b>	
Mobiliario natural sin contaminantes	
Observaciones: Passivhaus, construcción permeable al vapor, asilamiento natural, rendimiento máximo de la luz del día, transparencia interna (trabajo/administración).	

### 5.3.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

Como se muestra en la tabla 5.6, los criterios de bioconstrucción se aplican al proyecto en gran medida (+) con la excepción de principios como la ausencia de secuelas sociales negativas, uso de materiales naturales, alteración mínima del entorno de radiación natural, ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio de expansión y calidad óptima

del agua potable, que tienen un valor neutro (0) lo que no implica que generen efectos negativos.

Tabla 5.6. Criterios de bioconstrucción.

(Ece, 2018, p.175)

<b>Terreno</b>	
1. Ausencia de secuelas sociales negativas.	0
2. Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos.	+
3. Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas.	+
4. Vivienda y entorno residencial individuales, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con la vida elegido.	+
5. Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la construcción.	+
<b>Materiales de construcción y protección acústica</b>	
6. Materiales naturales y no adulterados.	0
7. Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.	+
8. Utilización de materiales de baja radioactividad.	+
9. Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.	+
<b>Clima interior</b>	
10. Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.	+
11. Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva.	+
12. Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.	+
13. Temperaturas óptimas de las superficies y del aire interior.	+
14. Buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural.	+
15. Calor radiante para la calefacción.	+
16. Alteración mínima del entorno de radiación natural.	0
17. Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión.	0
18. Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos.	+
<b>Diseño interior</b>	
19. Consideración de dimensiones armoniosas, proporciones y formas.	+
20. Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido.	+
21. Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior.	+
<b>Medio ambiente, energía y agua</b>	
22. Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables.	+
23. Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.	+
24. Prevención de problemas para el medio ambiente.	+
25. Calidad óptima posible del agua potable.	0

---

## 5.4. OMICRON CAMPUS.

---

### 5.4.1 Descripción del proyecto.

Omicron Campus como se muestra en la figura 5.4 es un edificio administrativo que cuenta con 200 trabajadores y está ubicado en Klaus (Austria). Va más allá de los aspectos relacionaos con los materiales naturales, eficiencia energética, etc. abarcando también los aspectos psicológicos, fisiológicos, etc. Es decir, lleva a cabo ese enfoque holístico propio de la bioconstrucción en el lugar del trabajo. El proyecto finalizado en 2014 fue llevado a cabo por Dietrich/ Untertrifaller Arquitectos, cuenta con área total de 12.770 m<sup>2</sup> y un presupuesto de 31.500.000 €. En lo relativo a la eficiencia energética, la demanda anual de calefacción es de 22 kWh/m<sup>2</sup>a, la transmitancia térmica U de la fachada (fachada acristalada) es de 1,4 W/m<sup>2</sup>k para el marco de madera, 0,6 W/m<sup>2</sup>k para el vidrio y la transmitancia térmica U de la cubierta es de 0,13 W/m<sup>2</sup>k (Ece,2018, p.164).



Figura 5.4. Omicron campus.<sup>116</sup>

### 5.4.2 Sistemas bioconstructivos.

En la tabla 5.7 se refleja el uso de la cubierta ajardinada como en el caso anterior, así como la madera y vidrio como materiales predominantes en la fachada del edificio, suelo radiante, iluminación LED, ventilación controlada con recuperación de calor.

---

<sup>116</sup> Bruno Klomfar fotografié [web en línea] [consulta:15/04/2018]. Disponible en: <http://www.klomfar.com/project/omicron-campus.html>

Tabla 5.7. Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en Ece, 2018)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
-	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	-
2.2 Estructura portante	-
2.3 Estructura horizontal	-
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Fachada acristalada con marcos de madera
3.2 Cubierta	Techos acústicos.
3.3 Suelo	Suelo radiante
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Particiones interiores formadas por tableros de madera laminada cruzada de 3 capas, carpintería interior de madera.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Madera/cristal
5.2 Paredes	Madera
5.3 Cubierta	Cubierta ajardinada
5.4 Techo	Tablestacas de madera
5.5 Solado	Tablones de roble macizo
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	Cables libres de halógenos, sistema fotovoltaico, iluminación LED de parpadeo reducido.
6.2 Instalaciones de fontanería y saneamiento	Recolección de agua de lluvia.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación.	Ventilación controlada con recuperación de calor, bomba de calor geotérmica, calor radiante, refrigeración.
<b>7. Equipamiento</b>	
Mobiliario natural sin contaminantes	

#### 5.4.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

Como se refleja en la tabla 5.8, se aplican la mayoría de los principios (+), obteniendo una evaluación neutra (0) principios como la ausencia de secuelas sociales negativas, proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor, alteración mínima del entorno de radicación natural, ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio de expansión y la calidad óptima del agua potable.

Tabla 5.8. Criterios de bioconstrucción.

(Ece, 2018, p.175)

<b>Terreno</b>	
1. Ausencia de secuelas sociales negativas.	0
2. Viviendas alejadas de fuentes de emisiones contaminantes y ruidos.	+
3. Método de construcción descentralizado y flexible en urbanizaciones ajardinadas.	+
4. Vivienda y entorno residencial individuales, muy relacionados con la naturaleza, dignos y compatibles con la vida elegido.	+
5. Ausencia de perturbaciones naturales y artificiales en la construcción.	+
<b>Materiales de construcción y protección acústica</b>	
6. Materiales naturales y no adulterados.	+
7. Materiales inodoros o de olor agradable que no emitan sustancias tóxicas.	+
8. Utilización de materiales de baja radioactividad.	+
9. Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.	+
<b>Clima interior</b>	
10. Regulación natural de la humedad atmosférica interior mediante el uso de materiales higroscópicos.	+
11. Minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva.	+
12. Proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor.	0
13. Temperaturas óptimas de las superficies y del aire interior.	+
14. Buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural.	+
15. Calor radiante para la calefacción.	+
16. Alteración mínima del entorno de radiación natural.	0
17. Ausencia de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión.	0
18.Reducción de la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos.	+
<b>Diseño interior</b>	
19. Consideración de dimensiones armoniosas, proporciones y formas.	+
20. Condiciones naturales de luz, alumbrado y colorido.	+
21. Aprovechamiento de los conocimientos de fisiología y ergonomía en la decoración y el equipamiento del espacio interior.	+
<b>Medio ambiente, energía y agua</b>	
22. Minimización del consumo de energía aprovechando al máximo fuentes de energía renovables.	+
23. Materiales de construcción procedentes, preferiblemente, de la región y que no favorezcan la explotación abusiva de materias primas escasas o peligrosas.	+
24. Prevención de problemas para el medio ambiente.	+
25. Calidad óptima posible del agua potable.	0

### 5.5.1 Descripción del proyecto.

En España, un proyecto de interés llevado a cabo por Luis De Garrido es GAIA 1, constituido por siete viviendas modélicas autosuficientes en agua y energía con el menor consumo energético posible ubicado en Valencia, la vivienda unifamiliar como se muestra en la figura 5.5, consta de tres plantas, con área total de 151,45 m<sup>2</sup> y presupuesto 238.877 € (De Garrido, 2014, p.73).



Figura 5.5. GAIA-1 Eco-House.<sup>117</sup>

### 5.5.2 Sistemas bioconstructivos.

Como se refleja en la tabla 5.9, en la vivienda se construye mediante la concepción bioclimática, donde se usa muros de termoarcilla que actúan como estructura portante y sistema envolvente al mismo tiempo, así como la optimización de recursos naturales, uso de maderas tratadas con soluciones naturales, etc.

---

<sup>117</sup> Luis De Garrido [web en línea] [consulta: 23/05/2018]. Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2013-gaia-1-eco-house/#tab-id-2>

Tabla 5.9. Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en De Garrido, 2014, p.73)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
Antes de iniciar el diseño y construcción del edificio se han identificado las corrientes de aguas subterráneas que existen en el suelo y se han evitado.	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	Zapatas de hormigón armado.
2.2 Estructura portante	Muro de carga de termoarcilla.
2.3 Estructura horizontal	Forjado de viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón.
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Muro de carga de termoarcilla de 20 cm de espesor, aislamiento de cáñamo de 5 cm, cámara de aire ventilada de 3cm y exterior ladrillo hueco de 7 cm.
3.2 Cubierta	Cubierta horizontal ajardinado asentada sobre una base de tierra. Y la cubierta inclinada está realizada a base de tablero sándwich de madera y 10 cm de aislamiento natural.
3.3 Suelo	Forjado sanitario.
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Paredes a base de tablero aglomerado E-1 chapado de madera de haya. Carpintería interior y exterior de madera, las puertas de doble tablero aglomerado E-1 bajo en formaldehidos, chapado de madera de haya con cola blanca de carpintero, y tratada con aceites vegetales.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Pinturas al silicato, recubrimientos a base de listones de machihembrados de madera tratados previamente únicamente con sales de boro y tintadas y tratada con lasures color caoba.
5.2 Paredes	Pinturas minerales, mármol.
5.3 Cubierta	Terraza transitable, cubierta ajardinada.
5.4 Techo	-
5.5 Solado	-
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	Luminarias fluorescentes de bajo consumo y leds, Tubos de polietileno y cables libres de halógenos.
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento	Tuberías de agua de polipropileno, tuberías de desagüe de polietileno. Suelo radiante, captadores solares térmicos para generar A.C.S en a vivienda.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación	Diseño bioclimático, radiadores eléctricos, ventilación cruzada, etc.
<b>7. Equipamiento</b>	
-	

### 5.5.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

A diferencia de los proyectos internacionales anteriores, la evaluación del cumplimiento de los principios de bioconstrucción como se refleja en la tabla 5.10, se realiza en función

de lo que viene determinado en el apartado anterior, por lo no se evaluarán aquellos principios de los que no se tiene información (\*). Por ejemplo, para el principio relacionado con el calor radiante para calefacción se ha otorgado un valor de no aplicable (-) ya que según la tabla anterior se disponen de radiadores eléctricos (calor por convección).

Tabla 5.10. Criterios de bioconstrucción.  
(Elaboración propia)

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

---

## 5.6 CASA NUÑEZ.

---

### 5.6.1 Descripción del proyecto.

Otra obra de Luis De Garrido es la casa Nuñez como se muestra en la figura 5.6, una vivienda inspirada en los palacios renacentistas finalizada en 2003 situada en Valencia con área total de 410,10 m<sup>2</sup>, presupuesto de 349.530 €. En el centro de la vivienda se dispone de un patio ovalado que proporciona luz solar donde en verano la vivienda se ilumina a través de este patio. En el centro del patio central cubierto se dispone de una fuente de agua y un pulverizador, para aumentar la capacidad de refresco del sistema arquitectónico bioclimático (De Garrido, 2014, p.101).



Figura 5.6. Casa Nuñez.<sup>118</sup>

### 5.6.2 Sistemas bioconstructivos.

Como se muestra en la tabla 5.11, igual que el proyecto anterior, la estructura portante se ejecuta con muro de carga que constituye el sistema envolvente al mismo tiempo, uso de cubierta ajardinada, suelo radiante, optimización de recursos naturales, uso de tubos de plásticos no clorados para instalaciones de fontanería y saneamiento, etc.

---

<sup>118</sup> Luis De Garrido [web en línea] [consulta: 23/05/2018]. Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/nunez-eco-house/#tab-id-7>

Tabla 5.11. Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia a partir de información en De Garrido, 2014, p.101)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
-	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	Zapatas de hormigón armado.
2.2 Estructura portante	Muro de carga.
2.3 Estructura horizontal	Forjado de placas de hormigón armado prefabricado.
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Muros de dos hojas y aislamiento. La hoja constituye el muro de carga a base de bloques de madera-cemento (Durisol) de 20 cm de grosor, la hoja exterior se ha construido a base de paneles de hormigón armado aligerado de 7 cm. En el interior de la doble hoja existe una capa de aislamiento de cáñamo de 6 cm. Y una cámara de aire ventilada de 3 cm. Fachada norte con hoja exterior compuesta por placas de piedra cuarcita, con fachada ventilada.
3.2 Cubierta	Cubierta ajardinada de 30 cm de espesor
3.3 Suelo	Forjado sanitario.
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Tabiques de vidrio de altas prestaciones. Carpintería de madera tratada con aceites vegetales, toldos de lona de algodón, protecciones solares de madera maciza, tratada con lasures. Puertas de tablero doble de madera aglomerada, chapado de madera de haya, y tratado lasures.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Pinturas al silicato, tablas machihembradas y rastreadas, fachada ventilada a base de placas de piedra cuarcita, de forma irregular de 4 cm de espesor.
5.2 Paredes	Pinturas naturales.
5.3 Cubierta	Placas de zinc.
5.4 Techo	-
5.5 Solado	Losetas de piedra de basalto pulida.
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	Tubos de polietileno y cables libres de halógenos.
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento	Tuberías de agua de polipropileno, tuberías de desagüe de polietileno, suelo radiante, captadores solares térmicos para generar A.C.S en a vivienda.
6.3 Instalación de calefacción, refrigeración y ventilación	-
<b>7. Equipamiento</b>	
-	

### 5.6.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

En este apartado se aplica el mismo criterio que el caso anterior, en el cual se establece (\*) cuando no existe información al respecto. Como se muestra en la tabla 5.12, se ha evaluado con (+) el principio relacionado con la minimización del consumo de energía ya que se aprovecha la energía solar tal y como se especifica en la tabla anterior.

Tabla 5.12. Criterios de bioconstrucción.

(Elaboración propia)

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

---

## 5.7 CASA UNIFAMILIAR CON CANNABRIC.

---

### 5.7.1 Descripción del proyecto.

Por último, se expone un proyecto realizado por la directora del IEB, Petra Jebens-Zirkel, se trata de una vivienda unifamiliar de una planta como se muestra en la figura 5.7 situada en los Pirineos con área total de 127 m<sup>2</sup>.



Figura 5.7. Casa unifamiliar con Cannabric.<sup>119</sup>

### 5.7.2 Sistemas bioconstructivos.

En la tabla 5.13, se refleja los sistemas constructivos del proyecto, en el cual se ha hecho uso de los bloques de Cannabric en la ejecución del muro de fachada que tiene además una función estructural, que se han armado ya que la vivienda se ubica en zona sísmica, la cubierta acabada con teja cerámica sobre estructura de madera, etc.

---

<sup>119</sup> Petra jebens-zirkel Architecture [web en línea] [consulta: 23/01/2018]. Disponible en: <http://jebensarchitecture.eu/projects>

Tabla 5.13. Sistemas bioconstructivos.

(Elaboración propia)

<b>1. Sustentación del edificio</b>	
Zona sísmica en un terreno no muy estable.	
<b>2. Sistema estructural</b>	
2.1 Cimentación	-
2.2 Estructura portante	Muro de carga Cannabric
2.3 Estructura horizontal	Vigas laminadas de madera, apoyadas encima de zunchos de hormigón armado.
<b>3. Sistema envolvente</b>	
3.1 Fachada	Muros con bloques de Cannabric de 30 cm de espesor, recibido con mortero de cal.
3.2 Cubierta	Tablones de madera verticales con aislamiento de corcho natural entre ellos.
3.3 Suelo	Solera encima de la tierra compactada con una lámina de nódulos de polietileno y 20 cm de hormigón con cal. Encima hay un aislamiento técnico de 6cm de espesor de mezcla con cáñamo.
<b>4. Sistema de compartimentación</b>	
Tabique interior de medio pie (1/2), toda la carpintería es de madera.	
<b>5. Sistema de acabados</b>	
5.1 Fachada	Revestimiento con piedra natural.
5.2 Paredes	Revoque de barro con pinturas naturales.
5.3 Cubierta	Teja cerámica mixta de tonos terrosos.
5.4 Techo	-
5.5 Solado	Baldosa de barro cocido recibido con mortero de cal.
<b>6. Sistema de acondicionamiento e instalaciones</b>	
6.1 Instalación eléctrica	-
6.2 Instalación de fontanería y saneamiento	-
6.3 Climatización, calefacción y ventilación.	-
<b>7. Equipamiento</b>	
-	

### 5.7.3 Aplicación de los principios de bioconstrucción.

Se aplica el mismo criterio de evaluación que para las dos viviendas anteriores, en la tabla 5.14, se refleja que la mayoría de los principios de bioconstrucción no han sido evaluados (\*) por falta de información.

Tabla 5.14. Criterios de bioconstrucción.  
(Elaboración propia)

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

---

## 5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA APLICACIÓN DE CRITERIOS BIOCONSTRUCTIVOS.

---

En este apartado se procede con el análisis estadístico sobre el cumplimiento de los principios de construcción elaborado a partir de las listas de chequeo obtenidas del libro mencionado anteriormente. Además de los proyectos de IBN, Holz Haus, edificio Artis y Omicron campus, se añaden las listas de chequeo de los demás proyectos (Ece, 2018, pp.170-175)

Como resulta difícil visualizar todos los principios en un solo gráfico, estos se dividen según los bloques correspondientes tal y como se desarrolló en el capítulo 2.

### 5.8.1 Terreno.

En la figura 5.8 se muestra en porcentajes el cumplimiento de los principios de bioconstrucción relativos al bloque del terreno. Se observa que a todos los proyectos se les aplican los criterios de construcción descentralizada y flexible en urbanizaciones ajardinadas, entorno residencial relacionado y compatible con la naturaleza, mientras que el primer criterio sobre la ausencia de secuelas sociales negativas se aplica en un 24%.

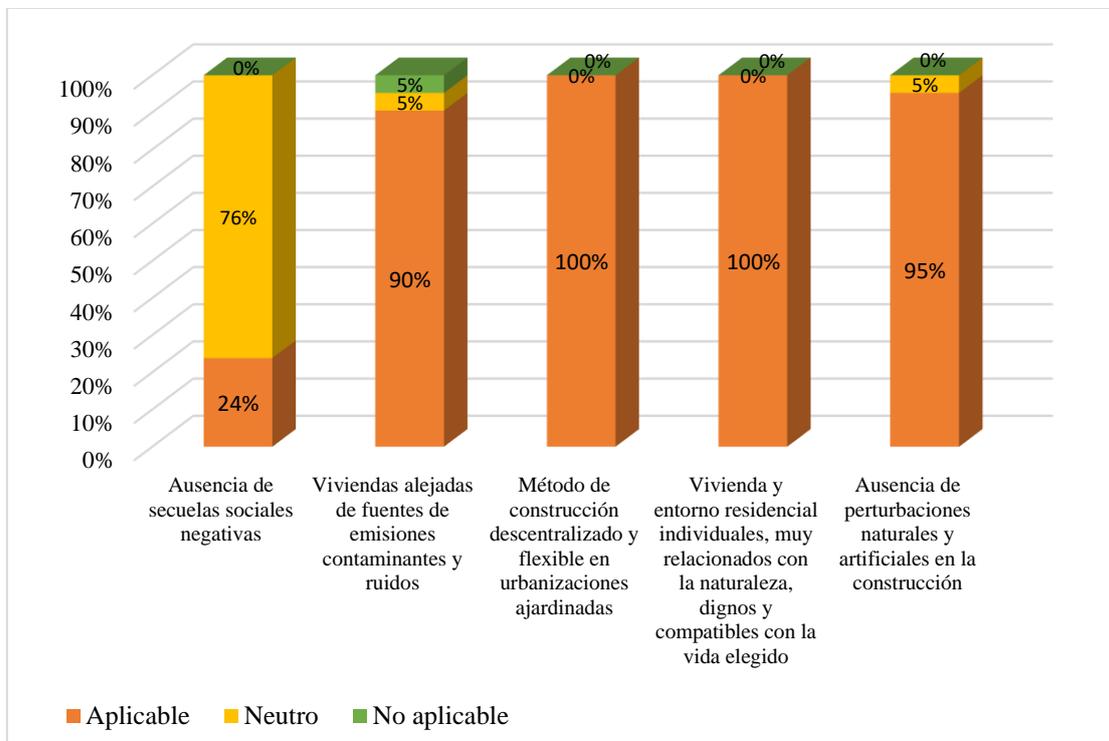


Figura 5.8. Terreno.

(Elaboración propia)

### 5.8.2 Materiales de construcción y protección acústica.

La utilización de materiales de construcción no tóxicos con baja radiactividad se aplica al total de los proyectos, la protección acústica orientada a las personas es aplicable en el 90% de los casos y se aplican el criterio relacionado con el uso de materiales naturales y no adulterados a 76% de los proyectos tal y como se observa en la figura 5.9.

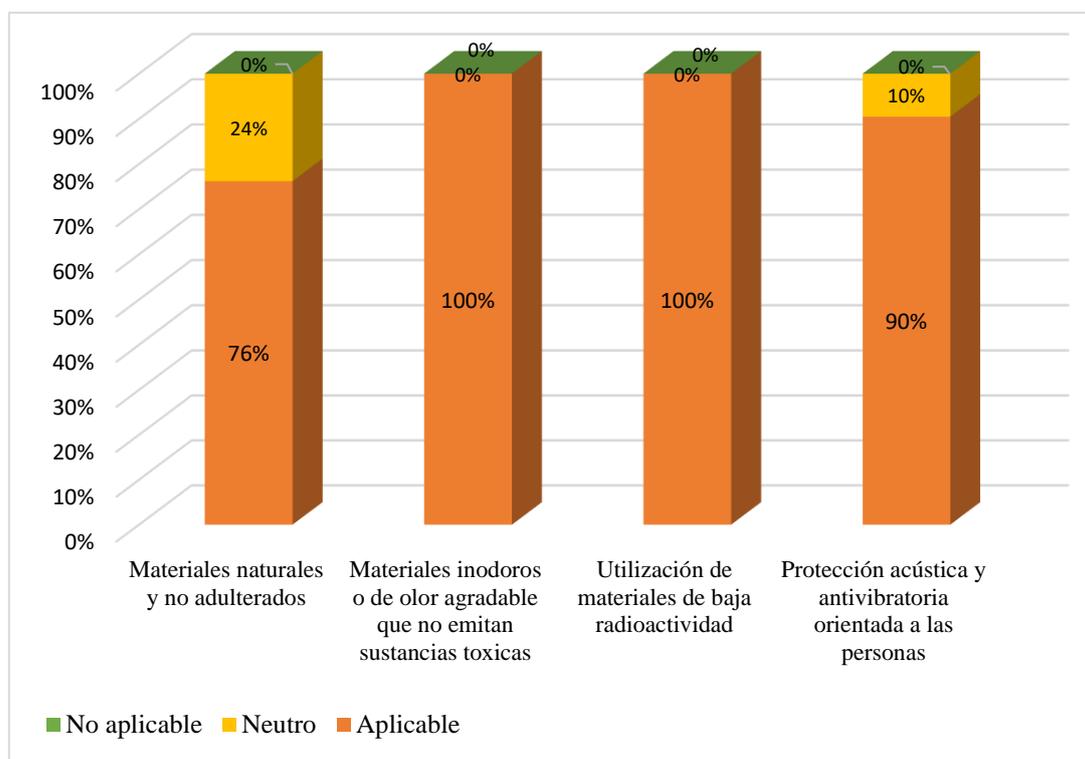


Figura 5.9. Materiales de construcción y protección acústica.

(Elaboración propia)

### 5.8.3 Clima interior.

En lo relativo al bloque relacionado con el clima interior tal y como se muestra en la figura 5.10, en todos los proyectos se regula de forma natural la humedad atmosférica interior a través de la utilización de materiales higroscópicos (A), se optimizan las temperaturas de las superficies y del aire interior (D) y se reduce la presencia de hongos, bacterias, polvo y alérgenos (I).

Los principios como la minimización y disipación rápida de la humedad de la obra nueva (B), proporción equilibrada de aislamiento térmico y acumulación de calor (C), buena calidad del aire interior gracias a una renovación natural (E) y calor radiante para la calefacción (F) se aplican en un rango del 90-95% de los casos.

Mientras que el criterio de la eliminación de campos electromagnéticos y ondas de radio en expansión se aplica al 38% del total de los proyectos y no se aplica al 14% de los casos.

Y la alteración mínima del entorno de radiación natural es aplicable al 52% de los proyectos.

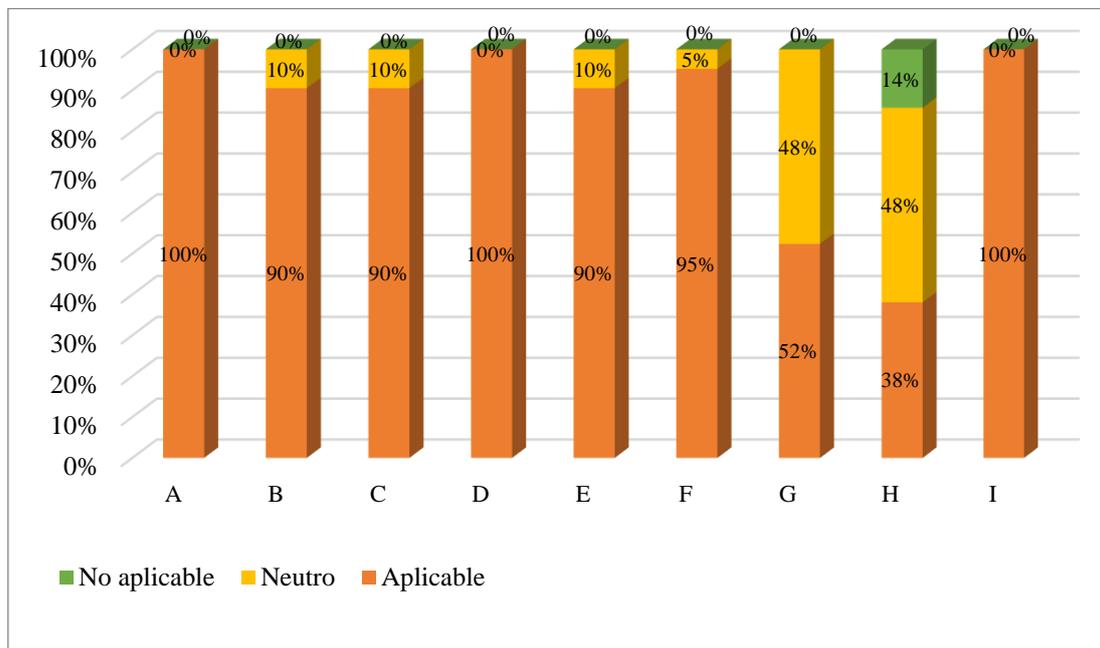


Figura 5.10. Clima interior.

(Elaboración propia)

#### 5.8.4 Diseño interior.

El principio relacionado con la luz natural, iluminación y colorido es aplicable al total de los casos, al igual que el principio que corresponde al uso de las dimensiones armoniosas, proporciones y formas que se aplican en el 90% de los casos. Mientras que la consideración ergonómica del mobiliario se aplica en un 52%, siendo neutro el 48% de los casos tal y como se refleja en la figura 5.11.

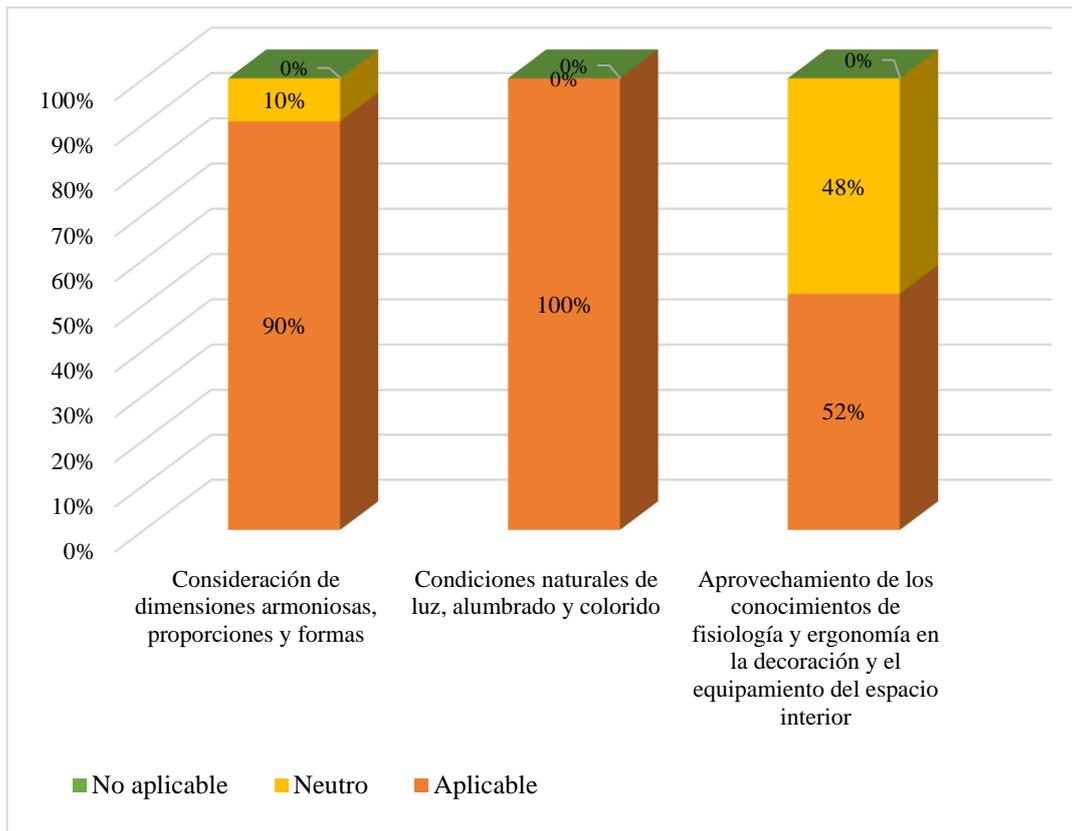


Figura 5.11. Diseño interior.

(Elaboración propia)

### 5.8.5 Medio ambiente, energía y agua.

El último bloque que corresponde al medio ambiente, energía y agua el 100% de los materiales de construcción utilizados en la construcción de los edificios son regionales, el 90% de los casos utilizan energía renovable. En el caso de una óptima calidad del agua potable el criterio se ha aplicado al 67% de los proyectos en los cuales el 33% de los casos han sido evaluados de forma neutra. Tal y como se refleja en la figura 5.12.

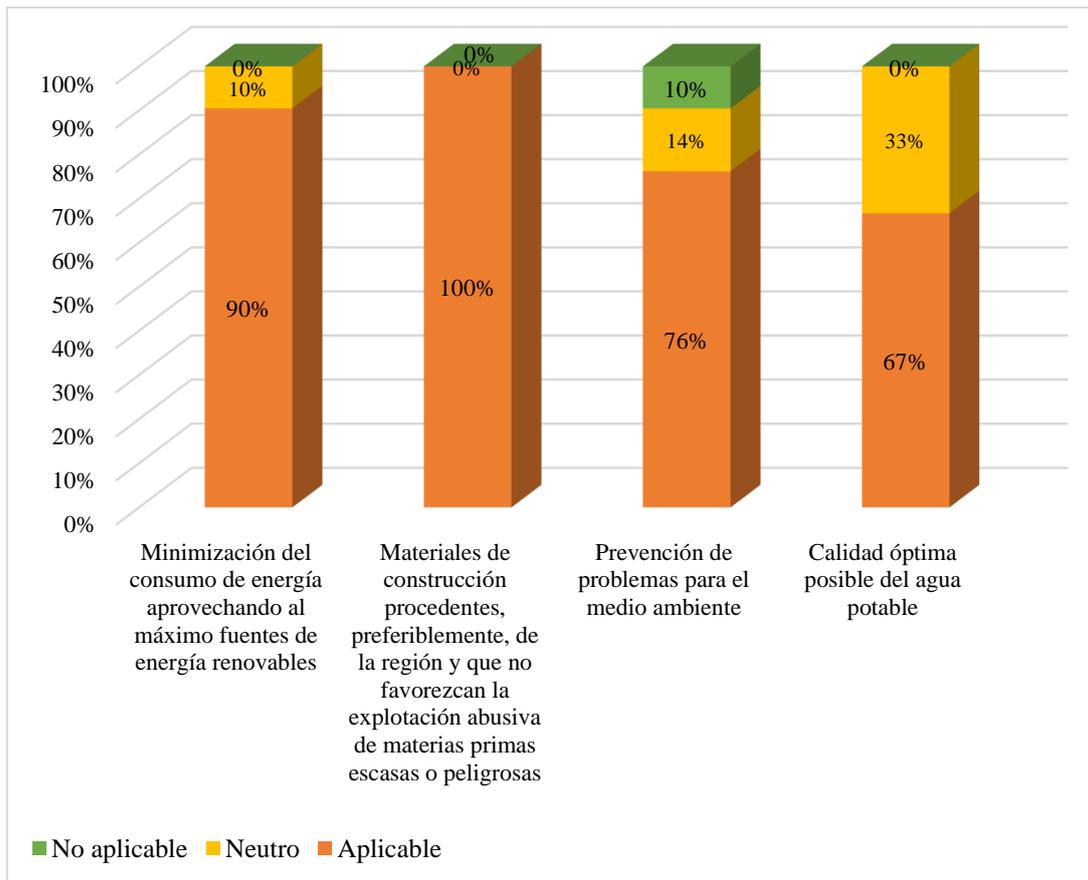


Figura 5.12. Medio ambiente, energía y agua.

(Elaboración propia)



---

## CAPÍTULO 6. CASO PARÁCTICO.

---



En este último capítulo se estudia un caso práctico en el cual se proporciona un proyecto para la construcción de un edificio convencional para uso docente, donde se intenta llevar a la práctica el uso de la guía de bioconstrucción elaborada, mediante la presentación de alternativas bioconstructivas tanto para sistemas constructivos, sistemas de instalaciones, así como mobiliario.

Cabe resaltar que no es posible llegar a la edificación de un edificio completamente bioconstructivo, por el hecho de que entran en juego muchos factores como la ubicación, normativa, disponibilidad y cercanía de los materiales, precios, sociedad, preferencias del cliente, etc. Como consecuencia de esto se parte inicialmente de una idea flexible a la hora de definir una alternativa bioconstructiva.

Para ello en cada apartado se explican los motivos de la elección de una solución determinada con respecto a las demás soluciones, especificando cuales han sido las limitaciones y los condicionantes. Una vez escogida la opción se procede con la verificación del cumplimiento de las normativas que le es de aplicación (CTE, EHE-08, NCSE-02, etc.).

Es importante mencionar que debido a la actualización del DB-HE1 relativo a la limitación de la demanda energética, a fecha de realización del presente trabajo el procedimiento de cálculo para la verificación de la exigencia ha cambiado con respecto a lo que viene expuesto en el proyecto convencional caso de estudio.

No obstante, con el fin de establecer la comparación de la transmitancia térmica entre la solución convencional proyectada y la solución alternativa y teniendo en cuenta la fecha de la realización del proyecto caso de estudio, la verificación de la exigencia para la solución alternativa se realiza con el mismo procedimiento de cálculo que se ha llevado a cabo en el proyecto caso de estudio.

Aparte de la justificación del cumplimiento de la normativa, se lleva a cabo un análisis bioconstructivo, desglosando las temáticas que engloba la bioconstrucción, desarrolladas anteriormente en el capítulo 1 a través de la comparación económica, medioambiental (sostenibilidad), eficiencia energética (bioclimatismo), salud (geobiología y biohabitabilidad), etc.

El edificio proyectado es un aula de instituto de educación secundaria, se ubica en Torre Pacheco (Murcia), el cual se lleva a cabo por petición del Excmo. Ayuntamiento de Torre Pacheco y elaborado por el Arquitecto D. Miguel Ángel Izquierdo Sánchez en 2015.

Es de una única planta de 3 m de altura, cuenta con una superficie útil de 630 m<sup>2</sup> y construida de 547,95 m<sup>2</sup>, siendo el presupuesto total de 489.731,92 €.

Como se muestra en la figura 6.1, el edificio proyectado tiene una forma de L, con linderos: Norte y este, recinto del colegio existente; sur, calle Valladolid; y Oeste, calle Asturias.

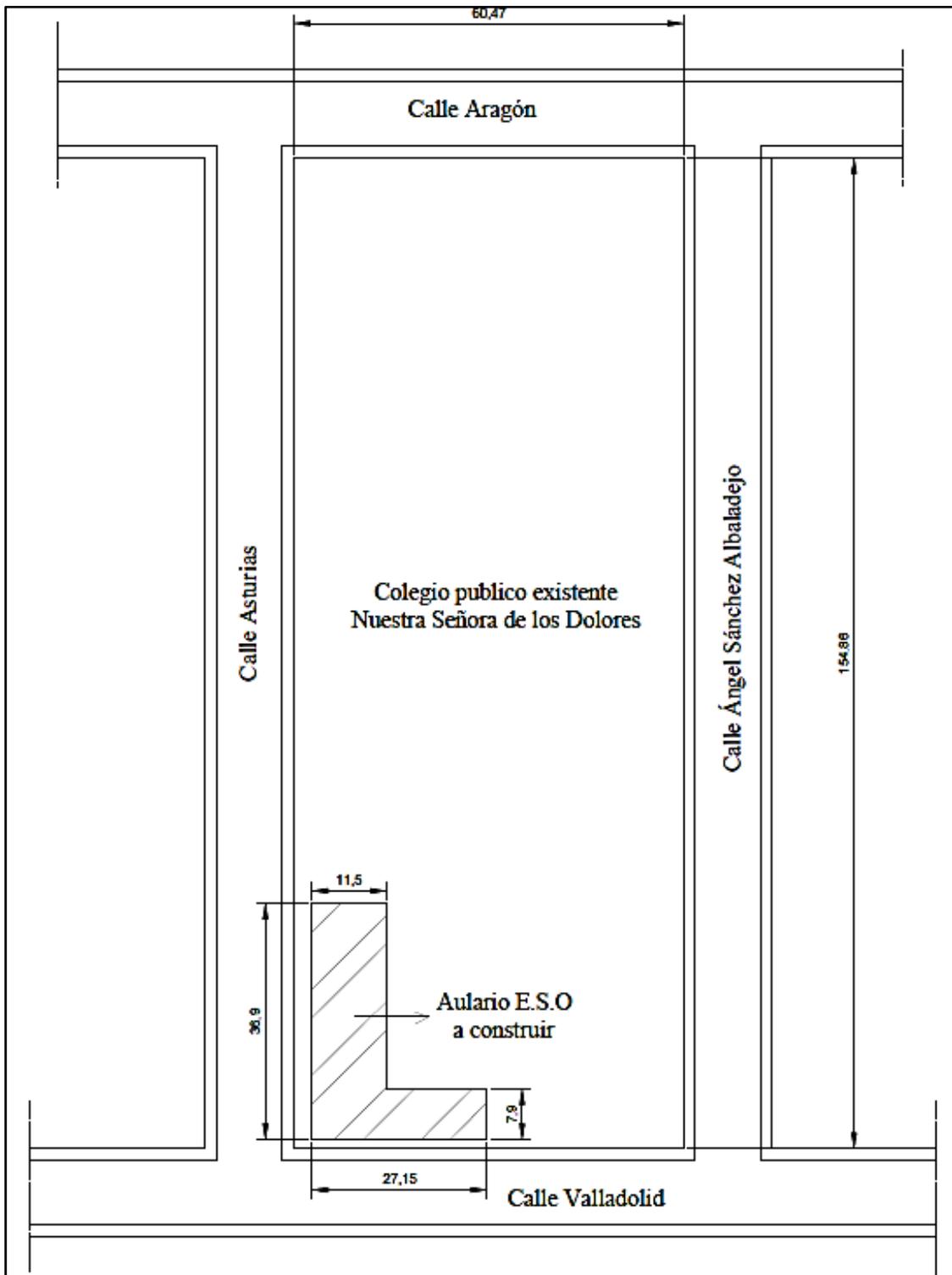


Figura 6.1. Plano de situación.

(Elaboración propia)

---

## 6.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO.

---

### 6.1.1 Estudio geotécnico.

Se realizó un estudio geotécnico del terreno para determinar el tipo de cimentación a emplear según los datos obtenidos en este. Se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en el Epígrafe 3 del DB-SE-C. Del estudio geotécnico realizado se obtienen los siguientes datos de acuerdo con el proyecto caso de estudio:

- Naturaleza del terreno: arcillosa media.
- Ángulo de rozamiento interno ( $\Phi$ ): 25-30°.
- Peso específico de ( $\delta$ ): 0,19 KN/m<sup>3</sup>.
- Cohesión (C): 0,105 KN/m<sup>2</sup>.
- Coeficiente de dorr (rozamiento lateral) (f): 0,25.
- Resistencia admisible ( $\sigma_{adm}$ ): 0,105 N/mm<sup>2</sup>.
- Nivel freático: > 10 m.
- Módulo de balasto  $K_{30}$ : 2,29 MN/m<sup>3</sup>.

Como resultado del estudio geotécnico, se plantea un sistema de cimentación directa a base de zapatas corridas.

### 6.1.2 Estudio geobiológico.

A continuación, se plantea la realización de un estudio geobiológico sobre el terreno donde se va a asentar el edificio, pero debido a que este se realiza en el lugar de forma física mediante herramientas radiestésicas y equipos de medición, el análisis se limitará a la reflexión sobre el entorno tal y como se observa en la figura 6.2 para detectar la presencia de líneas eléctricas, fuentes contaminantes, etc.



Figura 6.2. Emplazamiento Aulario ESO.<sup>120</sup>

Tal y como se observa en la figura 6.3, se detecta una línea eléctrica cercana al aulario en el cruce entre la calle Ángel Sánchez Albaladejo y calle Valladolid.



Figura 6.3. Línea eléctrica cercana al aulario.<sup>121</sup>

<sup>120</sup> Google Maps [web en línea] [consulta: 05/10/2018]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/@37.7748759,-0.8710275,218m/data=!3m1!1e3>

<sup>121</sup> Ídem 2.

Como medida correctora se planta más arbolado en la zona, ya que servirán para la desviación de esos campos eléctricos.

Además del análisis del entorno, se estudia la radiactividad del terreno mediante la visualización del mapa de radiación gamma natural en España (MARNA), en la figura 6.4 se muestra un extracto de la zona de estudio, concretamente la región de Murcia, en la cual se observa que para la zona de Torre Pacheco existen bajos niveles de exposición a la radiación gamma natural que rondan entre 5 y 8  $\mu\text{R/h}$  aproximadamente.



Figura 6.4. Extracto del mapa radiación gamma natural en España.<sup>122</sup>

Se estudia también el potencial de radón de las zonas donde se proyecta el edificio, que según el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), para la región de Murcia, en concreto la zona de Torre Pacheco, la concentración del radón en los edificios se encuentra entre 101 y 200  $\text{Bq/m}^3$ .

Teniendo en cuenta que la nueva exigencia incorporada al DB-HS, relativa a la protección frente al gas radón determina que con el fin de limitar el riesgo de la exposición de los ocupantes a concentraciones inadecuadas de radón que provienen del terreno en el interior del edificio, se establece el nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón de 300  $\text{Bq/m}^3$ . Por lo que, en el caso de la Región de Murcia, solo afecta a las zonas de Águilas, Puerto lumbreras y Mazarrón.<sup>123</sup>

<sup>122</sup> Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) [web en línea] [consulta:05/12/2018]. Disponible en: <https://www.csn.es/varios/marna/index.html>

<sup>123</sup> Actualmente esta disponible como una versión para trámite de audiencia e información pública para su posterior cumplimiento.

Pero según la norma SBM-2015, hay que establecer medidas para una concentración entre 60 y 200 Bq/m<sup>3</sup> ya que se considera fuertemente significativa teniendo que aplicar las medidas de protección necesarias.

Para ello como medida correctora se dispone de forjado sanitario, que ya está proyectado en el proyecto original.

---

## 6.2 SISTEMA ESTRUCTURAL.

---

### 6.2.1 Cimentación.

Como queda definido en el estudio geotécnico, la cimentación es a base de zapatas corridas de hormigón armado. El cálculo estructural de la cimentación se realiza según la EHE-08 y el DB-SE-C.

#### 6.2.1.1 Cimentación alternativa.

Teniendo en cuenta que posteriormente se justifica la solución adoptada, se considera la cimentación a base de hormigón armado ya que queda recogido en la normativa, descartando el resto de las opciones.

Como alternativa al hormigón convencional HA-25/P/40/IIa, acero B400S definido en el proyecto, se puede optar por el uso de biohormigón, hormigón reforzado con fibras estructurales y hormigón reciclado. Y armadura con acero inoxidable.

Debido al alto precio del acero inoxidable, la armadura no cambia, por lo que se analizan las opciones para el hormigón:

El uso de biohormigón no es posible porque la cal y el acero son materiales incompatibles, para el hormigón reforzado y hormigón con áridos reciclados, la elección depende del coste económico de estos.

Para no sobrepasar el presupuesto marcado en el proyecto caso de estudio, se parte del precio base del hormigón convencional que es 67,16 €/m<sup>3</sup>, comparándolo con el precio del hormigón reforzado con fibras estructurales, donde este último resulta más caro llegando a 93,03 €/m<sup>3</sup> por lo que el precio aumente un 25,87 €/m<sup>3</sup>. Mientras que el precio del hormigón reciclado es de 60,17 €/m<sup>3</sup>, más bajo que el hormigón convencional.<sup>124</sup>

---

<sup>123</sup> Generador de precios de la construcción de CYPE [web en línea] [consulta:14/10/2018]. Disponible en: [http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Cimentaciones/Superficiales/Zapatas/CSZ010\\_Zapata\\_de\\_cimentacion\\_de\\_hormigon\\_a.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cimentaciones/Superficiales/Zapatas/CSZ010_Zapata_de_cimentacion_de_hormigon_a.html)

La cimentación alternativa será a base de zapatas corridas de hormigón con áridos reciclados HRA-25/P/40/IIa y acero B400S.

#### **6.2.1.2 Justificación de la normativa.**

Como en el proyecto original se justifican todas las soluciones proyectadas, se va a proceder con la justificación de las normas que les afecta el cambio mediante la solución alternativa escogida. Según la EHE-08 los hormigones con áridos reciclados se consideran especiales por lo que se debe cumplir con las especificaciones relativas a este y quedan establecidas en el Anejo 15 (recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados) de la norma.

Para su aplicación como hormigón estructural, el Anejo, limita el contenido de árido grueso reciclado en un máximo del 20% del peso total del árido grueso. Con ello se consigue que las propiedades finales de hormigón reciclado sean iguales que las del hormigón convencional. En el caso de porcentaje superior al 20% se llevan a cabo estudios específicos, que se contemplan en dicho Anejo.

*El hormigón reciclado de la solución adoptada posee un porcentaje del 20% como máximo de contenido reciclado de árido grueso, por lo que este cumple con las mismas especificaciones establecidas para el hormigón convencional que quedan justificadas en el proyecto original caso de estudio.*

#### **6.2.1.3 Análisis comparativo.**

Se establece una comparación entre la cimentación proyectada y la cimentación alternativa según las temáticas relacionadas con la bioconstrucción desarrolladas en el capítulo 1, además de la comparación económica.

Tal y como se muestra en la figura 6.5 desde el punto de vista medioambiental (sostenibilidad), el hecho de incluir áridos reciclados es positivo, en cuanto a la eficiencia energética (bioclimatismo) no procede en este apartado por lo que se evalúa de forma neutra. En términos de salud no se establece una diferencia ya que no se cambiaron los materiales siendo negativa en ambos casos. Y ya con respecto a lo económico, el cual ha sido el condicionante principal a la hora de limitar la elección del tipo de hormigón, se ha conseguido un ahorro de 6,44 €/m<sup>3</sup> con respecto al hormigón convencional lo que resulta positivo.

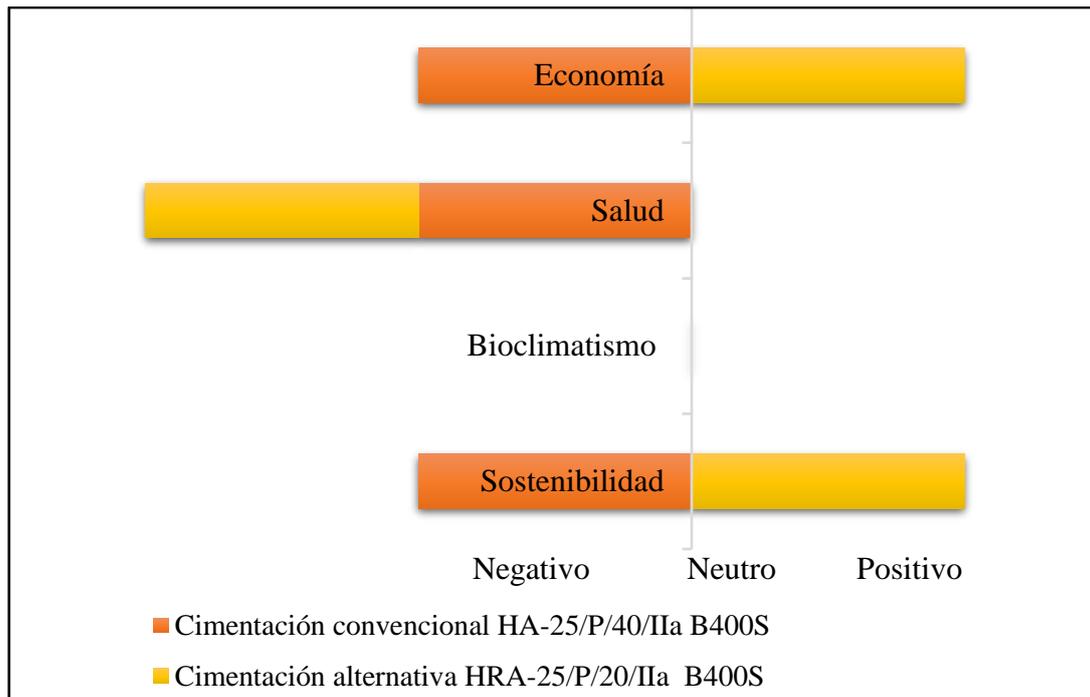


Figura 6.5. Comparación bioconstructiva: cimentación.

(Elaboración propia)

## 6.2.2 Estructura portante.

La estructura portante establecida en el proyecto es a base de pórticos de hormigón armado HA-30/B/20/IIb y acero B400S. Compuestos por vigas de 70 x 30 cm y pilares de 35x35 cm. El cálculo estructural se realiza según la EHE-08 y DB-SE.

### 6.2.2.1 Estructura portante alternativa.

Para la elección del tipo de estructura portante alternativa, se parte en primer lugar de determinar los materiales recogidos en el CTE, que llevan a cabo la función estructural. El DB-SE, dispone de documentos básicos asociados al cálculo estructural de acero, fábrica (ladrillo cerámico, bloques aligerado, hormigón, etc.) y madera.

El acero queda descartado ya que no es material idóneo en bioconstrucción, queda la solución estructural a base de muros de fábrica y estructuras de madera. Teniendo en cuenta la cimentación adoptada y la concepción de la estructura portante como sistema envolvente, se opta por la solución de muros de fábrica estructural.

Como resultado de lo anterior, la solución alternativa estructural es un muro de carga de bloques de termoarcilla, siendo 14 cm el espesor mínimo para fábricas estructurales. El espesor final (24 o 29 cm) se estudia en el apartado de sistema envolvente: fachadas, donde se considera una serie de factores como la transmitancia térmica, el aislamiento

acústico etc. El cálculo estructural del muro se realiza de acuerdo con el documento básico, seguridad estructural fábrica DB-SE-F y SE-AE.

### 6.2.2.2 Justificación de la normativa.

Se justifica solo aquellos documentos básicos que les afecta el cambio del sistema estructural, el resto de los documentos básicos no se desarrollan ya que se justifica su cumplimiento en el proyecto original caso de estudio. En este caso hay que justificar el cumplimiento del DB-SE-F, DB-SI y NCSE-02:

*DB-SE-F.*

La resistencia a compresión mínima de un bloque de fabrica será de 5 N/mm<sup>2</sup>, tal y como viene determinado en la tabla 4.4 del Documento Básico.

Resistencia normalizada de las piezas, $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	5		10		15		20		25
Resistencia del mortero, $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	2,5	3,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	-	-	3	3	3	3	3	3	3
Ladrillo macizo	2	2	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	2	2	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	1	1	2	3	4	4	5	6	6

*El bloque de termoarcilla posee una resistencia a compresión de 12,5 N/mm<sup>2</sup>, lo que cumple con lo establecido en DB-SE-F*

*DB-SI.*

La edificación proyectada está destinada a uso docente, sin zona de riesgo especial y con una altura de evacuación de menos de 15 m (una planta de h=3m) por lo que según la tabla 3.1 del DB-SI 6 “resistencia al fuego de la estructura” los elementos estructurales que cumplan los anteriores requisitos han de poseer una resistencia al fuego R60.

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

En el caso de la estructura con muro de termoarcilla de una sola hoja posee una resistencia REI de 240 según la tabla F1 del DB-SI. Por lo que se cumple con esta exigencia.

**Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silico-calcáreo**

Tipo de revestimiento	Espesor e de de la fábrica en mm						
	Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada	
	40≤e<80	80≤e<110	e≥110	110≤e<200	e≥200	140≤e<240	e≥240
Sin revestir	(1)	(1)	(1)	REI-120	REI-240	(1)	(1)
Enfoscado	Por la cara expuesta	EI-60	EI-90	EI-180	REI-240	EI-180	EI-240
	Por las dos caras	EI-30	EI-90	EI-120	REI-180	REI-240	REI-180
	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	REI-240	EI-240
Guarnecido	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	REI-240	EI-240
							RE-240
						REI-180	REI-240

(1) No es usual

#### NCSE-02.

Según el artículo 1.2.2 de NCSE-02 al tratarse de un instituto (uso docente), la construcción se clasifica de importancia normal, y según el Anejo 1 de dicha norma, la aceleración sísmica básica  $a_b = 0,09g$  siendo  $g$  la aceleración de la gravedad ( $k=1$ ) para Torre Pacheco (Murcia).<sup>125</sup>

La norma en su artículo 4.4 recoge las especificaciones para estructuras de muro de fábrica que para una aceleración de cálculo de  $0.10g$  hay que cumplir lo siguiente:<sup>126</sup>

Cuando  $0,08 g \leq a_c \leq 0,12 g$ , la altura máxima de una estructura de muros será de 4 plantas y la altura de cada planta no será mayor que 20 veces el espesor del muro. Además, el espesor mínimo para muros exteriores de una sola hoja será de 14 cm y de 12 cm para los interiores. Cuando  $a_c \geq 0,08 g$ , todos los elementos portantes de un mismo edificio se realizarán con la misma solución constructiva.

*El edificio consta de una sola planta de 3 m de altura que en el caso de adoptar la solución de una hoja con muro de termoarcilla de 29 o 24 cm de espesor ( $h=3m < 20*0,24=4,8 m$ ;  $h < 20*0,29=5,8$ ), y mayor que 14 cm como mínimo establecido por la norma.*

Se dispondrá de armaduras de refuerzos para una aceleración de cálculo  $a_c \geq 0,12 g$ .

<sup>125</sup> Según el artículo 1.2.3, esta norma no se aplica si  $a_b < 0,04 g$ , en este caso la aceleración sísmica básica donde se ubica el proyecto ( $0,09g$ ) es mayor que  $0,04g$  por lo que le es de aplicación la normativa por lo que se tienen en cuenta en el cálculo estructural, además de las disposiciones establecidas en ella.

<sup>126</sup> Según el artículo 2.2 la aceleración de cálculo viene dada por la expresión:  $a_c = S \cdot p$ .  $a_b = 1,04 \times 1 \times 0,09 = 0,10g$ ; siendo  $a_b = 0,09g$ ;  $p = 1$  (para construcción de importancia normal) y  $S = C/1,25$  en el caso de  $p \cdot a_b < 0$  igual  $= 0,1 g$ ;  $C$  es el coeficiente del terreno = 1,3.

*La aceleración de cálculo del proyecto es de 0,1g, por lo que no es obligatoria la disposición de armaduras de refuerzos en el muro.*

### 6.2.2.3 Análisis comparativo.

Las ventajas derivadas del cambio de pórticos de hormigón armado a muros estructurales consisten en la disminución del coste energético, de los materiales, mano de obra, ahorro de tiempo, etc.

Tal y como se muestra en la figura 6.6 desde el punto de vista medioambiental (sostenibilidad) para la estructura de hormigón armado el factor de emisión estimado sería de 0,517 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, en cambio para los bloques de termoarcilla sería de 0,137 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, consiguiendo la reducción de 0,38 KgCO<sub>2</sub>eq/kg lo cual resulta positivo. En cuanto al estudio de la eficiencia energética (bioclimatismo), se estudia en el apartado correspondiente al sistema envolvente: fachadas, ya que el propio muro forma parte de este por lo que en este caso la evaluación es neutra. La termoarcilla es transpirable y no altera el campo magnético natural como ocurre con el hormigón armado (salud), y además está la ventaja de que es más barata que las estructuras de hormigón armado por lo que es positivo.

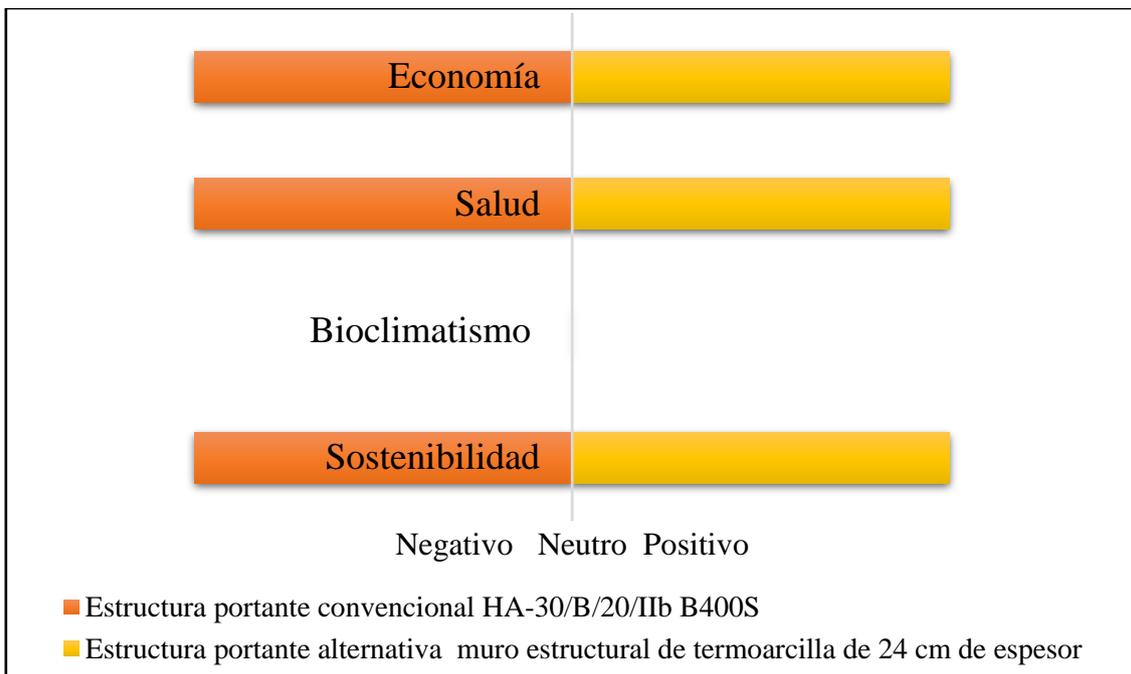


Figura 6.6. Comparación bioconstructiva: sistema estructural.

(Elaboración propia)

### **6.2.3 Estructura horizontal.**

La estructura horizontal proyectada es un forjado unidireccional de 30 cm de canto (25+5) con viguetas semirresistente fabricadas in situ, con intereje entre viguetas de 70 cm, bovedillas de hormigón. HA-30/B/20/IIb. Acero B400S.

#### **6.2.3.1 Estructura horizontal alternativa.**

Como alternativa a la estructura horizontal establecida en el proyecto se puede optar por el uso de forjados de madera, pero estos presentan el inconveniente de no estar recogidos en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE por lo que resulta difícil a efectos de cálculo determinar sus valores acústicos y térmicos para la verificación del cumplimiento de las exigencias del CTE.

Además, tienen un coste económico mayor que los forjados de hormigón armado, ya que el forjado proyectado tiene un precio de 47,82 €/m<sup>2</sup>, mientras que para un forjado de viguetas de madera con entrevigado de bovedilla cerámica el coste es de 93,16 €/m<sup>2</sup> y un forjado de madera de viguetas y tablero estructural tiene un precio de 101,98 €/m<sup>2</sup>.<sup>127</sup>

Por lo que como solución se escoge un forjado de hormigón con áridos reciclados con entrevigado cerámico, sin cambiar el tipo de acero ya que tal y como se comentó anteriormente el acero inoxidable resulta más caro. El precio no varía mucho con respecto al forjado proyectado siendo el precio de este último de 46,94 €/m<sup>2</sup>.

#### **6.2.3.2 Justificación de la normativa.**

Para la estructura portante adoptada hay que justificar lo siguiente:

*DB-SI.*

La edificación proyectada está destinada a uso docente, sin zona de riesgo especial y con una altura de evacuación de menos de 15 m (una planta de h=3m) por lo que según la tabla 3.1 del DB-SI 6 “resistencia al fuego de la estructura” los elementos estructurales que cumplan los anteriores requisitos han de poseer una resistencia al fuego R60.

---

<sup>127</sup> Ídem 4

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
		Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Según el Anejo C resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado, de DB-SI establece lo siguiente en el apartado C.2.3.5: forjados unidireccionales:

Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor bastará con que se cumpla el valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras establecidos para losas macizas en la tabla C.4, pudiéndose contabilizar, a efectos de dicha distancia, los espesores equivalentes de hormigón con los criterios y condiciones indicados en el apartado C.2.4.

*El cambio de bovedillas de hormigón por cerámicas no afecta ya que la condición es tanto para forjados con entrevigado de hormigón como para forjados con entrevigado cerámico. Por lo que en el proyecto caso de estudio la resistencia a fuego de estructura de HA es de R120, que será la misma para el caso del forjado con entrevigado cerámico. EHE-08.*

Tal y como se ha especificado en el apartado relativo a cimentaciones, el cambio de un hormigón convencional por un hormigón especial (hormigón con 20% áridos reciclados), no requiere ninguna justificación más allá de la establecida en la norma, y que queda justificada en el proyecto original caso de estudio.

### 6.2.3.3 Análisis comparativo.

Tal y como se muestra en la figura 6.7 desde el punto de vista medioambiental (sostenibilidad), el uso de áridos reciclados y la sustitución de bovedillas de hormigón por cerámicas es ventajoso. En cuanto a la eficiencia energética (bioclimatismo) no procede en este apartado por lo que se valora de forma neutra. Como el forjado alternativo es de hormigón armado no se reducen los efectos sobre la salud siendo negativos en ambos casos. Ya en lo relativo al coste se ahorra 0,88 €/m<sup>2</sup> por lo que a nivel económico resulta positivo.

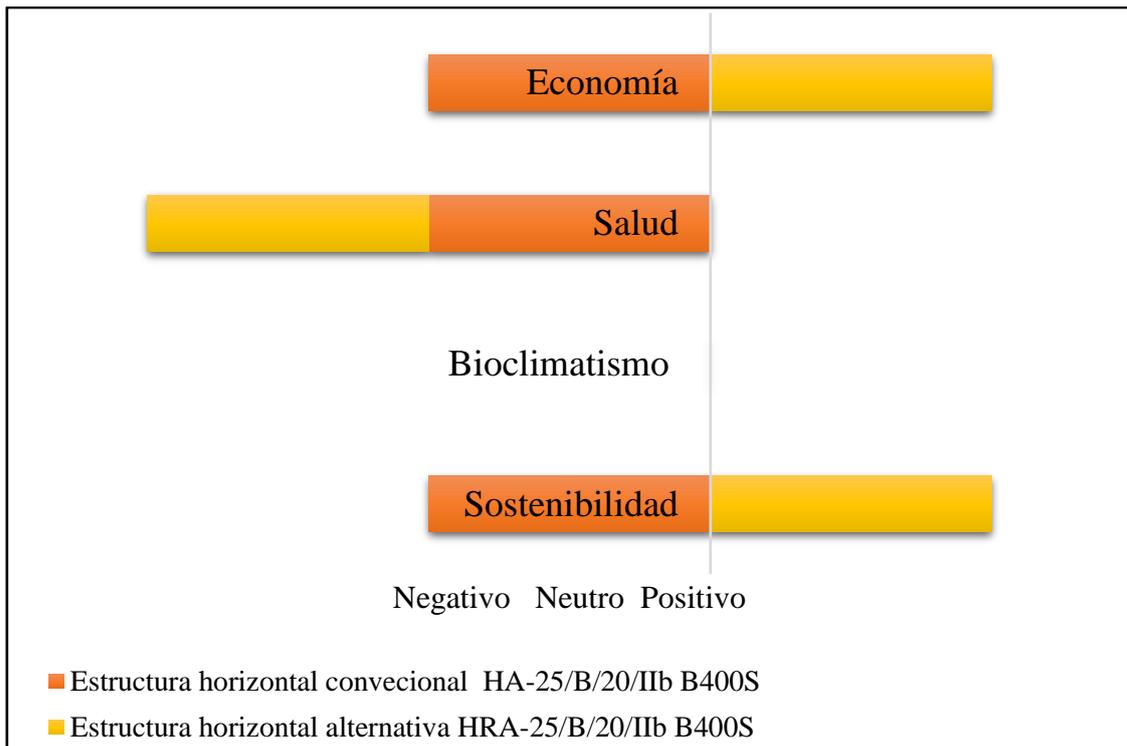


Figura 6.7. Comparación bioconstructiva: sistema horizontal.

(Elaboración propia)

---

### 6.3 SISTEMA ENVOLVENTE.

---

#### 6.3.1 Fachada.

La fachada proyectada es capuchina trasdosada de cartón yeso con espesor total de 30 cm, compuesta por las siguientes hojas de exterior a interior como se muestra en la figura 6.8.

Ladrillo perforado cara vista de  $\frac{1}{2}$  pie (11,5 cm) de espesor, mortero de cemento o cal de 2 cm de espesor, aislamiento térmico de poliestireno expandido con CO<sub>2</sub> de 8 cm de espesor, cámara de aire sin ventilar de 3 cm de espesor, tabicón de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor y placa de yeso laminado (PYL) de 1,5 cm de espesor, tal y como se muestra en la figura 6.8.

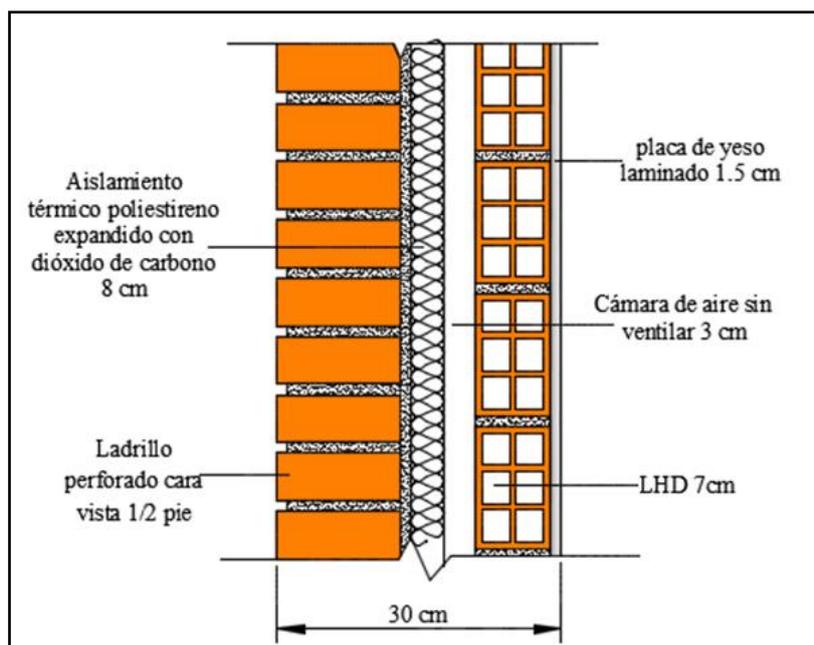


Figura 6.8. Fachada proyectada.

(Elaboración propia)

### 6.3.1.1 Fachada alternativa.

El muro estructural de bloques de termoarcilla constituye el sistema envolvente. Por lo que más adelante se analizara y justificara la disposición constructiva.

### 6.3.1.2 Justificación de la normativa.

Se justifica el cumplimiento de los documentos básicos relativos a la exigencia de DB-HE 1, DB-HR y DB-HS.

#### *DB-HE.*

Tal y como se ha comentado anteriormente, el procedimiento de cálculo para la verificación de esta exigencia se realiza de acuerdo con lo establecido en el DB-HE 1 correspondiente a la fecha de realización del proyecto convencional caso de estudio.

El DB-HE 1 establece que la demanda energética de un edificio se limita en función del clima de la localidad (zona climática). De acuerdo con la tabla B.1 del Apéndice B del DB-HE1, la Región de Murcia se encuentra en la zona climática B3, que para esa zona la transmitancia térmica máxima  $U$  de los muros de fachada no será superior a  $1,07 \text{ W/m}^2\text{K}$  y la transmitancia térmica máxima de los huecos no superior a  $5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Y según el Apéndice D del mismo documento la transmitancia media no será superior a la transmitancia límite  $U_{lim} = 0,82 \text{ W/m}^2\text{k}$ . y la transmitancia media de los huecos no superior a la transmitancia límite  $U_{Hlim}$  que está en función de la orientación de los huecos

y el porcentaje de estos. Según los planos del proyecto caso de estudio el porcentaje de huecos en cada orientación es: norte 20,36 %, este 15,18 %, oeste 30,35% y sur 11,64%.

Así como el factor solar modificado límite de huecos  $F_{Hlim}$  que está en función de la carga interna, que es baja para el proyecto caso de estudio.

<b>D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3</b>	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,30$

*El cálculo para la verificación del cumplimiento esta exigencia se ha realizado mediante la opción simplificada ya que el proyecto cumple con las condiciones exigidas para proceder con el cálculo mediante esta opción.*<sup>128</sup>

*Se realiza mediante la herramienta de cálculo disponible en la página CTE-WEB promovida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) y el Instituto de la Construcción de Castilla y León (ICCL).*<sup>129</sup>

*En los anexos del presente trabajo se localiza el informe completo relativo a la verificación del cumplimiento de esta exigencia. Para ello este apartado se limita a comentar y analizar los valores de transmitancia térmica obtenidos comparándolos con los del sistema envolvente proyectada.*

Se estudian tres casos para el sistema envolvente en función de la disponibilidad y situación del aislamiento térmico: fachada sin aislamiento, fachada con aislamiento interior y fachada con aislamiento exterior (sistema SATE), con el fin de analizar los valores de transmitancia térmica obtenida, así como establecer una comparación con la fachada proyectada que posee una transmitancia térmica máxima  $U=0,55 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

**Opción 1:** fachada de una sola hoja sin aislamiento.

La primera opción constituye el muro de termoarcilla ECO 3 de una sola hoja de 29 cm de espesor con mortero de cal pintado al silicato por el exterior de 1,5 cm de espesor y enlucido de arcilla por el interior de 2 cm, ejecutado con junta horizontal interrumpida

<sup>128</sup> La superficie de huecos en cada fachada debe ser inferior al 60% de su superficie; excepto en aquellas fachadas cuya área suponga un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio. La superficie de lucernarios debe ser inferior al 5% de la superficie total de la cubierta. Quedan excluidos aquellos edificios cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales tales como muros trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, etc. En caso de obras de rehabilitación, se aplicarán a los nuevos cerramientos los criterios establecidos en esta opción.

<sup>129</sup> CTE-WEB [web en línea] [consulta: 11/01/2019]. Disponible en: <http://cte.web.iccl.es/verificador/informe>

por banda de material aislante de 3 cm de ancho con material de agarre mortero aislante de conductividad 0,1 W/mK. Tal y como se refleja en la figura 6.9.

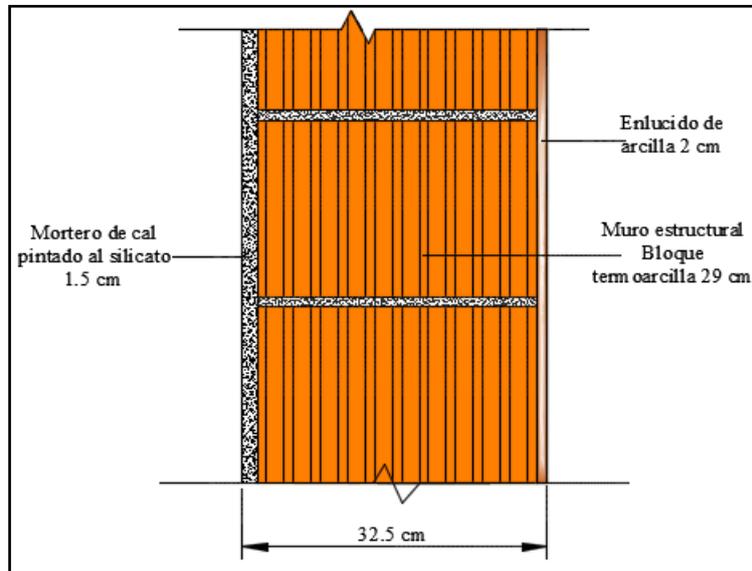


Figura 6.9. Fachada de una sola hoja sin aislamiento.

(Elaboración propia)

El muro de termoarcilla ECO 3 de una sola hoja cumple con la exigencia del establecida en el DB-HE1:

$$\text{DB-HE1} \left\{ \begin{array}{l} U_{\max} = 1,07 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \\ U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K} < 1 \\ U_{\text{lim}} = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \end{array} \right.$$

*Posee una gran inercia térmica por ello la transmitancia térmica de la fachada se reduce en 32,73 % con respecto a la fachada proyectada.*

**Opción 2:** Fachada de varias hojas con aislamiento interior.

Se trata de una solución convencional donde la hoja principal se compone por el muro estructural de termoarcilla ECO 3, en este caso de 24 cm de espesor, aislamiento térmico a base de corcho natural de 6 cm de espesor, tabicón LHD de 7 cm de espesor y revoco de cal por el exterior con pintura al silicato y enlucido de arcilla por el interior como la solución anterior tal y como se muestra en la figura 6.10.

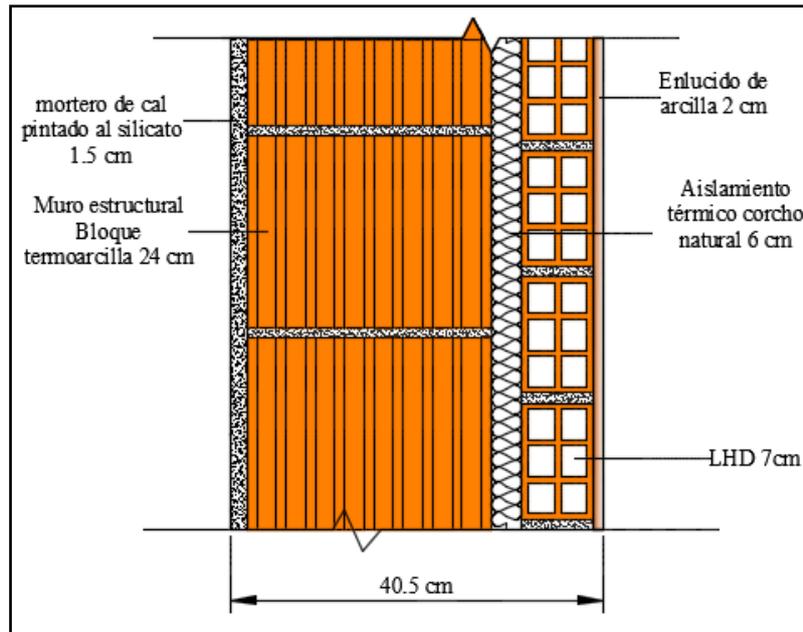


Figura 6.10. Fachada con aislamiento térmico por el interior.

(Elaboración propia)

$$\text{DB-HE 1} \left\{ \begin{array}{l} U_{\max} = 10,7 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \\ U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K} < \\ U_{\text{lim}} = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \end{array} \right.$$

Con esta solución que engloba el aislamiento térmico la transmitancia de la fachada se reduce con respecto a la primera opción en 29,73% y en 52,73 % con respecto a la fachada convencional.

**Opción 3:** Fachada de una hoja con aislamiento por el exterior. Sistema SATE.

Se trata de la solución más óptima desde el punto de vista bioclimático, compuesta por muro estructural de termoarilla ECO 3 de 24 cm de espesor, aislamiento de corcho natural de 8 cm de espesor, mortero de cal pintado al silicato por el exterior de 1,5 cm y enlucido de termoarilla por el interior de 2 cm tal y como se muestra en la figura 6.11.

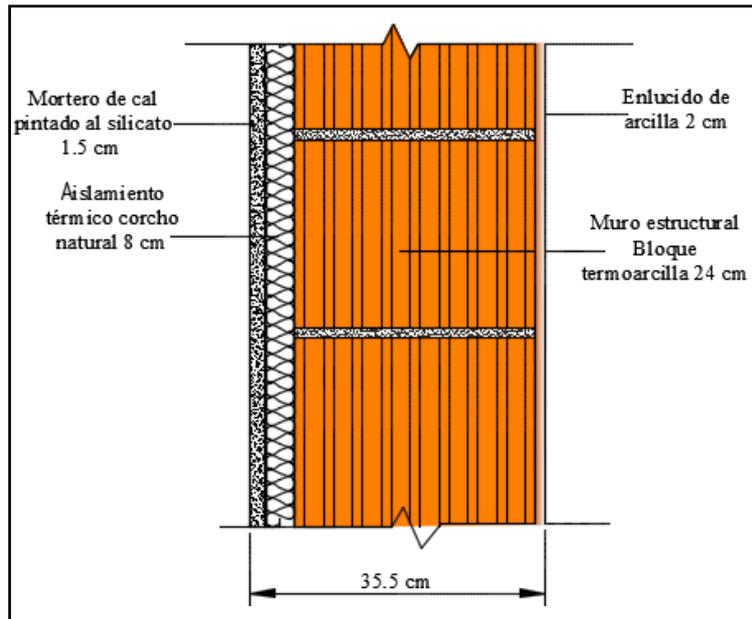


Figura 6.11. Sistema SATE.

(Elaboración propia)

$$DB-HE 1 \left\{ \begin{array}{l} U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 1,07 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \\ U_m = 0,23 < U_{\lim} = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \end{array} \right.$$

La transmitancia térmica máxima se reduce un 11,54 % con respecto a la opción anterior (en el caso de que el aislamiento de la opción anterior tenga el mismo espesor que esta opción pues la transmitancia sería igual). Pero si se evita el uso del ladrillo hueco doble.

En conclusión, se escoge la última opción que es la fachada con sistema SATE. En cuanto a los huecos en fachada en el proyecto caso de estudio se definen ventanas metálicas monoblock con acristalamiento doble con cámara 4/6/4 mm, con transmitancia térmica máxima  $U = 3,65 \text{ W/m}^2\text{K}$

Como alternativa a la carpintería metálica se opta por carpintería de madera frondosa de baja densidad ( $500 \text{ kg/m}^3$ ), color marrón oscuro con doble vidrio aislante con cámara 4/6/4 mm de espesor.

$$DB-HE1 \left\{ \begin{array}{l} U = 2,97 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \\ U_{Hm} = 2,97 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\lim} = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}; 5,70 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \end{array} \right.$$

La transmitancia térmica de los marcos de la ventana alternativa se reduce en 18,10 % respecto a la opción proyectada.

**DB-HR.**

La exigencia de aislamiento acústico del ruido exterior solo es aplicable a recintos protegidos, que en el caso de un edificio destinado a uso docente lo serán las aulas, despachos, etc. Según el DB-HR, se toma un valor del índice de ruido día,  $L_d = 60$  dBA (automóviles) cuando no se dispone de datos oficiales, el aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{2m, nT, Atr}$  debe ser mayor o igual a 30 dBA tal y como figura en la tabla 2.1 del mismo.

**Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m, nT, Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .**

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Los valores mostrados a continuación se han obtenido mediante la herramienta para el cálculo y verificación del DB-HR mediante la opción general, por lo que en el anexo del presente trabajo se localiza el informe de verificación del cumplimiento de esta exigencia.

DB-HR	{	Masa superficial=257 kg/m <sup>2</sup> .
		Aislamiento acústico a ruido aéreo $R_A=50$ dBA.
		Índice global de reducción acústica, ponderado A, $R_{A tr}= 47$ dBA.
		Aislamiento acústico a ruido aéreo exterior $D_{2m, nT, Atr}=36 \geq 30$ dBA ✓

**DB-HS 1.**

El grado de impermeabilidad de la fachada proyectada es 2, que viene determinado por la zona pluviométrica y el grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio, por lo tanto, es un valor que no varía, pero si la existencia de revestimiento exterior, ya que la fachada proyectada no dispone de revestimiento exterior (ladrillo caravista), mientras que la fachada alternativa sí (revoco de cal con pintura al silicato).

Para ello se comprueba el cumplimiento de las condiciones exigidas a la solución constructiva proyectada recogida en la tabla 2.7 del mismo documento. Donde para un

grado de impermeabilidad 2, con revestimiento exterior continuo, este debe tener una resistencia media a la filtración (R1) y con fachada de una sola hoja, esta debe tener un espesor alto y puede ser ladrillo cerámico de 1 pie de espesor, bloque cerámico, de hormigón o piedra natural de 24 cm de espesor (C2).<sup>130</sup>

**Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada**

		Con revestimiento exterior				Sin revestimiento exterior							
		Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 <sup>(1)</sup>				C1 <sup>(1)</sup> +J1+N1					
≤2	B1+C1+J1+N1		C2+H1+J1+N1					C2+J2+N2		C1 <sup>(1)</sup> +H1+J2+N2			
≤3	R1+B1+C1		R1+C2		B2+C1+J1+N1		B1+C2+H1+J1+N1		B1+C2+J2+N2		B1+C1+H1+J2+N2		
≤4	R1+B2+C1		R1+B1+C2		R2+C1 <sup>(1)</sup>		B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2		B2+C1+H1+J2+N2		
≤5	R3+C1		B3+C1		R1+B2+C2		R2+B1+C1		B3+C1				

d. <sup>(1)</sup> Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

*El revestimiento exterior continuo de cal posee una resistencia a la filtración R1, y la hoja principal de la fachada está formada por bloques cerámicos de termoarcilla de 24 cm de espesor.*

### 6.3.1.3 Análisis comparativo.

Desde el punto de vista medioambiental (sostenibilidad), resulta evidente que el impacto se reduce ya que analizando y sumando el factor de emisión estimado de cada material que compone la fachada proyectada, se obtiene un total de 4,252 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg, en cambio la suma de las capas de la fachada proyectada es 0,566 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg, que se reduce en un 3,686 CO<sub>2</sub> eq/kg.<sup>131</sup>

El marco metálico de la solución proyectada tiene un factor de emisión estimado de 483,460 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, mientras que el marco de madera tiene un factor de emisión estimado de 133,722 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg. Con lo que se consigue una reducción del impacto medioambiental de 349,738 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg.<sup>132</sup>

<sup>130</sup> El ladrillo cerámico que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente.

<sup>131</sup> Los factores de emisión estimados para ladrillo perforado de cara vista, mortero de cemento o cal, poliestireno expandido (XPS), ladrillo hueco doble y placas de yeso laminado (PLY) son de 0,137-0,218-3,356-0,137-0,406 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg respectivamente. Los factores emisión estimados para mortero de cal, corcho natural, bloque de termoarcilla y acabado interior de arcilla son de 0,214-0,194-0,137-0,021 Kg CO<sub>2</sub> eq/kg respectivamente.

<sup>132</sup> Valores estimados de referencia obtenidos de la base de datos OpenDAP [web en línea] [consulta: 15/10/2018]. Disponible en: <http://www.opendap.es/>

Desde el punto de vista bioclimático, mediante el estudio anterior se ha conseguido disminuir la transmitancia térmica máxima un 0,32 W/m<sup>2</sup>K. Pasando de U=0,55 W/m<sup>2</sup>K para la fachada proyectada a 0,23 W/m<sup>2</sup>K para la fachada alternativa, consiguiendo una reducción de 58,18 % lo cual resulta positivo. Y por último desde una visión económica se han reducido los costes debido a la reducción de los materiales que componen el sistema envolvente tal y como se refleja en la figura 6.12.

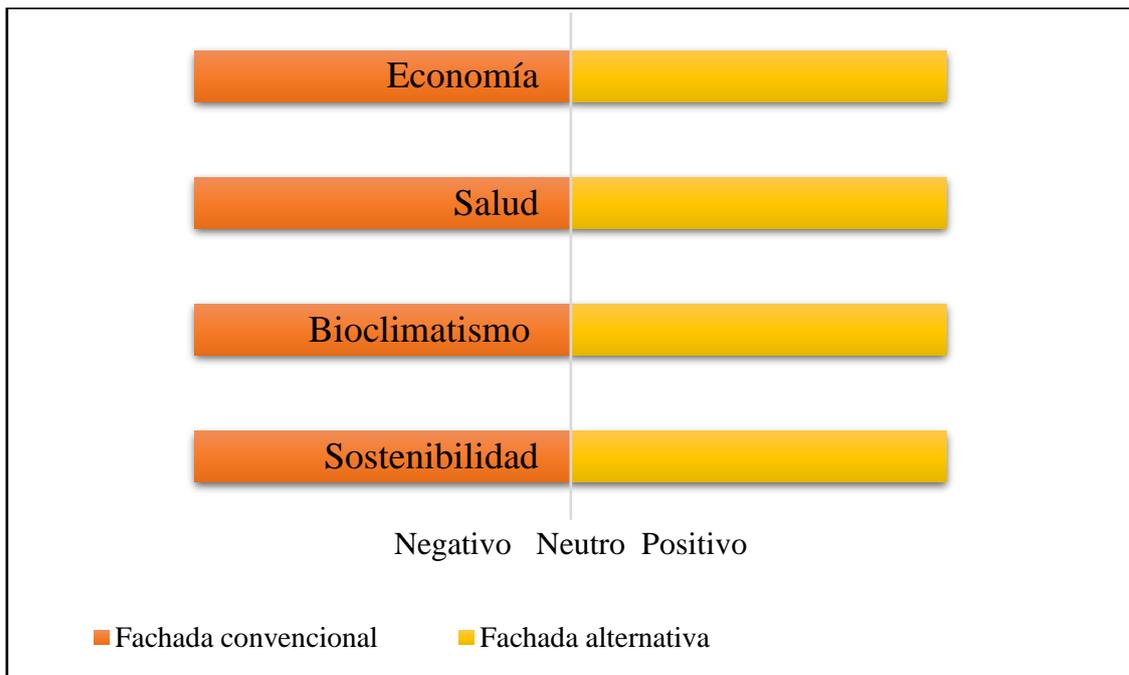


Figura 6.12. Sistema envolvente: fachada.

(Elaboración propia)

### 6.3.2 Cubierta.

La cubierta proyectada como se muestra en la figura 6.13 es cubierta plana transitable, no ventilada, convencional compuesta por formación de pendientes mediante hormigón con arcilla expandida como árido principal de 10 cm de espesor, lamina bituminosa como barrera de vapor de 1cm de espesor, aislamiento térmico lana mineral de 8 cm de espesor, lámina bituminosa impermeabilizante de 1 cm, capa de mortero de 4 cm y baldosa cerámica de gres de 1 cm de espesor.

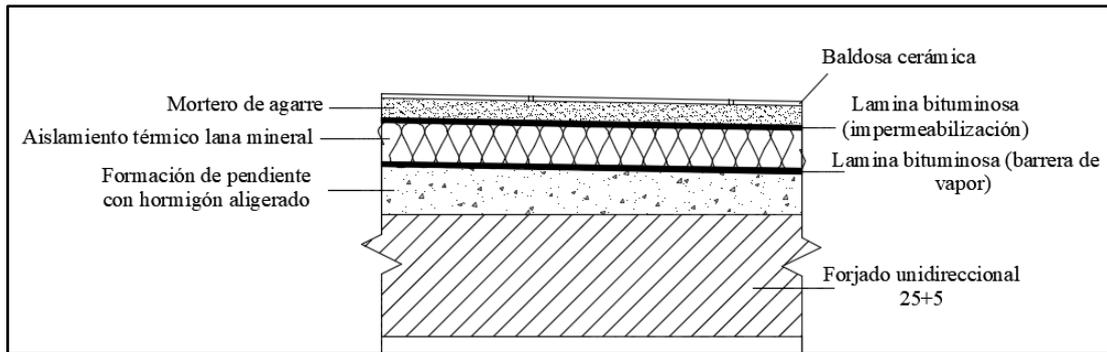


Figura 6.13. Cubierta proyectada.

(Elaboración propia)

### 6.3.1.1 Cubierta alternativa.

La cubierta alternativa será cubierta ajardinada extensiva, no ventilada, convencional, formación de pendiente con hormigón de áridos ligeros de 10 cm de espesor, aislamiento térmico de corcho natural 8 cm de espesor, lámina impermeabilizante EPDM transpirable con protección antiraíces de 1 cm de espesor, capa separadora de fieltro de polipropileno 1 cm de espesor, capa drenante con arcilla expandida de 5 cm de espesor, capa separadora de fieltro de polipropileno de 1 cm de espesor (capa filtrante), estrato de tierra vegetal de 15 cm de espesor y especies vegetales.

### 6.3.1.2 Justificación de la normativa.

*DB-HE 1.*

Para el caso de cubiertas, la transmitancia térmica máxima  $U$  no debe superar  $0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$  y la transmitancia media tal y como queda definido en el Apéndice D del DB-HE 1, no superar transmitancia límite  $U_{\text{Clim}} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

<b>D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3</b>	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{Mlim}}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{Slim}}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{Clim}}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{\text{Llim}}: 0,30$

*De la herramienta de cálculo se ha obtenido un valor de transmitancia térmica de  $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$  para la cubierta ajardinada, un valor que no varía mucho con respecto a la transmitancia térmica máxima de la cubierta proyectada que es de  $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ .*

$$DB-HE\ 1 \left\{ \begin{array}{l} U_{max}=0,59\ W/m^2K\ \checkmark \\ U=0,32\ W/m^2K\ < \\ U_{Clim}=0,45\ W/m^2K\ \checkmark \end{array} \right.$$

*DB-HR.*

Al igual que fachadas, en cubiertas el aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{2m, nT, Atr}$  debe ser mayor o igual a 30 dBA tal y como figura en la tabla 2.1 del mismo.

**Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m, nT, Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .**

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

De acuerdo con la herramienta de cálculo de DB-HR, se obtienen los siguientes valores.

$$DB-HR \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa superficial}=333\ kg/m^2. \\ \text{Aislamiento acústico a ruido aéreo } R_A=50\ dBA. \\ \text{Índice global de reducción acústica, ponderado A, } R_{A\ tr}=55\ dBA. \\ \text{Aislamiento acústico a ruido aéreo exterior } D_{2m, nT, Atr}=59 \geq 30\ dBA\ \checkmark \end{array} \right.$$

*DB-HS*

Según el apartado 2.4.1 del DB-HS1, el grado de permeabilidad se alcanza al cumplir las condiciones de las soluciones constructivas definidas en el apartado 2.4.2 del mismo.

*La cubierta ajardinada cumple con las condiciones constructivas definidas, como en el cálculo de la demanda energética DB-HE1, no se prevé que se vaya a producir condensaciones en la cubierta, no se dispone de barrera de vapor.*

### 6.3.1.3 Análisis comparativo.

Como se refleja en la figura 6.14 desde el punto de vista medioambiental, sumando los factores de emisión estimados de los materiales que componen la cubierta proyectada se obtiene una suma de 2,832 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, mientras que para la cubierta alternativa

(ajardinada extensiva) no viene determinado el factor de emisión de algunos componentes, pero resulta positivo con respecto a la cubierta proyectada ya que la vegetación absorbe CO<sub>2</sub> y polvos en la atmósfera, etc., tal y como se ha desarrollado en el capítulo 4.<sup>133</sup>

Desde el punto de vista de bioclimático la transmitancia térmica se reduce un 15,78 %  
 Con respecto a los costos, no ha sido posible establecer una comparación de precios porque la solución alternativa no se encuentra recogida en el generador de precios de construcción CYPE, por lo que la evaluación se queda neutra.

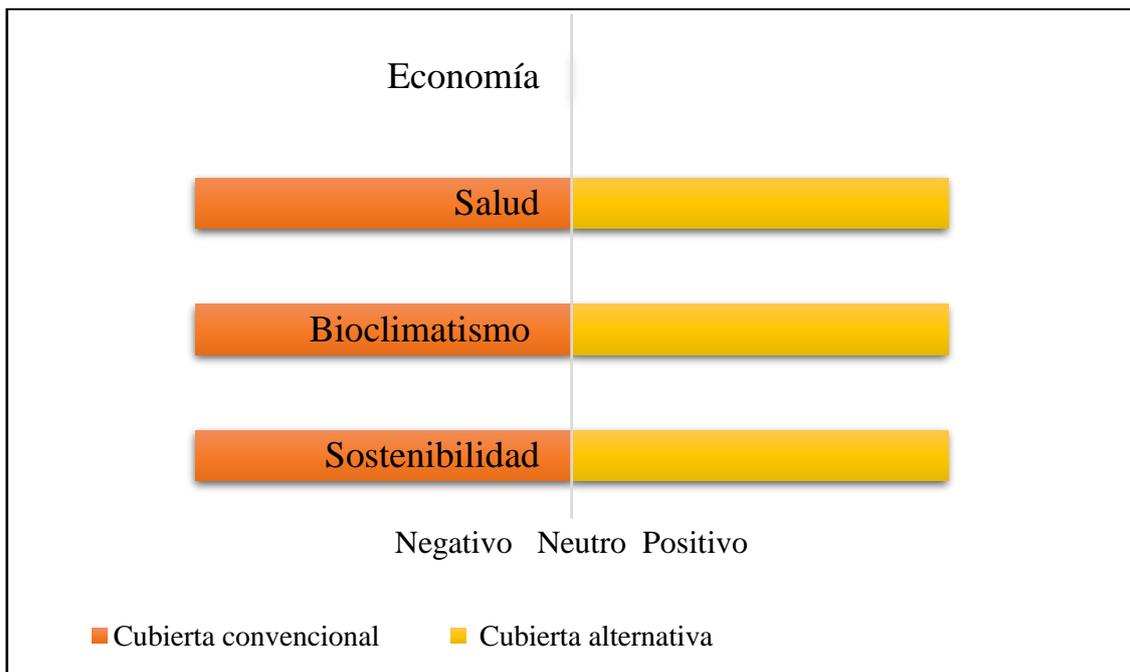


Figura 6.14. Sistema envolvente: cubierta.

(Elaboración propia)

### 6.3.3 Suelo.

En la solución proyectada se dispone de un suelo flotante compuesto por aislamiento a ruido de impacto de lana mineral de 50 cm de espesor, capa de mortero de cemento o cal de 5 cm de espesor y terrazo de 3 cm de espesor. El suelo se sitúa encima de forjado sanitario ventilado de cm de altura para la cámara de aire con pequeñas aberturas de ventilación de 20 cm y capa de compresión de 5 cm de espesor.

<sup>133</sup> Para la cubierta proyectada: formación de pendientes mediante hormigón con arcilla expandida como árido principal de 10 cm de espesor + lámina bituminosa como barrera de vapor de 1cm + lana mineral de 8 cm de espesor como aislamiento térmico + lámina bituminosa para impermeabilización de 1 cm + capa de mortero de 4 cm y baldosa cerámica de gres de 1 cm de espesor tiene un factor de emisión estimados de: 0,133-0,515-1,142-0,515-0,218-0,309 KgCO<sub>2</sub>eq/kg respectivamente.

### 6.3.3.1 Suelo alternativo.

El suelo flotante alternativo solo varia en lo relativo al aislamiento a ruido de impactos, que en lugar de lana mineral se opta por corcho natural de 6 cm de espesor.

Por lo que el suelo flotante alternativo queda definido por aislamiento de corcho natural de 6 cm de espesor, capa de mortero de cemento o cal de 5 cm y mármol de 3 m de espesor. El forjado sanitario solo varia con respecto al forjado alternativo en el tipo de hormigón y bovedilla, que será similar al adoptado en el sistema horizontal (hormigón de áridos reciclados y bovedilla cerámica).

### 6.3.3.2 Justificación normativa.

*DB-HE 1.*

Para el caso de suelos, la transmitancia térmica máxima  $U$  no debe superar  $0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$  y la transmitancia media tal y como queda definido en el Apéndice D del DB-HE 1, no superar transmitancia limite  $U_{\text{Clim}} = 0,52 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

<b>D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3</b>	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{Mlim}}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{Slim}}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{Clim}}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{\text{Lim}}: 0,30$

$$\text{DB-HE 1} \left\{ \begin{array}{l} U_{\text{max}} = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \\ U = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K} < \\ U_{\text{Slim}} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K} \checkmark \end{array} \right.$$

*La transmitancia térmica de la opción escogida es de  $0,42 \text{ W/m}^2\text{k}$ , que se reduce un 16% con respecto a la solución proyectada.*

*DB-HR.*

En el caso de suelos, se les aplica la exigencia de aislamiento acústico frente a ruido de impacto (suelos flotantes), que según el apartado 2.1.2 para recintos protegidos no pertenecientes a la misma unidad de uso establece que el nivel global de presión de ruido de impacto  $L'_{\text{nT, w}}$  no será mayor que 65 dBA.<sup>134</sup>

<sup>134</sup> El nivel global de presión de ruido de impactos en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio, no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad.

$$DB-HR \left\{ \begin{array}{l} \text{Aislamiento acústico a ruido de impactos } L'_{nT,w=34} \leq 65 \text{ dBA } \checkmark \end{array} \right.$$

### 6.3.3.3 Análisis comparativo.

Como se muestra en la figura 6.15 desde el punto de vista medioambiental (sostenibilidad), resulta positivo el cambio de hormigón convencional por hormigón con áridos reciclado, así como las bovedillas de hormigón por bovedillas cerámicas, en suelo flotante se cambia el aislamiento de lana mineral por corcho natural lo cual resulta ventajoso. En lo relativo a la eficiencia energética (bioclimatismo) se ha reducido la transmitancia un 16 % con respecto a la solución proyectada, en cuanto a la salud el cambio del tipo de aislamiento es positivo. El aspecto económico no ha sido posible su evaluación por lo que obtiene una puntuación neutra.

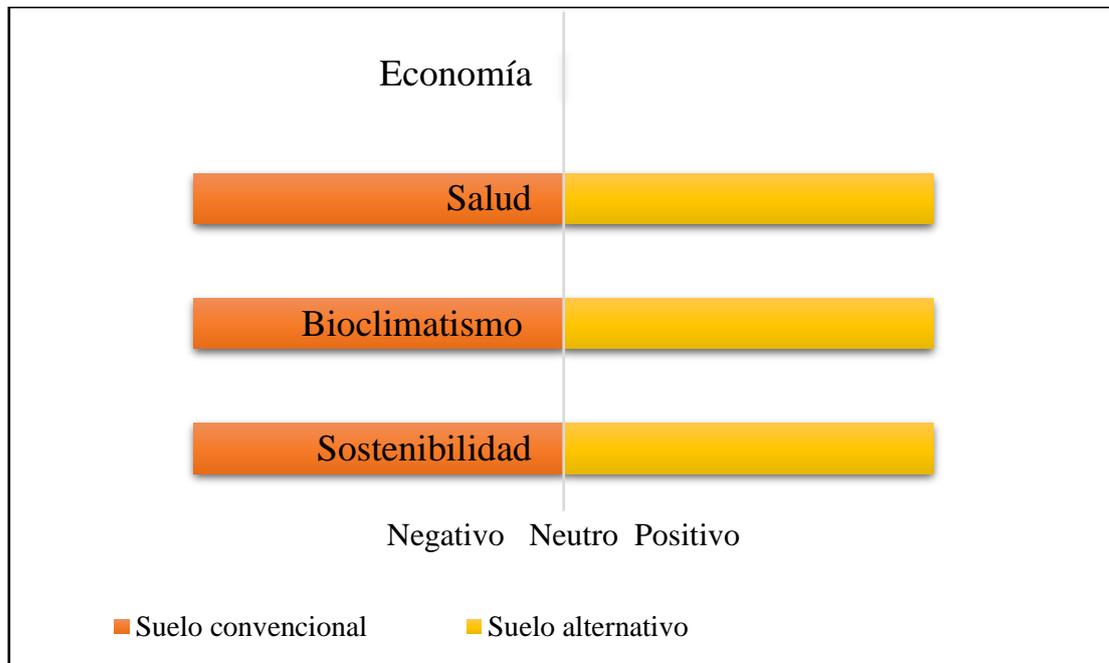


Figura 6.15. Sistema envolvente: suelo.

(Elaboración propia)

---

## 6.4 SISTEMA DE COMPARTIMENTACIÓN.

---

El sistema de compartimentación proyectada es un entramado autoportante formado por doble placa de yeso laminado (PYL) de 1,3 cm de espesor con aislamiento de lana mineral de 8 cm en el alma. Las puertas interiores de paso son de madera sin especificar el tipo de tratamiento aplicado.

### 6.4.4.1 Sistema de compartimentación alternativa.

Debido a que las placas de cartón yeso se sujetan con perfiles metálicos lo que resulta no aconsejable en bioconstrucción, y además se pretende que el revestimiento de estas sea de arcilla pues se opta por un tabique de termoarcilla de 24 cm de espesor con enlucido de arcilla por ambas caras.

### 6.4.4.2 Justificación de la normativa.

En los tabiques se comprueba el cumplimiento de los siguientes Documentos Básicos:

*DB-SI.*

En la tabla 1.2 del DB-SI1, se determina la resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio.

*En el caso de edificio proyectado este no constituye un sector de incendio porque tiene una única planta tal y como queda definido en la tabla 1.2 de condiciones de compartimentación de sectores de incendio. Por lo tanto, no le es de aplicación esta exigencia.*

<i>Docente</i>	- Si el edificio tiene más de una planta, la superficie construida de cada sector de incendio no debe exceder de 4.000 m <sup>2</sup> . Cuando tenga una única planta, no es preciso que esté compartimentada en sectores de incendio.
----------------	--

*DB-HR.*

Según el apartado 2.1.1 a) ii define que entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio que no pertenece a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical o horizontalmente con él, el aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{nT, A}$  no será menor que 50 dBA.

DB-HR { Aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{nT, A} = 53 \geq 50$  dBA ✓

### 6.4.4.3 Análisis comparativo.

Desde el punto de vista medioambiental como se refleja en la figura 6.16 la solución proyectada de estructura autoportante de placas de yeso laminado con lana mineral como alma, tienen un factor de emisión estimado: placas de yeso laminado 0,406 KgCO<sub>2</sub>eq/kg y lana mineral 1,142 KgCO<sub>2</sub>eq/kg lo que suma un total de 1,548 KgCO<sub>2</sub>eq/kg, la opción de albañilería pues el bloque de termoarcilla tiene un factor de emisión de 0,137 y la arcilla 0,021 KgCO<sub>2</sub>eq/kg lo que suma un total de 0,158 KgCO<sub>2</sub>eq/kg. Se reduce en 1,39 KgCO<sub>2</sub>eq/kg.

Desde el punto de vista bioclimática no afecta por lo que se establece una evaluación neutra. En cuanto a la salud es ventajoso ya que la ausencia de montantes metálicos no produce alteraciones del campo magnético. No es posible establecer una comparación ya que la solución no se encuentra recogida en el generador de precios de construcción de CYPE.

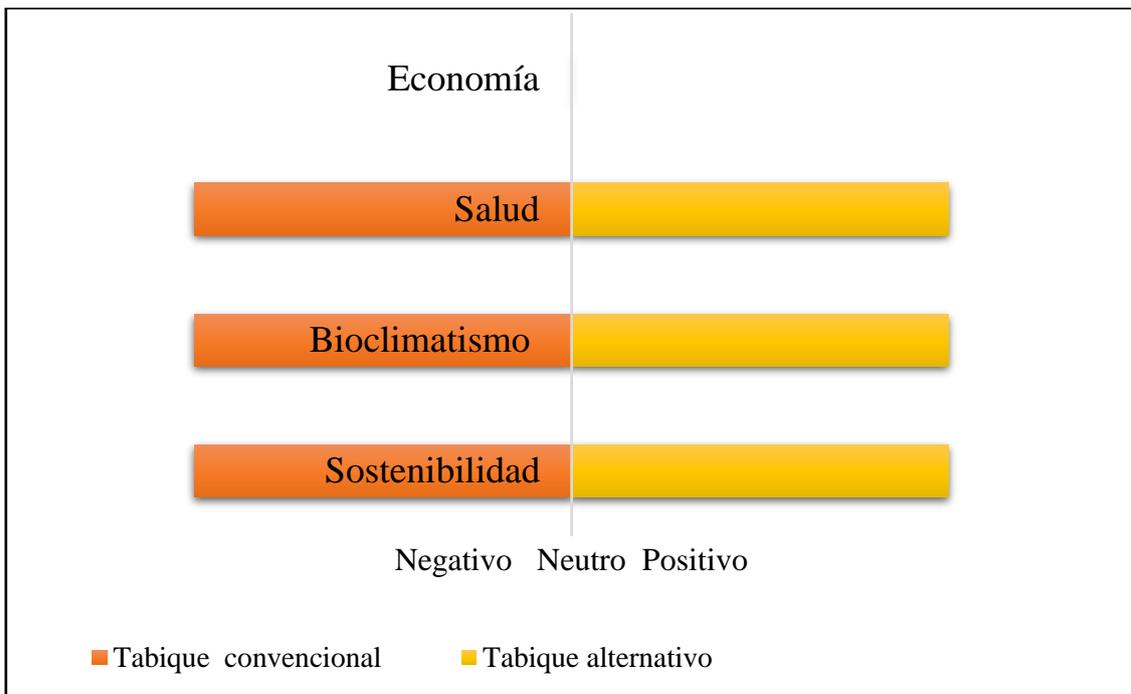


Figura 6.16. Sistema de compartimentación.

(Elaboración propia)

---

## 6.5 SISTEMA DE ACABADOS.

---

### 6.5.1 Fachadas.

La fachada proyectada es a base de ladrillo caravista ya que el propio componente de la fachada constituye el revestimiento al mismo tiempo, para la fachada alternativa se realiza con revoco de cal con pintura al silicato.

### 6.5.2 Paredes.

Las paredes son acabados con guarnecido y enlucido de yeso y en los cuartos húmedos azulejos cerámicos. En la opción se revisten con enlucido de arcilla y los cuartos húmedos no cambian.

### 6.5.3 Techos.

Los techos al igual que las paredes están acabados con enlucido de yeso y como opción se realiza con enlucido de arcilla.

### 6.5.4 Solado.

Suelo a base de terrazo, como buena alternativa se puede disponer de acabado de madera o bambú con tratamientos naturales, pero debido a la naturaleza del edificio (docente), conviene tener un revestimiento duradero (pétreos) para ellos se opta por solado de mármol.

### 6.5. Cubierta.

La cubierta proyectada transitable está acabada con baldosas cerámicas, la cubierta alternativa es ajardinada por lo que la vegetación constituye el propio revestimiento.

---

## 6.6 SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.

---

El presente trabajo ha estado orientado desde un principio hacia los materiales y sistemas constructivos, en el cual la parte correspondiente al sistema de acondicionamiento e instalaciones debido a su complejidad ha sido tratada de forma superficial, por lo que en este apartado se seguirá la misma metodología.

### **6.6.1 Instalación eléctrica.**

En el proyecto caso de estudio existen captadores solares, pero no se prevé la energía solar fotovoltaica para la demanda eléctrica ya que por normativa no es obligatorio. Las lámparas son fluorescentes.

Para la demanda eléctrica se preverá de la energía solar fotovoltaica, todos los elementos metálicos se derivarán correctamente a tierra, los cables serán apantallados y para las lámparas se sustituyen las fluorescentes por lámparas LED de bajo consumo.

### **6.6.2 Instalación de fontanería y saneamiento.**

En el proyecto caso de estudio no se prevé la recolección de las aguas de lluvia ni la reutilización de las aguas residuales. Las conducciones para saneamiento son de PVC.

Por lo que conviene la reutilización de las aguas residuales y de lluvia en función de la demanda del agua, y la sustitución de los conductos de PVC por conductos de Polietileno o Polibutileno.

### **6.6.3 Instalación de calefacción, climatización y ventilación.**

La calefacción está a base de radiadores eléctricos, bomba de calor y electricidad. Como opción conviene el uso de muro radiante, en el cual el agua caliente es generada por las placas solares.

---

## **6.7 EQUIPAMIENTOS.**

---

Este apartado se refiere a la consideración fisiológica y ergonómica del mobiliario escolar, es decir, adecuando el mobiliario a la edad, talla y crecimiento del alumno, se disponen de sillas y mesas de acuerdo con la edad de los alumnos tal y como se muestra en la figura 6.17.



Figura 6.17. Mesas y sillas ergonómicas.<sup>135</sup>

Los alumnos de secundaria suelen tener edades a partir de los 12 años, por lo que de 12 a 14 años se disponen de mesas de 70 cm de altura y sillas de 43 cm de altura y para los alumnos de más de 14 años se dispone de mesas de 75 cm de altura y 46 cm de altura tal y como se muestra en la figura 6.18.

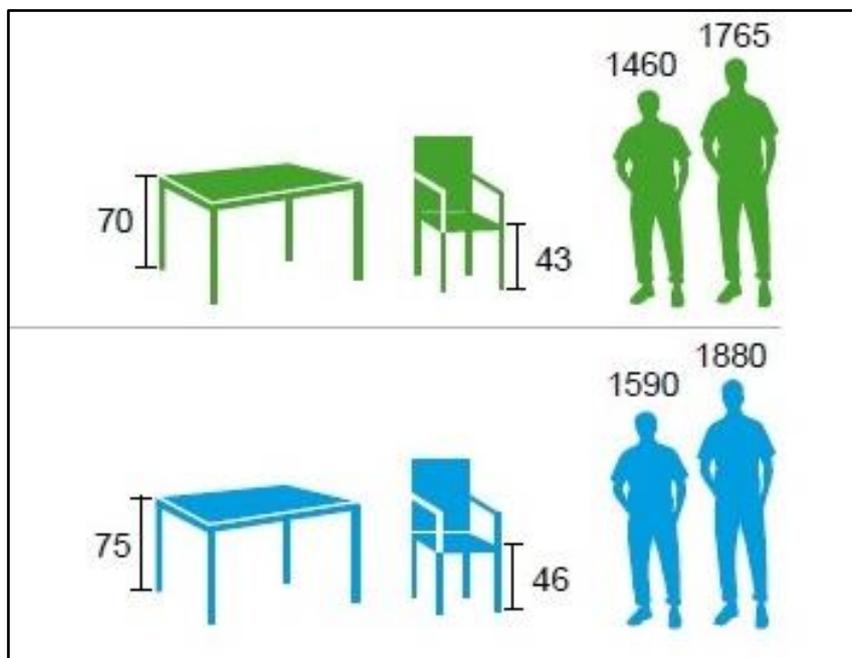


Figura 6.18. Altura de sillas y mesas en función de la edad.<sup>136</sup>

<sup>135</sup> INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial [web en línea] [disponible en:19/01/2019]. Disponible en: <https://www.inti.gov.ar/noticiero/2013/noticiero330.htm>

<sup>136</sup> La importancia de un buen mobiliario escolar [blog en línea] [consulta:23/01/2019]. Disponible en: <http://equipatucolegio.com/la-importancia-de-un-buen-mobiliario-escolar-2/>

---

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.

---



En base a los objetivos planteados y a la metodología de trabajo seguida, existiendo una correspondencia directa entre cada objetivo formulado y capítulo desarrollado, se ha llegado a sus respectivas conclusiones:

### **Capítulo 1: Aproximación al concepto de bioconstrucción.**

*Objetivo:* aproximación al concepto de bioconstrucción mediante la definición y análisis de las distintas disciplinas que esta engloba.

*Conclusión:* la bioconstrucción es una disciplina compleja, siendo por lo tanto imprescindible para su comprensión el análisis y el estudio aislado de cada temática que esta engloba, ya que resulta fácil la confusión entre conceptos por el hecho de que estas se encuentran íntimamente interrelacionadas, es decir, abarcan varios aspectos en común. No obstante, cabe concluir que:

- **Sostenibilidad:** en la construcción sostenible se hace hincapié en el análisis de los materiales y sistemas desde una perspectiva medioambiental, siendo por lo tanto abundante la información al respecto, lo que permite su correcta comparación y elección.
- **Bioclimatismo:** en la construcción bioclimática se hace hincapié sobre todo a la eficiencia energética del edificio, algo que cobra gran importancia mediante la implementación de políticas y normativas encaminadas cada vez más hacia edificios con consumo de energía casi nulo, por lo que al igual que la construcción sostenible existe numerosa información al respecto. Un edificio bioclimático es posible si en la fase del proyecto se realiza un profundo análisis y se tenga en cuenta la concepción de adaptar la construcción a la climatología y el entorno donde este se ubica y no al revés.
- **Hábitat saludable:** las políticas actuales están centradas hacia la lucha contra el cambio climático por lo que, los temas de sostenibilidad y bioclimatismo en la edificación se encuentran en primera línea, dejando de lado el tema de la salud. Por lo tanto, la información respecto a esta es escasa y en su mayor parte es expositiva sin la aportación de datos procedentes de ensayos. Pero cabe decir que una casa con criterios sostenibles y bioclimáticos es en cierto modo una casa saludable.

Actualmente en España la bioconstrucción todavía no está muy difundida, aunque se nota un avance gradual sobre el tema. Pero tal y como está enfocada la construcción hoy en día, es probable que en los próximos años cobraría más importancia.

## **Capítulo 2: Principios de bioconstrucción.**

*Objetivo:* identificación y desarrollo de los principios bioconstructivos.

*Conclusión:* respecto a los diferentes bloques estudiados cabe concluir lo siguiente:

- Terreno: aparte del análisis geobiológico del terreno se busca el alejamiento de fuentes contaminantes.
- Materiales de construcción y protección acústica: los materiales de construcción juegan un papel fundamental en el enfoque bioconstructivo por lo que prima la integración de materiales de carácter natural en la edificación.
- Clima interior: se presta gran importancia a los materiales de construcción, especialmente sus cualidades higroscópicas, aislamiento térmico, acumulación de calor, tiempo de secado, etc. ya que estos condicionan de forma significativa, junto con la adecuada ventilación, la calidad del aire interior.
- Diseño interior: el diseño interior no solo engloba la consideración de proporción y formas en el edificio, iluminación natural, ergonomía en el mobiliario, etc. sino que indaga en aspectos más profundos como los efectos psicológicos de los colores, etc.
- Medio ambiente, energía y agua: este último bloque tiene en cuenta el respeto de lo construido hacia el medio ambiente, aprovechamiento de las energías renovables y también cobra importancia la salud de las personas mediante la consideración de la calidad del agua potable.

En lo relativo a los principios de construcción, estos mediante la concepción sostenible, bioclimática y saludable durante la elaboración del proyecto de edificación pueden quedar recogidos en su mayoría.

## **Capítulo 3: Materiales en bioconstrucción.**

*Objetivo:* analizar y evaluar los materiales de construcción desde un enfoque bioconstructivo.

*Conclusión:* con respecto a los materiales de construcción resulta imprescindible para su correcta elección el estudio de estos tanto desde una perspectiva medioambiental (ciclo de vida) como de salud. Mediante el análisis realizado sobre los diferentes materiales de construcción se ha detectado que cada etapa del ciclo de vida (obtención materia prima, transporte, elaboración y suministro del material, etc.) tiene un impacto asociado, aunque el grado de este varía en función de la naturaleza del material. Siendo los materiales de origen industrial como los cementos, plásticos, etc. los que presentan el mayor impacto, especialmente en la fase de obtención de materia prima y elaboración del material, así como ciertos efectos sobre la salud durante sus usos.

Para ello los materiales de construcción naturales como la madera, bambú, tierra, etc. de procedencia local, se presentan como una opción a considerar a la hora de plantear la ejecución de un edificio, ya sea en lo relativo a sus prestaciones sostenibles, así como saludables.

#### **Capítulo 4: Sistemas bioconstructivos.**

*Objetivo:* analizar y evaluar los sistemas de construcción desde un enfoque bioconstructivo.

*Conclusión:* la elección de una solución constructiva determinada debe realizarse atendiendo a los criterios mencionados anteriormente, así como la consideración de las prestaciones acústicas, térmicas, etc. Por lo que cobra especial importancia en bioconstrucción el uso de los sistemas constructivos tradicionales a base de madera, tierra, balas de paja, bambú, etc. con enfoque contemporáneo. Así como las soluciones alternativas a los sistemas constructivos convencionales como las cimentaciones a base de biohormigones armados con acero inoxidable, etc.

En cuanto a los sistemas de instalación, en las instalaciones de calefacción priman aquellas en las que la fuente de calor sea por radiación como el caso de muros radiantes, etc. Para la instalación eléctrica es importante su correcta derivación a tierra. En lo relativo a la ventilación esta debe ser natural, pero si no es posible hay que disponer de sistemas de ventilación con recuperación de calor y energía. En el caso de instalación de fontanería interesa el uso de materiales plásticos no clorados o el acero inoxidable, y la reutilización de las aguas pluviales y grises.

#### **Capítulo 5: Proyectos bioconstructivos.**

*Objetivo:* estudiar la aplicación de los principios y sistemas bioconstructivos mediante la presentación y análisis de diferentes edificaciones realizadas.

*Conclusión:* los principios que rigen la bioconstrucción son numerosos. Estos deben tenerse en cuenta a la hora de edificar un edificio sin la exigencia de tener que cumplirse todos, ya que estos engloban varias temáticas complejas por lo que a veces no resulta posible llevarlos a cabo en una misma edificación.

De algunos de ellos es más difícil su aplicación por lo que es complicado poder realizar un edificio completamente bioconstructivo, pero teniéndolos en cuenta desde la fase inicial del proyecto y según las particularidades de cada edificación es posible aplicarlos en la medida de lo posible. Tras el análisis detallado realizado de diferentes casos de estudio se ha detectado una tendencia por el uso de determinados materiales como la madera, arcilla cocida, pétreos, cal, yeso, etc.; soluciones constructivas como las estructuras de madera, muros de carga, cubiertas ajardinadas; e instalaciones como

calefacción por calor radiante, ventilación controlada con recuperación de calor, cables libres de halógenos, etc.

En relación al análisis estadístico relativo al cumplimiento de los principios de bioconstrucción se ha evidenciado que los principios como la utilización de materiales de baja radiactividad, materiales inodoros sin emisión de sustancias tóxicas, vivienda y entorno relacionado con la naturaleza, etc. son más fáciles de aplicar a la mayoría de los proyectos analizados. En cambio, principios como la ausencia la eliminación de campos electromagnéticos, alteración mínima del entorno de radiación natural, ausencia de secuelas sociales negativas, etc., resultan más difíciles de aplicar, por lo que estos pueden ser objeto de futuras líneas de investigación.

## **Capítulo 6: Caso práctico.**

*Objetivo:* aplicar a un caso práctico los principios de la bioconstrucción mediante la propuesta de materiales y sistemas bioconstructivos realizando también un análisis comparativo de sus prestaciones con respecto a los materiales y sistemas constructivos convencionales.

*Conclusión:* la elección de las alternativas se ha llevado a cabo de forma flexible ya que no es posible llegar a la edificación de un edificio completamente bioconstructivo, por el hecho de que entra en juego muchos factores como la ubicación, normativa, disponibilidad y cercanía de los materiales, precios, sociedad, preferencias del cliente, etc., por lo que se ha detectado ciertas limitaciones como:

- Económicas: algunas soluciones bioconstructivas tienen un precio elevado con respecto a las soluciones convencionales.
- Normativas: algunas soluciones bioconstructivas como la tierra, bambú, etc., no se encuentran recogidas en las normativas, lo que dificulta la justificación de su cumplimiento.
- Herramientas de cálculo: no se encuentran recogidos en programas de cálculo las soluciones bioconstructivas sino solo las convencionales propias del Catálogo de Soluciones Constructivas del CTE, por lo que ciertas soluciones resulta más complejo demostrar su justificación.

Pero se ha verificado que de forma general se puede mejorar el carácter bioconstructivo de las edificaciones sin producir un menoscabo de sus prestaciones sino todo lo contrario, obteniendo mejoras medioambientales, disminución del precio, ahorro energético (eficiencia energética) mediante la disminución de la transmitancia energética, mejoras en la salud.

---

## BIBLIOGRAFÍA.

---



## BIBLIOGRAFÍA.

- APPOLD, Hans et al (1992). *Tecnología de los metales*. 1º edición en castellano. Barcelona: Reverte. 432p. ISBN: 9788429160147.
- BAKER-LAPORTE, Paula; BANTA, John y ELLIOTT, Erica (2008). *Prescriptions for a healthy house: A practical guide for Architects, Builders and Homeowners*. 3ª edición revisada. Canadá: New Society Publishers. 351p. ISBN: 978-0-86571-604-9.
- BAÑO NIEVA, Antonio; VIGIL-ESCALERA DEL POZO, Alberto (2005). *Guía de construcción sostenible* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). [consulta: 22/12/2017]. Disponible en: <http://www.ecohabitar.org/documentos/construccion/>
- BIOURB (2015). *Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea* [en línea]. 1ª edición. CASTILLA Y LEON: Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN). [consulta: 03/08/2018]. Disponible en: [www.activatie.org](http://www.activatie.org)
- BUENO, Mariano (2004). *El libro práctico de la casa sana*. 1ª edición. Barcelona: Rba libros. 152p. ISBN 84-7901-655-8.
- BUENO, Mariano (2010). *El gran libro de la casa sana*. 10ª edición. Madrid: Martínez Roca. 278 p. ISBN 978-84-270-1661-3.
- CASADO MARTINEZ, Natividad et al. (1997). *La enseñanza de la arquitectura y del medio ambiente* [en línea]. 1ª edición. Barcelona: COAC. demarcación de Barcelona. [consulta: 23/01/2018]. Disponible en: <https://itec.es/servicios/librospdf/>
- CREUS, Albert et al (2011). *Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios* [en línea]. 1ª edición. AQUA ESPAÑA (Asociación española de empresas de tratamiento y control de aguas), 2011. [consulta: 07/08/2018]. Disponible en: <http://www.remosa.net/pdf/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES.PDF>
- DE GARRIDO, Luis (2014) *Arquitectura y salud: metodología de diseño para lograr una arquitectura saludable y ecológica*. 1ª edición. Barcelona: Instituto Monsa de ediciones. 143p. ISBN 978-84-15892-74-4.
- DE PRADA, Carlos (2013). *Hogar sin tóxicos: cómo prevenir enfermedades eliminando los venenos domésticos* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Integralia la casa natural S.L. [consulta: 22/12/2017]. ISBN: 978-96851-26-9. Disponible en: [www.hogarsintoxicos.org](http://www.hogarsintoxicos.org)
- DEVA RACUSIN, Jacob; MCARLETON, Ace (2012). *The Natural Building Companion: A Comprehensive Guide to Integrative Design and Construction*. 1ª

- edición. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing. 416p. ISBN: 978-1-60358-339-8.
- ECE, Nurgül (2018). *Baubiologie: Kriterien und architektonische Gestaltung*. 1ª edición. Basel: Birkhäuser Verlag GmbH. 176p. ISBN 978-3035611793.
- FERRÁNDIZ ARAUJO, Vicente (2006). *Construcción: elementos y sistemas constructivos*. 1ª edición. España: Universidad Politécnica de Cartagena. 241p. ISBN: 84-95781-64-6
- FIGOLS, María (2016). *Contaminación microbiológica*. En: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid en coordinación con Knauf GmbH y FENERCOM. *Guía de calidad del aire interior* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Pag 45-62 [consulta: 13/01/2018]. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>
- GUILLEN MARZAL, Pablo (2015). *Arquitectura de tierra de nueva planta: estudio de limitaciones constructivas* [en línea]. Tesis de máster. Universitat Politècnica de València, Valencia [consulta: 09/02/2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10251/57519>
- HALLIDAY, Sandy (2008). *Sustainable construction*. 1ª edición. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann. 406p. ISBN: 978-0-7506-6394-6
- HIDALGO LÓPEZ, Oscar (1981). *Manual de construcción con bambu* [en línea]. 1ª edición. Colombia: estudios técnicos colombianos Ltda [consulta: 22/07/2018]. Disponible en: <https://guaduabambucolombia.com/2016/02/11/manuales-de-construccion-con-guadua>
- HIDALGO LÓPEZ, Oscar (2003). *Bamboo: The Gift of the Gods*. 1ª edición. Colombia: O. Hidalgo López. 553p. ISBN: 978-958-33-4298-1.
- HUGUET, Jordi Lluís et al (2016). *Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios* [en línea]. 1ª edición. AQUA ESPAÑA (Asociación española de empresas de tratamiento y control de aguas). [consulta: 03/08/2018]. Disponible en: [https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia\\_tecnica\\_pluviales.pdf](https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_tecnica_pluviales.pdf)
- LLEDÓ RODRÍGUEZ, Camilo. (2006). *Guía de bioconstrucción: sobre materiales y técnicas constructivas saludables y de bajo impacto ambiental*. 1ª edición. Madrid: Mandala ediciones. 127p. ISBN 84-96439-54-2
- MAROTO, Pablo. (2016). *El papel de los materiales de construcción en la calidad del aire interior*. En: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid en coordinación con Knauf GmbH y FENERCOM. *Guía de calidad del aire interior* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Dirección General de Industria, Energía

y Minas de la Comunidad de Madrid. Pag 29-43 [consulta: 13/01/2018]. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Ángel (2015). *Bioconstrucción: como crear espacios saludables, ecológicos y armoniosos*. 1ª edición. Barcelona: Ediciones I. 400p. ISBN 978-8494181108.

MINKE, Gernot (2005). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* [en línea]. 1ª edición en castellano. Editorial fin de siglo [consulta: 19/01/2018]. Disponible en: <https://ecocosas.com/biblioteca-ecologia-bioconstruccion-permacultura/biblioteca-sobre-bioconstruccion-y-arquitectura-sustentable/>

MINKE, Gernot (2005). *Techos verdes* [en línea]. Editorial fin de siglo [consulta 29/03/2018]. Disponible en: <https://ecocosas.com/biblioteca-ecologia-bioconstruccion-permacultura/biblioteca-sobre-bioconstruccion-y-arquitectura-sustentable/>

MINKE, Gernot; MAHLKE, Friedemann (2006). *Manual de construcción con fardos de paja* [en línea]. 1ª edición en castellano. Editorial Fin de siglo [consulta: 29/03/2018]. 128 p. ISBN: 9974-49-361-7. Disponible en: <https://casaeco.files.wordpress.com/2011/09/construccion-con-paja-g-minke.pdf>

MINKE, Gernot (2012). *Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. 1ª edición. Basel: Birkhäuser. 160p. ISBN 978-3-0346-0748-3.

MORAN UBIDIA, Jorge (2015). *Construir con bambú: manual de construcción* [en línea]. 3ª edición. Lima: Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR. [consulta: 27/01/2018]. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf)

NITZKIN, Rikki; TERMENS, Maren (2010). *Casa de paja: una guía para autoconstructores*. 1ª edición en castellano. Teruel: EcoHabitar Visiones Sostenibles S.L. 236p. ISBN 978-84-614-2406-1.

PERAZA SÁNCHEZ, José Enrique et al (1995). *Casas de madera: Sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM) [consulta: 17/03/2018]. 657 p. ISBN: 84-87381-08-1. Disponible en: [https://www.academia.edu/16526127/Archivo\\_6\\_Libro\\_Casas\\_de\\_madera\\_Sistemas\\_constructivos](https://www.academia.edu/16526127/Archivo_6_Libro_Casas_de_madera_Sistemas_constructivos)

PEREZ NAVARRO, Julián; PERIAGO CARRETERO, Francisco; TORNERO FRANCO, Javier (2008). *Guía de materiales para una construcción sostenible*. 1ª

edición. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. 192 p. ISBN 978-84-89882-36-3.

- ROLAND, Stulz; KIRAN, Mukerji (1981). *Materiales de construcción apropiados: catálogo de soluciones potenciales* [en línea]. Edición revisada ampliada Suiza: SKAT & IT publications [consulta: 18/07/2018]. Disponible en: <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms00.htm#Contents>
- ROMANS TORRES, Irene (2014). *Estudio y análisis de la construcción con balas de paja: comparación del sistema estructural "CUT" con la construcción convencional de hormigón armado* [en línea]. trabajo fin de grado. Universitat Politècnica de València, Valencia [consulta: 06/02/2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10251/48222>
- SILVESTRE, Elizabet; BUENO, Mariano (2009). *Casa saludable: como hacer de tu hogar un entorno más sano*. 1ª edición. Barcelona: Sycla. 250p. ISBN 978-84-480-4833-4.
- SILVESTRE, Elizabet (2014). *Vivir sin tóxicos: como ganar bienestar y salud en tu vida cotidiana*. 1ª edición. Barcelona: Rba libros. 351 p. ISBN 978-84-155-419-12.
- SILVESTRE, Elisabet. (2016). *La calidad del ambiente interior y la salud: un enfoque desde la biohabitabilidad*. En: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid en coordinación con Knauf GmbH y FENERCOM. *guía de calidad del aire interior* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Pag 17-27 [consulta: 13/01/2018]. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pages/publicaciones/libros-y-guias-tecnicas.php>
- SMITH, William F; HASHEMI, Javad (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. 4ª edición en castellano. México: The McGraw-Hill Companies. 1210 p. ISBN 970-10-5638-8.
- SUBIAS CALVER, Carlos. (2016). *Marcos de madera de alta eficiencia*. En: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid y FENERCOM. *Guía de ventanas eficientes y sistemas de regulación y control solar* [en línea]. 1ª edición. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Pag 79-98 [consulta: 01/08/2018]. Disponible en: [www.activatie.org](http://www.activatie.org)
- SWENTZELL STEEN, Athena et al (1994). *La casa de fardos de paja* [en línea]. 1ª edición en castellano. Chelsea Green Publishing [consulta: 22/04/2018]. 126p. Disponible en: <https://ecocosas.com/wpcontent/uploads/Biblioteca/Arquitectura/LaCasaDePajaSteen.pdf>
- VIGNOTE PEÑA, Santiago, MARTINEZ ROJAS, Isaac (2005). *Tecnología de la madera*. 3º edición. Madrid: Mundi prensa. 674 p. ISBN:84-8476-263-7.

## WEBGRAFIA.

- ARANDA USÓN, Alfonso et al (2014). *Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida*. En: EcoHabitar [web en línea] [consulta: 13/04/2018]. Disponible en: <http://www.ecohabitar.org/analisis-de-ciclo-de-vida-de-los-materiales-de-construccion/>
- CABALLERO, Ismael (2011). *Cimientos. Cerramientos de separación del terreno* En: Ecohabitar [web en línea] [consulta: 18/05/2018]. Disponible en: <http://www.ecohabitar.org/cimientos-cerramientos-de-separacion-del-terreno/>
- CORNEJO ALVAREZ, Laureano (2017). *Cementos Alternativos al Cemento Portland: Química Verde*. En: Nuevas Tecnologías y materiales [web en línea] [consulta: 08/03/2018]. Disponible en: <http://nuevatecnologiasymateriales.com/cementos-alternativos-al-cemento-portland-quimica-verde/>
- DE GARRIDO, Luis (2015). *Metodología general para lograr una verdadera arquitectura sostenible*. En: LUISDEGARRIDO [web en línea] [consulta: 12/03/2018]. Disponible en: <http://luisdegarrido.com/wp-content/uploads/2015/07/03.pdf>
- DE GARRIDO, Luis (2015). *Arquitectura Bioclimática. Proceso de diseño arquitectónico*. En: Luisdegarrido [web en línea] [consulta: 6/05/2018]. Disponible en: <http://luisdegarrido.com>
- FIGOLS, María (2015). *Bioconstrucción y tierra* [videoterra 18]. En: IEB: Instituto Español de Baubiologie [web en línea] [consulta: 30/12/2017]. Disponible en: <http://www.baubiologie.es>
- FONT, F; HIDALGO, P (2011). *La tapia en España: técnicas actuales y ejemplos*. En: Informes de la construcción [en línea]. Volumen 63, nº523, 21-34 [consulta: 28/12/2018]. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/1249/1334>. eISSN 1988-3234.
- JEBENS-ZIRKEL, Petra (2011). *Contribuir al futuro: Arquitectura sostenible= Bioclimatismo+Bioconstruccion*. En: Catedra de estudios urbanos, territoriales y ciudades intermedias de Lleida [web en línea] [consulta: 15/01/2018]. disponible en: <http://www.ceut.udl.cat>
- LLEOPARD, Oriol (2017). *Arquitectura solar pasiva: invernaderos, muros Trombe y muros parietodinámicos*. En: Zigurat: Global Institute of Technology [web en línea] [consulta: 26/11/2018]. Disponible en: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/arquitectura-solar-pasiva-invernaderos-muros-trombe-muros-parietodinamicos/>
- MARIN, Toni. (2011) Muro radiante. En: *EcoHabitar* [web en línea] [consulta: 23/06/2018]. Disponible en: <http://www.ecohabitar.org/muro-radiante/>

- SANTALLA, Luis (2010). *Forjados de madera: composición y peso*. En: teoría de construcción [Blog en línea] [consulta: 12/04/2018]. Disponible en: <http://teoriadeconstruccion.net/blog/forjados-de-madera-composicion-y-peso-m2/>.
- SILVESTRE, Elisabet. (2016). *A través del boletín de GEA*. En: GEA [web en línea] [consulta: 14/05/2017]. Disponible en: <https://www.geobiologia.org/>

---

## ANEXOS.

---





## INFORME DE JUSTIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL DOCUMENTO BÁSICO HE-1 DEL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICIACIÓN MEDIANTE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

**AULARIO E.S.O**

Torre-Pacheco

Murcia

INFORME ELABORADO CON EL PROGRAMA CTEWEB DESARROLLADO POR:



El presente informe, tiene por objeto la justificación del cumplimiento del  
CTE DB HE-1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA,  
mediante la opción simplificada.

Para ello se procede a continuación a la descripción del edificio y de todos los elementos constructivos que lo componen.

1

## DATOS GENERALES

Nombre del Edificio: AULARIO E.S.O

Provincia: Murcia

Localidad: Torre-Pacheco

Zona Climática: B3

**Clasificación de espacios habitables**

En función del uso: Carga interna baja

En función de la clase de higrometría: Clase de higrometría 3 o inferior a 3

Humedad Relativa media exterior: 72 %

Temperatura exterior media en Enero: 10,6 °C

Temperatura interior media en Enero: 20 °C

2

**MATERIALES DE CERRAMIENTOS OPACOS**

GRUPO	MATERIAL	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	$\lambda$ (W/mK)	C <sub>p</sub> (J/KgK)	$\mu$
PÉTREOS Y SUELOS	Mármol [2600 < d < 2800]	2600 < d < 2800		3,500	1.000	10.000
	Tierra vegetal [d < 2050]	d < 2050		0,520	1.840	1
	Arcilla o limo [1200 < d < 1800]	1200 < d < 1800		1,500	1.670	50
HORMIGONES	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800	1600 < d < 1800		1,150	1.000	60
MORTEROS	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	1250 < d < 1450		0,700	1.000	10
	Enlucido de arcilla			0,800	0	4,80
AISLANTES	CORCHO AGLOCORK			0,037	0	0
CAUCHOS	Etileno propileno dieno monómero [EPDM]			0,250	1.000	6.000
BITUMINOSOS	Betún fieltro o lámina			0,230	1.000	50.000
FÁBRICAS	ECO 3 24 cm		1,88	0,000	0	0
FORJADOS Y LOSAS ALVEOLARES	FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm		0,32	0,000	1.000	10

3

**MATERIALES CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES**

GRUPO	NOMBRE	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar
VIDRIOS	V. Aislante doble - espesor 4-6-(4...10)	3,30	0,76
MARCOS	Madera de densidad media alta	2,20	

4

**CERRAMIENTOS OPACOS**

GRUPO	ELEMENTO	U (W/m <sup>2</sup> K)	MATERIAL	ESPESOR (m)
MUROS	SISTEMA SATE	0,23	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	0,015
			CORCHO AGLOCORK	0,080
			ECO 3 24 cm	0,240
			Enlucido de arcilla	0,020
PARTICIONES				
SUELOS	SUELO FLOTANTE	0,42	Mármol [2600 < d < 2800]	0,030
			Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450	0,050
			CORCHO AGLOCORK	0,060
			FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm	0,300

CUBIERTAS	CUBIERTA AJARDINADA	0,32	Tierra vegetal [d < 2050]	0,150
			Betún fieltro o lámina	0,010
			Arcilla o limo [1200 < d < 1800]	0,050
			Betún fieltro o lámina	0,010
			Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,010
			CORCHO AGLOCORK	0,080
			Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800	0,100
			FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm	0,300
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO				

5

## CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES

NOMBRE	ACRISTALAMIENTO	MARCO	FM(%)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Faltor Solar	Permeabilidad max. m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> a 100Pa
VENTANA MADERA	V. Aislante doble - espesor 4-6-(4...10)	Madera de densidad media alta	30,00	2,97	0,56	50 (z.c A-B)

6

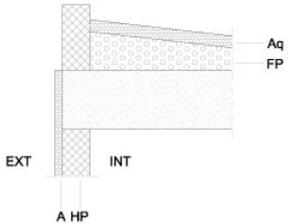
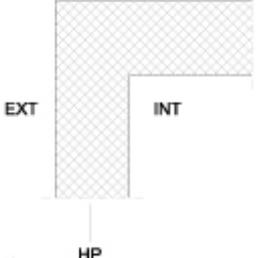
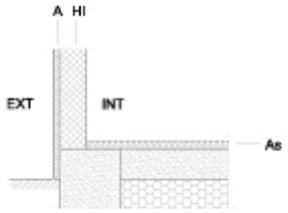
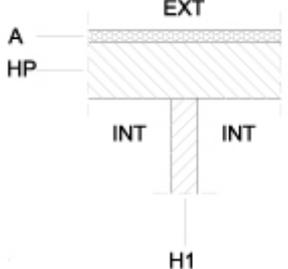
## PUENTES TÉRMICOS INTEGRADOS

GRUPO	NOMBRE	f <sub>Rsi</sub>
-------	--------	------------------

7

## PUENTES TÉRMICOS DE ENCUENTRO

NOMBRE	ESQUEMA
ENCUENTRO FACHADA CON FORJADO	

<p>ENCUENTRO FACHADA CON CUBIERTA</p>	
<p>ENCUENTRO FACHADA EN ESQUINAS</p>	
<p>ENCUENTRO FACHADA CON SUELO</p>	
<p>ENCUENTRO FACHADA CON PARTICIÓN INTERIOR</p>	

A continuación se cumplimentan las fichas Justificativas al CTE DB HE-1, Apéndice H, con los datos asignados para el edificio AULARIO E.S.O , ubicado en Torre-Pacheco, provincia de Murcia.

**FICHA 1: Cálculo de parámetros característicos medios**

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga interna	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna	<input type="checkbox"/>
----------------	----	----------------------------	-------------------------------------	----------------------------	--------------------------

MUROS ( $U_{Mm}$ ) y ( $U_{Tm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A•U (W/°K)	Resultados
N	SISTEMA SATE	82,50	0,23	19,37	$\Sigma A = 82,50$ $\Sigma A \cdot U = 19,37$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,23$
E	SISTEMA SATE	110,70	0,23	25,99	$\Sigma A = 110,70$ $\Sigma A \cdot U = 25,99$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,23$
O	SISTEMA SATE	110,70	0,23	25,99	$\Sigma A = 110,70$ $\Sigma A \cdot U = 25,99$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,23$
S	SISTEMA SATE	82,50	0,23	19,37	$\Sigma A = 82,50$ $\Sigma A \cdot U = 19,37$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,23$
SE					$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO					$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
C-TER					$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$

SUELOS ( $U_{Sm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A•U (W/°K)	Resultados
SUELO FLOTANTE		242,33	0,42	101,78	$\Sigma A = 242,33$ $\Sigma A \cdot U = 101,78$ $U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,42$

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ( $U_{Cm}$ y $F_{Lm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A•U (W/°K)	Resultados
CUBIERTA AJARDINADA		358,94	0,32	113,67	$\Sigma A = 358,94$ $\Sigma A \cdot U = 113,67$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,32$

Tipos	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A•F(m <sup>2</sup> )	Resultados
				ΣA=
				ΣA•U=
				F <sub>Lm</sub> =ΣA•U/ΣA=



ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga interna	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna	<input type="checkbox"/>
----------------	----	----------------------------	-------------------------------------	----------------------------	--------------------------

HUECOS ( $U_{Hm}$ y $F_{Hm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A•U (W/°K)	Resultados
N	VENTANA MADERA	16,80	2,97	49,90	$\Sigma A = 16,80$
					$\Sigma A \cdot U = 49,90$
					$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,97$

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U	F	A•U	A•F(m <sup>2</sup> )	Resultados
E	VENTANA MADERA	16,80	2,97	0,56	49,90	9,35	$\Sigma A = 16,80$
							$\Sigma A \cdot U = 49,90$
							$\Sigma A \cdot F = 9,35$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,97$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,56$
O	VENTANA MADERA	110,70	2,97	0,56	328,78	61,58	$\Sigma A = 110,70$
							$\Sigma A \cdot U = 328,78$
							$\Sigma A \cdot F = 61,58$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,97$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,56$
S	VENTANA MADERA	9,60	2,97	0,56	28,51	5,34	$\Sigma A = 9,60$
							$\Sigma A \cdot U = 28,51$
							$\Sigma A \cdot F = 5,34$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,97$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,56$
SE							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
SO							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$

**FICHA 2: CONFORMIDAD - Demanda energética**

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga interna	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna	<input type="checkbox"/>
----------------	----	----------------------------	-------------------------------------	----------------------------	--------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max\text{proy}}^{(1)}$	$U_{\max}^{(2)}$
Muros de fachada	0,23	} ≤ 1,07
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0,00	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,00	
Suelos	0,42	≤ 0,68
Cubiertas	0,32	≤ 0,59
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	2,97	≤ 5,70
Medianerías	0,00	≤ 1,07

Particiones interiores (edificios de viviendas) <sup>(3)</sup>	0,00	≤ 1,20
--	------	--------

MUROS DE FACHADA		
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
N	0,23	} ≤ 0,82
E	0,23	
O	0,23	
S	0,23	
SE		
SO		

HUECOS					
	$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$		$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
	2,97	≤ 4,70			
	2,97	≤ 5,70		0,56	≤ -
	2,97	≤ 5,70		0,56	≤ -
	2,97	≤ 5,70		0,56	≤ -

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
	≤ 0,82

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Stim}^{(5)}$
0,42	≤ 0,52

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0,32	≤ 0,45

LUCERNARIOS	
$F_{Lm}$	$F_{Llim}$
	≤ 0,30

- (1)  $U_{\max\text{proy}}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.
- (2)  $U_{\max}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2,1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.
- (3) En edificios de viviendas,  $U_{\max\text{proy}}$  de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.
- (4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.
- (5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

**FICHA 3: CONFORMIDAD - Condensaciones**

CERRAMIENTO, PARTICIONES INTERIORES, PUEBOS TÉRMICOS											
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales								
	$f_{Rsi} > f_{Rmin}$	$P_n < P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7		
SISTEMA SATE	$f_{Rsi}$	0,94	$P_{sat,n}$	1.289,13	1.760,97	2.287,92	2.295,76				
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$	1.142,69	1.142,69	1.142,69	1.285,32				
SISTEMA SATE	$f_{Rsi}$	0,94	$P_{sat,n}$	1.289,13	1.760,97	2.287,92	2.295,76				
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$	1.142,69	1.142,69	1.142,69	1.285,32				
SISTEMA SATE	$f_{Rsi}$	0,94	$P_{sat,n}$	1.289,13	1.760,97	2.287,92	2.295,76				
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$	1.142,69	1.142,69	1.142,69	1.285,32				
SISTEMA SATE	$f_{Rsi}$	0,94	$P_{sat,n}$	1.289,13	1.760,97	2.287,92	2.295,76				
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$	1.142,69	1.142,69	1.142,69	1.285,32				
SUELO FLOTANTE	$f_{Rsi}$	0,90	$P_{sat,n}$								
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								
CUBIERTA AJARDINADA	$f_{Rsi}$	0,92	$P_{sat,n}$	1.363,25	1.374,97	1.384,01	1.395,88	1.406,89	2.127,37	2.162,10	2
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$	919,88	1.090,41	1.091,26	1.261,79	1.282,25	1.282,25	1.284,30	1
ENCUENTRO FACHADA CON FORJADO	$f_{Rsi}$	Cumple (7)	$P_{sat,n}$								2
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								8
ENCUENTRO FACHADA CON CUBIERTA	$f_{Rsi}$	Cumple (7)	$P_{sat,n}$								5
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								3
ENCUENTRO FACHADA EN ESQUINAS	$f_{Rsi}$	Cumple	$P_{sat,n}$								2
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								
ENCUENTRO FACHADA CON SUELO	$f_{Rsi}$	Cumple	$P_{sat,n}$								
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								
ENCUENTRO FACHADA CON PARTICIÓN INTERIOR	$f_{Rsi}$	Cumple	$P_{sat,n}$								
	$f_{Rmin}$	0,52	$P_n$								

\* (7) - Cumple la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales según el apdo. 3.2.3 del HE 1 en casos de forjados con viga plana o descolgada.

Fecha:

Firma:

<b>Proyecto</b>		
<b>Autor</b>		
<b>Fecha</b>		
<b>Referencia</b>		

Características técnicas del recinto 1				
	<b>Soluciones Constructivas</b>			
<b>Sección Separador</b>	FACHADA SATE			
<b>Sección Flanco F1</b>	FACHADA SATE			
<b>Sección Flanco F2</b>	FACHADA SATE			
<b>Sección Flanco F3</b>	FACHADA SATE			
<b>Sección Flanco F4</b>	FACHADA SATE			
	<b>Parámetros Acústicos</b>			
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>
<b>Sección Separador</b>	15		257	47
<b>Sección Flanco F1</b>	0	0	257	47
<b>Sección Flanco F2</b>	0	0	257	47
<b>Sección Flanco F3</b>	15	5	257	47
<b>Sección Flanco F4</b>	15	5	257	47

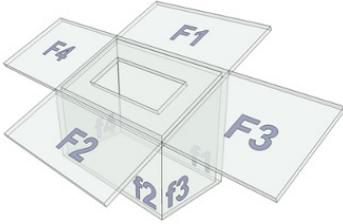
Características técnicas del recinto 2					
<b>Tipo de Recinto</b>	Cultural, docente, administrativo y religioso Aulas	<b>Volumen</b>	135		
	<b>Soluciones Constructivas</b>				
<b>Sección Separador</b>	FACHADA SATE				
<b>Suelo f1</b>	U_BC 300 mm				
<b>Techo f1</b>	U_BC 300 mm				
<b>Pared f3</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)				
<b>Pared f4</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)				
	<b>Parámetros Acústicos</b>				
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>	<b>Δ R<sub>atr</sub> (dBA)</b>
<b>Sección Separador</b>	15		257	47	
<b>Suelo f1</b>	45	0	333	48	4
<b>Techo f1</b>	45	0	333	48	-
<b>Pared f3</b>	27	5	276	49	-
<b>Pared f4</b>	27	5	276	49	-

Huecos en el separador					
Ventanas , puertas y lucernarios		<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔR<sub>atr</sub> (dBA)</b>
	<b>Hueco 1</b>	2.4	27	31	0
	<b>Hueco 2</b>	2.4	27	31	0
	<b>Hueco 3</b>	0	-	-	0
	<b>Hueco 4</b>	0	-	-	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión directa II	$D_{n,e2,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,Atr}$ (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5.8	7.4	5.8
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5.8	7.4	5.8
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	5.7	6.1	5.7
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	5.7	6.1	5.7

Transmisión de Ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	36	30	<b>CUMPLE</b>

<b>Proyecto</b>		
<b>Autor</b>		
<b>Fecha</b>		
<b>Referencia</b>		

Características técnicas del recinto 1				
	<b>Soluciones Constructivas</b>			
<b>Sección Separador</b>	CUBIERTA AJARDINADA			
<b>Sección Flanco F1</b>	CUBIERTA AJARDINADA			
<b>Sección Flanco F2</b>	CUBIERTA AJARDINADA			
<b>Sección Flanco F3</b>	CUBIERTA AJARDINADA			
<b>Sección Flanco F4</b>	CUBIERTA AJARDINADA			
	<b>Parámetros Acústicos</b>			
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>
<b>Sección Separador</b>	45		333	55
<b>Sección Flanco F1</b>	0	0	333	55
<b>Sección Flanco F2</b>	0	0	333	55
<b>Sección Flanco F3</b>	45	9	333	55
<b>Sección Flanco F4</b>	45	9	333	55

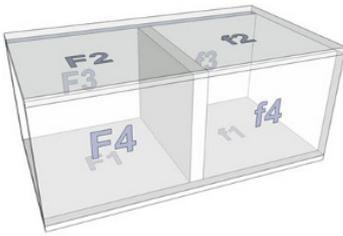
Características técnicas del recinto 2					
<b>Tipo de Recinto</b>	Cultural, docente, administrativo y religioso Aulas	<b>Volumen</b>	135		
	<b>Soluciones Constructivas</b>				
<b>Sección Separador</b>	CUBIERTA AJARDINADA				
<b>Pared f1</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores mínimos)				
<b>Pared f1</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores mínimos)				
<b>Pared f3</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores mínimos)				
<b>Pared f4</b>	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores mínimos)				
	<b>Parámetros Acústicos</b>				
	<b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l<sub>i</sub> (m)</b>	<b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>	<b>Δ R<sub>atr</sub> (dBA)</b>
<b>Sección Separador</b>	45		333	55	
<b>Pared f1</b>	27	0	234	47	-
<b>Pared f1</b>	27	0	234	47	-
<b>Pared f3</b>	27	9	234	47	-
<b>Pared f4</b>	27	9	234	47	-

Huecos en el separador					
<b>Ventanas , puertas y lucernarios</b>		<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	<b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	<b>ΔR<sub>atr</sub> (dBA)</b>
	<b>Hueco 1</b>	0	-	-	0
	<b>Hueco 2</b>	0	-	-	0
	<b>Hueco 3</b>	0	-	-	0
	<b>Hueco 4</b>	0	-	-	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión directa II	$D_{n,e2,Atr}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,Atr}$ (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
cubierta - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5.8	3.7	5.8
cubierta - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5.8	3.7	5.8
cubierta - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5.8	3.7	5.8
cubierta - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	5.8	3.7	5.8

Transmisión de Ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	56	30	<b>CUMPLE</b>

Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	135
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo F1	U_BC 300 mm						
Techo F2	U_BC 300 mm						
Pared F3	FACHADA SATE						
Pared F4	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	27		276	52	-	-	
Suelo F1	45	9	333	53	76	2	23
Techo F2	45	9	333	53	76	-	-
Pared F3	15	5	257	50		-	-
Pared F4	15	5	276	52		-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido					Volumen	135
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)						
Suelo f1	U_BC 300 mm						
Techo f2	U_BC 300 mm						
Pared f3	FACHADA SATE						
Pared f4	Enl 15 + BC 240 + Enl 15 (valores medios)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	27		276	52	-	-	
Suelo f1	45	9	333	53	76	2	23
Techo f2	45	9	333	53	76	-	-
Pared f3	15	5	257	50		-	-
Pared f4	12.5	5	276	52		-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	$S$ (m <sup>2</sup> )	0
	índice de reducción	$R_A$ (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	$D_{n,e,A}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	0

# Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
Separador - Suelo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	7.3	8.7	8.7
Separador - Techo	Unión rígida en + de elementos homogéneos	7.3	8.7	8.7
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	9.2	8.7	8.7
Separador - Pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8.7	8.7	8.7

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	53	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	34	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	53	50	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	34	65	CUMPLE