

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS EN CASTILLA Y LEÓN

Autora: Marta López Miguélez

Tutora: Gemma Ramón Cueto

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS EN CASTILLA Y LEÓN

TUTORA: GEMMA RAMÓN CUETO
AUTORA: MARTA LÓPEZ MIGUÉLEZ

TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN FUNDAMENTOS EN LA ARQUITECTURA



Universidad de Valladolid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

AGRADECIMIENTOS

A todos los estudios de arquitectura que han colaborado aportando información de gran utilidad para este trabajo, más en particular a Jesús Tejedor, Julio Grijalba y Alberto Grijalba.

A mi tutora, por hacerme descubrir que la eficiencia energética y la construcción no tienen porqué estar reñidas con la buena arquitectura.

Y en general, a todos los que de una forma u otra han contribuido a que esté escribiendo estas líneas.

RESUMEN

Este estudio se centra en el campo de la eficiencia energética referida a la edificación, más en concreto a la envolvente eficiente de los edificios, como elemento condicionante de la relación de los mismos con las condiciones climatológicas exteriores a las que está expuesto.

Nos centraremos en la Comunidad Autónoma de Castilla y León y en cómo se da respuesta en esta región a los diversos factores climatológicos desde distintos puntos de vista arquitectónicos. No se trata por tanto de una comparación entre las distintas soluciones, sino de ilustrar las distintas variantes que puede tomar la envolvente arquitectónica en aras de lograr la mejor eficiencia energética del edificio del que es partícipe.

ABSTRACT

Nowadays, energy efficiency is playing an important role in today's society, especially regarding architectural field. Therefore, the aim of this paper is to understand energy efficiency concerning construction. Thus, it focuses its attention on the envelope of the building, which is understood as the physical element that relates the interior of the building with the environmental conditions.

Besides, it is located on the Castilla y Leon region and how architecture solves this problem attending to the weather conditions. Nevertheless, it is not a comparative study between the different answers to this target; indeed, it tries to illustrate several ways that building envelope can take to face this problem.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia energética - confort térmico- inercia térmica- arquitectura bioclimática –cerramiento eficiente

KEYWORDS

*Energy efficiency – thermal comfort – thermal inertia –
bioclimatic architecture - efficient envelope*

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Objetivos.....	8
1.2. Metodología.....	8
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	10
2.1. La eficiencia energética en el tiempo.....	10
2.1.1. La necesidad de la adaptación climática. El confort térmico	10
2.1.2. Los inicios de los edificios eficientes: la arquitectura popular y sus invariantes bioclimáticos.....	11
2.2. Introducción a la problemática de la eficiencia energética en Castilla y León.....	14
2.2.1. El clima en Castilla y León.....	15
2.2.2. La respuesta constructiva a los condicionantes del clima	16
2.3. La nueva arquitectura eficiente en Castilla y León.....	17
2.3.1. Legislación referida a la eficiencia energética en Castilla y León.....	18
2.3.2. Normativa autonómica.....	22
2.4. La eficiencia energética a través del cerramiento.....	23
3. Análisis de casos prácticos.....	31
3.1. Introducción.....	31
3.1.1. Selección de edificios.....	31
3.1.2. Objetivos y metodología.....	34
3.2. Edificio sede EREN (León).....	35
3.2.1. Condiciones del entorno.....	35
3.2.2. Descripción del proyecto.....	36
3.2.3. Funcionamiento bioclimático del edificio.....	38
3.2.4. El cerramiento de alta eficiencia energética.....	39

3.2.5. Conclusiones	45
3.3. Residencia para ancianos en Camarzana de Tera (Zamora) 47	
3.3.1. Condiciones del entorno.....	47
3.3.2. Descripción del proyecto.....	48
3.3.3. Funcionamiento bioclimático del edificio.....	49
3.3.4. El cerramiento de alta eficiencia energética: la cubierta vegetal 50	
3.3.5. Conclusiones	53
3.4. Rehabilitación integral. Edificio bioclimático de oficinas con frío solar. Cubo de la Solana, Soria 2009. Alia arquitectos	55
3.4.1. Condiciones del entorno.....	55
3.4.2. Descripción del proyecto.....	56
3.4.3. Funcionamiento bioclimático del edificio.....	57
3.4.4. El cerramiento de alta eficiencia energética	59
3.4.5. Conclusiones	67
3.5. Centro de Recursos Ambientales (PRAE) (Valladolid)	68
3.5.1. Condiciones del entorno.....	68
3.5.2. Descripción del proyecto.....	69
3.5.3. Funcionamiento bioclimático del edificio.....	70
3.5.4. El cerramiento de alta eficiencia energética	73
3.5.5. Conclusiones	77
3.6. Centro administrativo y recepción de cazadores en la reserva de Batuecas en Salamanca	78
3.6.1. Condiciones del entorno.....	78
3.6.2. Descripción del proyecto.....	79
3.6.3. Funcionamiento bioclimático del edificio.....	80
3.6.4. El cerramiento de alta eficiencia energética	81
3.6.5. Conclusiones	83
4. CONCLUSIONES	85
4.1. La situación actual en castilla y león	85

4.2. Conclusiones del estudio de casos prácticos	85
4.2.1. Relación entre la teoría y la práctica	88
4.3. Perspectivas de futuro.....	89
5. BIBLIOGRAFÍA	91
6. ÍNDICE DE FIGURAS.....	96

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

Con este trabajo no se pretende realizar un estudio comparativo de edificios considerados eficientes energéticamente en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, sino que persigue ser un análisis de las diferentes respuestas constructivas que se están dando en la comunidad al problema de la eficiencia energética referida a los cerramientos de los edificios.

Se trata por tanto, de comprender cuál es el contexto y condicionantes que han derivado en la situación actual, analizando los diversos factores que influyen dicha situación: climatología, legislación, invariantes de la arquitectura,...y así, poder entender el momento y el lugar en el que se enmarcan los edificios objeto del estudio.

Con todo esto, se busca entender cómo la arquitectura consigue adaptarse a las condiciones específicas del entorno, buscando en este proceso la mayor eficiencia energética del edificio.

De este modo, será necesario focalizar la atención en la envolvente del edificio y en cómo el sistema constructivo de la misma da respuesta a lo anteriormente mencionado. Para analizar las distintas soluciones que se dan en la región, se buscará la dispersión en el estudio para así entender la variedad de situaciones y condicionantes que se dan en la comunidad castellanoleonesa y cómo los edificios han de dar distintas respuestas constructivas para conseguir la mejor eficiencia energética en los distintos ámbitos.

1.2. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se inicia a través de un primer rastreado, tanto en libros y revistas como en otras publicaciones virtuales, acerca de los conceptos relacionados con la

eficiencia energética referidos a los edificios, con una mayor focalización en la comunidad autónoma de Castilla y León.

A partir de ahí comienza la consulta simultánea entre documentación escrita y virtual tratando de contextualizar el marco teórico en el que se sitúa el trabajo.

Al mismo tiempo se han seleccionado una serie de edificios considerados de gran interés bien por su condición de edificio eficiente energéticamente ya sea a través de premios, reconocimientos,... o ser un ejemplo ilustrativo de este tipo de arquitectura que merece ser estudiado.

El análisis de dichos edificios se hace a través de la documentación publicada así como la consulta con los estudios de arquitectura encargados del proyecto del edificio. En dicha investigación se estudian también las condiciones climáticas del edificio, el entorno, ubicación...para así entender la respuesta bioclimática que da la arquitectura a todo esto. Sin embargo, para entender el funcionamiento del cerramiento eficiente en el mismo, primeramente será necesario entender el comportamiento global del edificio, y posteriormente el papel que toma dicha envolvente en el mismo.

Las conclusiones se elaboran en primer lugar de forma individualizada para cada caso en base a lo estudiado, hipótesis, problemas y fallos detectados...y formarán parte de las conclusiones finales del estudio, si bien no se puede establecer como conclusión una comparación objetiva, debido a la dispersión de los edificios, siendo por tanto una conclusión más generalizada referida a la comunidad en su globalidad.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TIEMPO

Como punto inicial de partida empezaremos entendiendo cómo se ha ido desarrollando la idea de “eficiencia energética” en los edificios a lo largo del tiempo en la comunidad autónoma de Castilla y León, marco en el que se engloba este estudio, para así comprender la situación actual.

2.1.1. LA NECESIDAD DE LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA. EL CONFORT TÉRMICO

La importancia de este concepto reside en que sólo conociendo los condicionantes atmosféricos podremos ser capaces de proyectar los edificios en las mejores condiciones de acuerdo con el confort térmico manteniendo el respeto por el medio ambiente. Según la teoría de Helena Granados (Granados Menéndez 2006)¹ *“los valores climatológicos proporcionan información suficiente para establecer las estrategias de diseño energéticamente eficiente más adecuadas”* lo que corrobora la idea anteriormente enunciada de que climatología y diseño van de la mano a la hora de conseguir una adecuada eficiencia energética.

Si seguimos la línea de esta teoría, debemos centrarnos en la idea de **“confort térmico”** como base de la relación humana con el diseño eficiente de los edificios.

Este concepto se enmarca dentro del ámbito de confort humano dentro del hogar habitable; en el que influyen otros términos como son el confort acústico, lumínico, térmico, la calidad del aire interior... además de otros factores de índole subjetiva. Todas estas características pueden estar ligadas en mayor o menor medida al ambiente en el que se encuentran. Y es en este vínculo en el que se halla el mayor interés por alcanzar el equilibrio entre arquitectura y eficiencia energética.

¹ GRANADOS MENÉNDEZ, Helena. Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética. Consejo Superior de Arquitectos de España. 2006

2.1.2. LOS INICIOS DE LOS EDIFICIOS EFICIENTES: LA ARQUITECTURA POPULAR Y SUS INVARIANTES BIOCLIMÁTICOS

Si tenemos en cuenta todo lo expuesto anteriormente, debemos remitirnos a los anales de la arquitectura para encontrar los primeros mecanismos de adaptación al medio del ser humano a través de la arquitectura. Nos estamos refiriendo, como no podía ser de otra manera, a la arquitectura vernácula o popular.

En cierto modo, esta tipología fue la primera en buscar los mecanismos más apropiados para lograr la mejor relación entre el ser humano y el medio, precedentemente descrita. Su interés no sólo reside en los sistemas que ha ido adoptando a lo largo de la historia, sino en que inconscientemente se ha convertido en la base de las medidas que actualmente usamos en los edificios de alta eficiencia energética.

A pesar de que el motivo de este estudio no es el análisis de esta arquitectura, es imprescindible conocer cuáles son las técnicas populares empleadas en Castilla y León, ya que sólo conociendo el pasado, podremos entender la situación actual de los edificios eficientes de esta zona.

A este respecto, resulta interesante mencionar la comparación realizada por Sergi Costa Duran (Duran Costa 2011)² en su libro, en el que desarrolla una ejemplificación de las analogías entre los sistemas empleados en la arquitectura vernácula con sus reproducciones en la arquitectura moderna, corroborando la idea anteriormente expuesta.

Mencionaremos a continuación aquellos mecanismos más representativos para el campo de estudio en el que nos ubicamos:

² COSTA DURAN, Sergi: Arquitectura y eficiencia energética. Loft publications. Barcelona, 2011.

Estrategias pasivas, elementos constructivos comunes incorporados desde los anales de la arquitectura para mejorar la relación de los edificios con el entorno; entre ellos, la inercia térmica en busca del aislamiento térmico, empleada tradicionalmente en forma de viviendas de adobe o enterramientos de las viviendas (bodegas), idea trasladada a uno de los edificios que estudiaremos en la segunda parte.

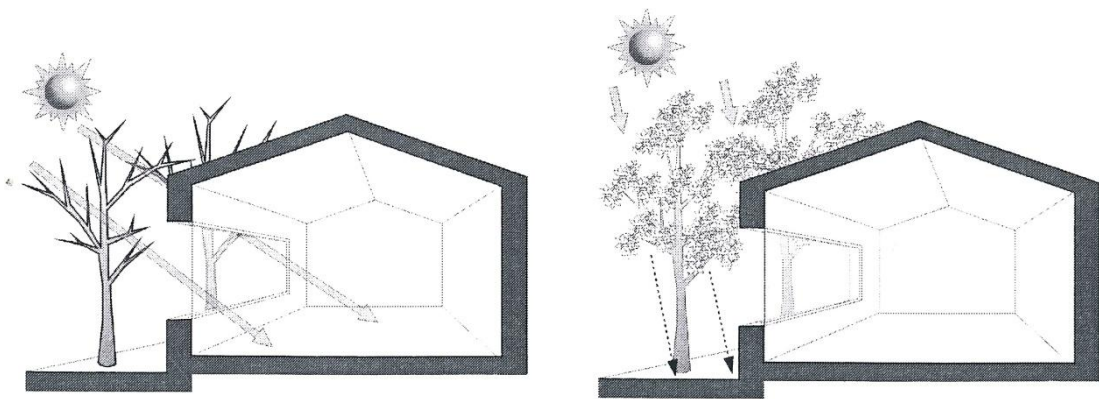


Figura 1: Protección solar pasiva a través de vegetación de hoja caduca en invierno y verano. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)

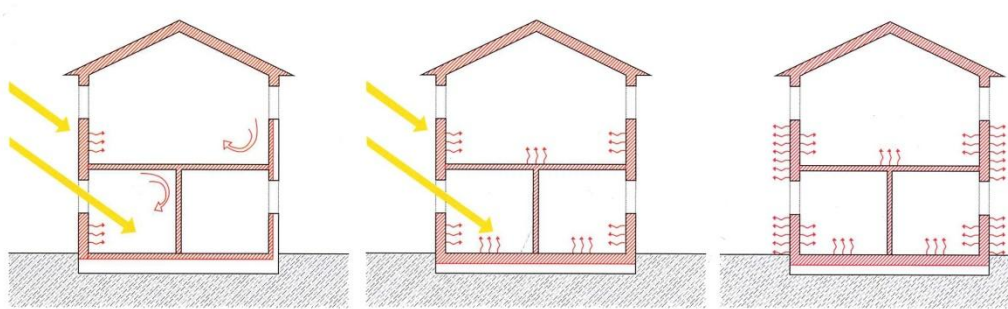


Figura 2: Inercia térmica a lo largo del día en una vivienda. Fuente: (Granados Menéndez 2006)

Orientación solar, en su relación con la implantación de un edificio en el lugar, buscando con ello un mayor rendimiento energético del mismo. Sin embargo, en España la orientación sur implica un mayor soleamiento, de manera que lo que en Europa se entiende como una ventaja referido a la captación solar, empleándose mecanismos que lo potencien, como el efecto invernadero (fachadas captadoras,..) en nuestro país, y más en concreto en la zona en la que se focaliza este estudio, esto puede

repercutir en un sobrecalentamiento de la fachada debido al exceso de soleamiento.

Ventilación natural, empleada a lo largo de la historia por distintas civilizaciones constituye una de las formas más comúnmente conocidas para la renovación del aire interior, tanto tradicionalmente, como en la actualidad, ya que reducen el gasto de las instalaciones mecánicas destinadas a este fin.

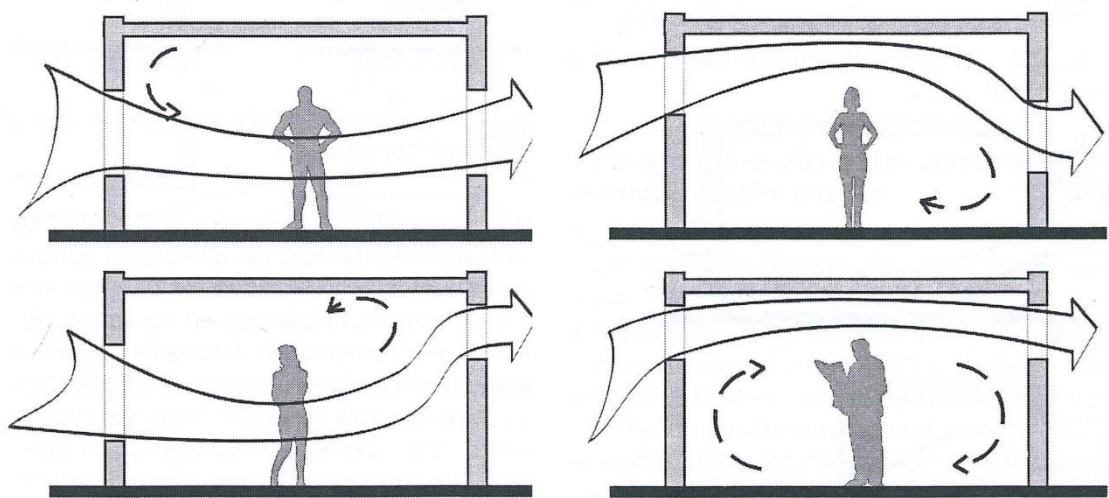


Figura 1: Diversos tipos de ventilación natural en función de los huecos.
Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)

Muros y cubiertas vegetales: si anteriormente hemos hablado de aislamiento e inercia térmica como conceptos fundamentales de la arquitectura castellana popular, no se pueden pasar por alto su variante vegetal. Y es que la vegetación en las fachadas o cubiertas se ha empleado a lo largo del tiempo

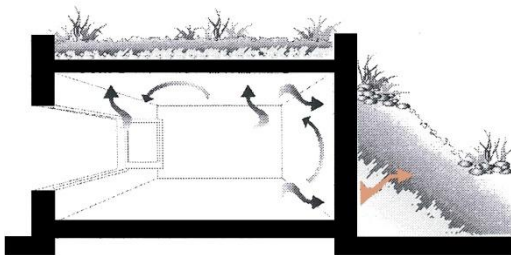


Figura 2: Vivienda enterrada con cubierta vegetal. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)

para suavizar las temperaturas, moderando el calor en verano y reduciendo las pérdidas en invierno.

Protección solar de la fachada, elementos básicos empleados en los huecos que han evolucionado en la historia de la arquitectura desde contraventanas, cortinas, persianas, aleros hasta fachadas inteligentes, celosías móviles, etc. y otros mecanismos que estudiaremos posteriormente.

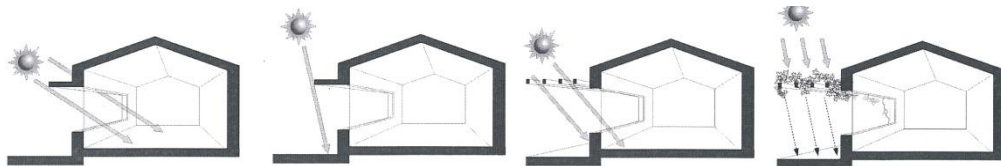


Figura 3: Formas de protección de una fachada. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)

Todos los conceptos anteriormente expuestos de la arquitectura popular castellanoleonés no son más que la base y el punto de partida de los edificios eficientes actuales que estudiaremos en el siguiente capítulo.

2.2. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CASTILLA Y LEÓN

Para entender la situación actual referida a la eficiencia energética en relación con los edificios será necesario visualizar cuál es la situación en Castilla y León y con ello comprender las soluciones adoptadas.

Así, una vez descrito el clima y las características principales del mismo que afectan al diseño eficiente de los edificios, será necesario entender cuál es la tradición constructiva en la región para así comprender posteriormente la proyección de los nuevos edificios eficientes en la comunidad, desde la primitiva arquitectura popular hasta los edificios de la actualidad. Y es que el diseño de éstos no es más que la “adaptación” de los sistemas constructivos al medio en el que se ubican, para así mejorar su acondicionamiento al mismo.

2.2.1. EL CLIMA EN CASTILLA Y LEÓN

La adaptación al medio constituye una de las necesidades básicas del ser humano a lo largo de la historia. En este sentido, el clima es una de las condiciones fundamentales; la Real Academia Española define el “clima” como el “*Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región*”³. Es por ello que resulta interesante conocer los principales factores climatológicos para así determinar y descubrir el comportamiento humano ante ellos, y de esta manera entender las cualidades que debe tener la arquitectura para hacerles frente.

En primer lugar ubicamos la comunidad autónoma de Castilla y León en latitudes medias, entre los 20° y 60° de latitud, con el consiguiente clima continental de carácter mediterráneo. En general el clima es templado, con variantes de clima estepario frío en algunas zonas. Sin embargo, debida a su larga extensión, así como sus diversos accidentes geográficos, existe una gran variedad de climas y microclimas dependiendo de los mismos:

- La zona comprendida entre Zamora y Toro, así como el entorno de Medina del Campo destaca por su clima estepario frío.
- La mitad occidental de la comunidad presenta un clima oceánico de verano seco, con altas temperaturas en los meses estivales, mientras que en la zona contraria predomina el subtipo atlántico.
- Respecto a las precipitaciones, son más abundantes en la periferia de la meseta, mientras que en la zona central son cuantiosamente menores. (1200l/m² de media anual frente a 400l/m² en la zona centro).⁴

³ Definición según la Real Academia Española [www.rae.es]

⁴ Datos obtenidos según estudio de la Comunidad Autónoma de Castilla y León de la Agencia Estatal de Meteorología.

Nos encontramos así con una gran superficie con grandes variaciones climatológicas, si bien es importante destacar de forma generalizada el gran contraste de temperatura entre los meses estivales (muy calurosos) y los invernales (largos y fríos), lo cual requerirá soluciones arquitectónicas que resuelvan este gran gradiente térmico.

2.2.2. LA RESPUESTA CONSTRUCTIVA A LOS CONDICIONANTES DEL CLIMA

Ante la situación climatológica expuesta anteriormente la respuesta de la arquitectura popular reside en el concepto de “inercia térmica” como base de la misma. Y es que, teniendo en cuenta las construcciones a lo largo de los años en Castilla y León, todas mantienen la idea de construir en masa para así protegerse de las temperaturas exteriores; se trata de construcciones pesadas, que comenzaron siendo de adobe y paja y cuya evolución ha seguido principalmente en la línea de muros de ladrillo, piedra, termoarcilla, u otros materiales pesados.



Figura 4: Imagen de una construcción popular de adobe en Castilla y León. Fuente: [siempredepasso.es [Internet]



Figura 5: Imagen de una construcción popular de piedra en Castilla y León. Fuente: elmundo.es [Internet]

Y es que en efecto, en la región castellanoleonesa, así como en la mayoría de España la construcción ha basado su técnica en la construcción con ladrillo, idea que se ve enfatizada en relación con el sector empresarial relacionado con la construcción. Así, se ha producido una gran evolución en este tipo de empresas dada la demanda, pero siempre siguiendo las directrices de la construcción pesada. Por ello, las nuevas construcciones eficientes, muchas de ellas buscando la ligereza

de su construcción, se enfrentan, de partida, con el problema de abastecimiento de piezas o materiales.

Paralelamente a esto, ha sucedido lo mismo con otros elementos de la envolvente como son los huecos o la cubierta, que se han encontrado con problemas similares a los anteriormente descritos. Por una parte, la cubierta, tradicionalmente de teja o pizarra inclinada, busca ser sustituida por otras de mayor eficiencia energética, modificándose no sólo su diseño sino también su función (incorporan la captación solar, recogida de aguas, refrigeración u otros mecanismos que mejoren la eficiencia energética del edificio en el que se encuentran.

Por otro lado, los huecos han sido a lo largo de la historia uno de los puntos más débiles de la envolvente, tal cual como describiremos más adelante. En este sentido, en Castilla y León esta idea se enfatiza debido a la gran variedad térmica entre las estaciones estivales e invernales. De esta manera surge la necesidad de carpinterías y vidrios que respondan a las nuevas premisas para favorecer la eficiencia energética de los edificios, tratando de minimizar las pérdidas y controlando las ganancias solares.

2.3. LA NUEVA ARQUITECTURA EFICIENTE EN CASTILLA Y LEÓN.

En los últimos años nuestro país, así como la Unión Europea ha manifestado una notable mejoría relativa al grado de autoabastecimiento de energía, llegando a alcanzar el 28% ⁵en España. Sin embargo, estas cifras se quedan aún lejos del objetivo 20-20-20 ⁶estipulado por la Unión Europea para 2020.

⁵ Según la CNE en su último informe presentado en 2013 acerca de eficiencia energética, cogeneración y energías renovables

⁶ El 20-20-20 es un concepto promovido por la Unión Europea que se apoya en conseguir tres puntos principales antes de 2020: reducir las emisiones de los gases que causan el efecto invernadero un 20%; reducir el gasto

En este contexto, el consumo energético por parte del sector residencial representa el 18.7%⁷añadido al consumo del sector de la construcción por parte de la industria.

Es en este punto donde se hace necesaria la regulación de la demanda energética así como la mejora de la eficiencia energética en aras de mejorar el balance energético global. Es por esto que desde los gobiernos tanto centrales como autonómicos, se han dictaminado una serie de directrices, órdenes, normativas...para conseguir dichos objetivos, desde la más general a la más concreta, que enunciaremos a continuación.

De esta manera, la construcción española, y más en concreto en la comunidad autónoma de Castilla y León, debe adaptarse a las nuevas directrices impulsadas desde Europa y respaldadas tanto por el gobierno central como por el regional.

2.3.1. LEGISLACIÓN REFERIDA A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CASTILLA Y LEÓN

2.3.1.1. NORMATIVA EUROPEA

Desde la Unión Europea se dictan dos Directivas que dictaminan las estrategias fundamentales de actuación para la eficiencia energética de edificios. Estas directivas son:

Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios: el objeto de esta directiva será *“la eficiencia energética de los edificios sitos en la Unión, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos coste-eficacia⁸”*. Para ello enunciaremos algunos de los términos a los que se refiere dicha normativa:

energético un 20% y promover el aumento del uso de energías renovables hasta en un 20%.

⁷ Según CNE en su último informe presentado en 2013 acerca de eficiencia energética, cogeneración y energías renovables

⁸ DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios

3. Adopción de una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios, para así establecer unos métodos de cálculo comunes a todos los casos.

4. “*Requisitos mínimos de eficiencia energética*”, en los casos de intervención de edificios, los cuales deberán ser establecidos por los países miembros en función de la climatología, condiciones del edificio,...

5. Cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética, por parte de los países miembros para lograr que dicho cálculo sea el recomendable.

6. En los “*Edificios nuevos*”⁹, los Estados Miembros deberán revisar las condiciones de eficiencia energética.

7. “*Edificios existentes*”, donde al realizarse reformas se buscará que cumplan las mismas condiciones que en apartado anterior

8. Instalaciones técnicas de los edificios

9. Edificios de consumo casi nulo

10. Incentivos financieros y barreras de mercado

11, 12 y 13. Certificados de eficiencia energética

14,15 y 16. Inspección de instalaciones de calefacción y aire acondicionado

17 y 18. Sistemas de control independientes.

Esta normativa persigue, en definitiva, una adecuación de la arquitectura a las nuevas condiciones de eficiencia energética. Sin embargo, dada la disparidad de condicionantes, entre otros meteorológicos, en todo el territorio europeo, queda relegado a una serie de líneas generales de actuación, con excesiva ambigüedad en las mismas.

Directiva 2012/27/UE, que establece una serie de medidas enfocadas a alcanzar el objetivo 20-20-20. Esta normativa se centra principalmente en la eficiencia del uso de la energía, del

⁹ Se consideran “edificios nuevos” aquellos de nueva construcción.

suministro de energía, y otra serie de disposiciones complementarias que siguen esta línea de actuación.

Entre dichas medidas, destacan la “renovación de edificios”, la necesidad de una “función ejemplarizante por parte de los edificios de organismos públicos”, obligando además a éstos a la adquisición de edificios de alta eficiencia energética,...así como alusiones a contadores, auditorías,...que no son destacables en este estudio.

Sin embargo, las tres primeras constituyen, al igual que en la anterior, las pautas generales de actuación. Y es que si bien se pueden aplicar siguiendo diversas vías, en el fondo tratan de llevar la nueva arquitectura, más en concreto la de edificios públicos a términos que reduzcan notablemente el consumo energético.

2.3.1.2. NORMATIVA ESTATAL

Dichas directivas europeas se han aplicado en España a través de Reales Decretos, modificaciones en el Código Técnico de la Edificación (CTE) u otras normativas o subvenciones que primen lo expuesto en las anteriormente citadas. Entre todas ellas cabe destacar:

“Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios”¹⁰. De esta forma, el procedimiento establecido en dicho artículo será aplicable para edificios nuevos, edificios existentes o partes de los mismos en una enajenación o alquiler a terceros y edificios públicos que cumplan unas determinadas características. Establece de este modo las principales premisas que ha de cumplir la certificación de eficiencia energética, obligaciones y controles,...Se trata, así, de la ejecución en forma de ley de una de las directrices fijadas desde Europa.

Documento básico HE Ahorro Energía, sección 0 referido a la “limitación del consumo energético”, fechada en 2013, de

¹⁰ Boletín Oficial del Estado, sábado 13 de abril de 2013, núm. 89.

contenido similar al expuesto a continuación pero en este caso referido al consumo energético y las exigencias para su control.

Documento básico HE Ahorro Energía, sección 1 referido a la **“limitación de la demanda energética”**, cuya última actualización data de 2013, derogando la anterior de 2009, mediante el cual se establecen las condiciones para lograr este objetivo. Se refiere a los edificios de obra nueva, ampliación, reforma (a excepción de mantenimiento) o cambio de uso. Así, establece las directrices para conseguir dada restricción dependiendo de la zona climática y finalidad del edificio; entre ellas se encuentran los valores límites de transmitancias, procedimientos y condiciones de obra y productos de construcción.

Documento básico HS Salubridad, secciones 1 y 3, referidas a la **“higiene, salud y protección del medio ambiente”**¹¹. Por una parte, en “Exigencia básica HS 1” se establecen las condiciones para las que un cerramiento debe evitar la presencia de humedad en el interior de un edificio, cualquiera que sea su origen (escorrentía, condensaciones, filtraciones, etc), suponiendo de esta manera una condición más que debe cumplir el cerramiento. Por otra parte, la **“Exigencia básica HS 3”** referida a las condiciones del aire del interior del edificio, concerniente tanto a la envolvente como a todo el edificio, buscando la correcta ventilación interior, evitando acumulación de gases contaminantes.

Las normativas estatales fijan así una serie de valores a cumplir en aras de mejorar la eficiencia energética en nuestro país, tratando además de reducir la demanda y el consumo energético, siguiendo la Directiva 2012/27/UE. De este modo, por una parte el Real Decreto anteriormente expuesto queda enmarcado en el ámbito de los certificados de eficiencia energética, mientras que los dos Documentos Básicos enunciados establecen valores a cumplir mucho más específicos, haciendo

¹¹ Según CTE DB HS Salubridad en el artículo 13 de la parte I.

distinción entre las distintas zonas climáticas, tipología de cerramientos,...

2.3.2. NORMATIVA AUTONÓMICA

Dentro de esta jerarquía de normativas, el siguiente grupo serán las de índole autonómicas, centradas en la ejecución y desarrollo de todas las premisas dispuestas en las dos anteriores.

Por una parte son destacables las normativas referidas a la certificación energética de los edificios:

Decreto 55/2011, de 15 de septiembre, que regula el proceso para el certificado de eficiencia energética de edificios nuevos.

“Orden EYE/23/2012, de 12 de enero, por la que se regula el procedimiento de inscripción en el Registro de Certificaciones de Eficiencia Energética de edificios de Castilla y León”¹².

Orden EYE/24/2012, de 12 de enero, por la que se aprueba la aplicación informática «CEREN»¹³, con la que se pretende facilitar el acceso a la Certificación Energética de Edificios.

“Orden EYE/25/2012, de 12 de enero, por la que se crea un fichero mixto de datos de carácter personal denominado Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de Castilla y León”

Aunque la certificación energética no es el tema de este trabajo, si afecta de forma indirecta al mismo, por lo que es necesario mencionar las normativas anteriores gracias a las que se fija la estrategia para cumplir correctamente la realización de dichas certificaciones y se proponen los organismos administrativos y telemáticos necesarios para ello. Es, en efecto una acotación de lo anteriormente mencionado para el ámbito nacional, de forma que el modo de ejecución queda a decisión de cada comunidad autónoma.

¹² BOCYL, martes 31 de enero de 2012, núm. 21.

¹³ BOCYL, martes 31 de enero de 2012, núm. 21.

2.3.2.1. OTRAS NORMATIVAS

Además de todas las normativas anteriormente expuestas existen otra serie de disposiciones enfocadas a estimular la eficiencia energética en los edificios. En este grupo podemos incluir:

“Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas”, de ámbito nacional, se refiere a la rehabilitación y regeneración tanto de viviendas como de urbanismo para mejorar las condiciones de habitabilidad de las mismas de una manera eficiente. Constituye así un complemento a las normativas anteriormente expuestas que persiguen la creación de edificios eficientes energéticamente. Es, en definitiva, un paso conjunto para la mejora de la eficiencia energética en el parque inmobiliario español, bien a través de edificios de nueva construcción o de otros rehabilitados.

“RD 223/2013 por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016”, de igual forma referido al conjunto del país, aunque se escapa del campo de este estudio, incorpora la regulación de subvenciones y otras normativas referidas a rehabilitación de viviendas, siguiendo la línea de actuación de lo anteriormente expuesto.

2.4. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DEL CERRAMIENTO

En esta situación, los edificios tratarán de adaptarse al entorno buscando la máxima eficiencia energética para comenzar un camino de aproximación hacia el conocido objetivo 20-20-20. Sin embargo, nos encontramos con que los únicos referentes en la arquitectura española son aquellos elementos de la arquitectura popular que se han empleado tradicionalmente en la construcción de edificios. Y es así como surge la búsqueda de referentes de edificios eficientes, remitiéndonos a las construcciones europeas.

Sin embargo, esto puede constituir uno de los primeros problemas de la arquitectura bioclimática en Castilla y León, ya que como hemos mencionado anteriormente, la arquitectura debe adaptarse a la climatología en la que se ubica, de forma que mientras en Europa los edificios buscan la mayor captación solar posible, en la región que nos encontramos, el soleamiento constituye en muchas ocasiones un problema en lugar de una ventaja.

Es así como surge la incógnita de cómo proyectar los edificios de acuerdo con todo lo expuesto anteriormente. Por ello, nos centraremos en el cerramiento del edificio como base para la proyección de edificios eficientes energéticamente.

2.4.1.1. LA ENVOLVENTE COMO PIEL DEL EDIFICIO

Al igual que los humanos nos protegemos del exterior gracias a una piel compuesta por varias capas, sucede de igual forma con los edificios; y es en este caso en el que la envolvente del edificio adquiere su máxima importancia.

A lo largo de la historia la envolvente del edificio estaba ligada a la estructura del edificio, consistiendo así en pesadas fachadas portantes que combinaban varias funciones. Sin embargo, gracias a la introducción de "*Los cinco puntos de la arquitectura moderna*"¹⁴ la fachada queda liberada de la estructura y es aquí donde adquiere su máxima potencia.

Esta evolución de la fachada independiente del resto del edificio hace que cada vez se complejice más, buscándose cada vez más prestaciones en lo que anteriormente se limitaba a definir el límite entre el interior y el exterior del edificio. Es en este punto en el que es destacable la idea que relaciona la envolvente inteligente del edificio con la piel humana a través de una serie de "*analogías naturales*"¹⁵ que nos ayudarán a entender el funcionamiento de la fachada en relación a la

¹⁴ Le corbusier, 1926.

¹⁵ WIGGINTON, Michael y HARRIS, Jude: "Intelligent Skins", Architectural press, Oxford, 2002.

eficiencia energética, comparando la forma en la que ambas pieles se adaptan al entorno.

De esta forma, observamos muchos elementos naturales que varían su respuesta al medio en función de las condiciones medioambientales; se trata de mecanismos que reaccionan bien de forma automática ante un estímulo de su alrededor o bien con mecanismos inherentes en su propio organismo. Y es que esto mismo es lo que sucede con las nuevas envolventes de los edificios; sea cual sea su condición, incorporan una tecnología que hace que se adapten a las condiciones a las que se encuentran expuestas; esta tecnología es así el “cerebro” del edificio” encargado de coordinar las distintas acciones a las que se ve sometido el mismo.

Sin embargo, existe un sinfín de los distintos tipos de envolvente en edificios en función de su naturaleza, con sus diversos comportamientos de adaptación al medio y eficiencia energética, por lo que nos centraremos en las soluciones adoptadas en los edificios eficientes que estudiaremos en la segunda parte.

2.4.1.2. SISTEMAS ACRISTALADOS

Las zonas acristaladas de los cerramientos se han caracterizado históricamente por ser los puntos más débiles en cuanto a aislamiento térmico del edificio; y es que según Juan Cantó Blanquer¹⁶, la pérdida de calor bien por transmisión, filtración u orientación, es de una cuantía considerable. Es por esto que deberán estudiarse todos los componentes del acristalamiento para así entender su comportamiento ante las estaciones estivales e invernales, las ganancias y pérdidas de calor,...

En primer lugar, a la hora de analizar el funcionamiento eficiente de una fachada acristalada nos remitiremos al CTE y con ello a dos puntos principales:

¹⁶ Ingeniero de edificación, en su estudio “Análisis de puentes térmicos en edificación”

1. Limitación de la demanda energética¹⁷, en el sentido de aprovechar las ganancias térmicas y reducir la demanda de calefacción o refrigeración dependiendo de la época del año.
2. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación¹⁸, ya que en muchas ocasiones las zonas acristaladas requieren de una protección contra el soleamiento que reduce notablemente la iluminación natural, con lo que acaba siendo necesaria la iluminación artificial durante todo el día.

La combinación de los dos puntos anteriores en la proporción adecuada definirá el correcto funcionamiento del cerramiento acristalado, y con ello una adecuada eficiencia energética del mismo. De esta forma, se deberán estudiar los huecos, vidrios, y carpinterías del mismo para poder entender el comportamiento respecto a lo anteriormente mencionado:

- **Huecos:** de los que deberemos analizar la superficie, proporciones y orientación. En este sentido es reseñable la argumentación comúnmente conocida de que la mejor orientación de dichos huecos en la este-oeste, consiguiéndose así la mayor captación solar. Sin embargo, debido a la latitud y clima en el que nos encontramos debemos mencionar la conjetura a este argumento expuesta por la arquitecta Helena Granados Méndez, indicando los problemas derivados de dicha orientación: *“problemas de sobrecalentamiento, discomfort visual y deslumbramiento”*¹⁹. Y es que en efecto, uno de los problemas que nos encontramos en el clima castellano-leonés es que lejos de buscar la mayor captación de luz a través del acristalamiento debemos evitar el sobrecalentamiento interior que se produce por la excesiva radiación.

¹⁷ DB HE1 Limitación de la demanda energética

¹⁸ DB HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

¹⁹ GRANADOS MENÉNDEZ, Helena. Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética. Consejo Superior de Arquitectos de España. 2006. Capítulo 5

- **Vidrios:** debido a sus distintas características y a las necesidades actuales del mercado hay una gran variedad de vidrios dependiendo del clima para el que se soliciten, la orientación, la finalidad del mismo,... Por ello, estudiaremos las distintas variantes aplicadas en la segunda parte.
- **Carpinterías:** son uno de los elementos más delicados del cerramiento acristalado, ya que supone el punto de conexión entre el vidrio, el exterior y el interior.
- **Protección de huecos:** como complemento a todo lo anteriormente mencionado, en ocasiones se hace necesaria la incorporación de elementos de protección para atenuar la radiación solar sobre la fachada. Existen, sin embargo, una gran variedad de elementos de protección, como son las celosías, voladizos, vegetación, etc., cuyo funcionamiento se desarrollará en cada uno de los casos en los que hayan sido empleados.

2.4.1.3. FACHADAS OPACAS

Estos cerramientos basan su funcionamiento en dos estrategias principales: masa térmica y aislamiento térmico, con distintos comportamientos ante los factores climatológicos.

En primer lugar, los sistemas basados en la **masa térmica** se fundamentan en el aprovechamiento de la inercia térmica del cerramiento para lograr un mayor aislamiento térmico. De esta manera, se trata de envolventes pesadas, de gran espesor y con altas conductividades, que buscan repeler o absorber la mayor cantidad de calor posible para irlo desprendiendo posteriormente de manera paulatina, tal cual como se representa en la figura 1. A pesar de que estas construcciones tienen sus raíces en la arquitectura vernácula popular, tal y como se ha enunciado con anterioridad, sigue siendo una estrategia muy usada en la arquitectura bioclimática contemporánea.

En segundo lugar, las fachadas que utilizan el **aislamiento térmico**, siendo por lo general fachadas ligeras, de poco espesor pero muchas capas cuyos materiales tienen una conductividad baja. Estos cerramientos basan su eficiencia en evitar las

infiltraciones y/o puentes térmicos a través del mismo, así como en el buen funcionamiento del material aislante. Dentro de estos sistemas constructivos se enmarcan las fachadas de panel sándwich, las multicapa,...buscando la mayor eficiencia energética con el menor espesor. Según Helena Granados (Granados Menéndez 2006), son edificios "contenedor" que aíslan el interior completamente de las condiciones exteriores.

2.4.1.4. SISTEMAS MIXTOS

Dentro de estos sistemas, caracterizados por tener un espacio intersticial destinado a la producción de calor, destacaremos el **espacio invernadero**, que posteriormente se ilustrará en uno de los ejemplos.

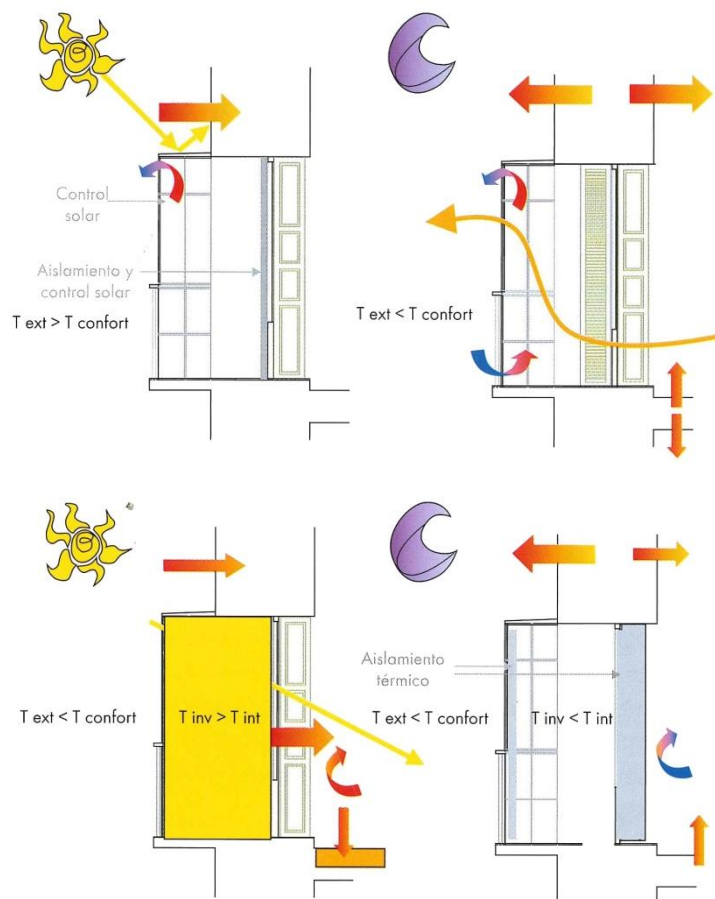


Figura 6: Mecanismo de efecto invernadero en invierno (día y noche) y en verano (día y noche). Fuente: (Granados Menéndez 2006)

Este mecanismo busca la mayor captación solar en un espacio intermedio delimitado por una hoja exterior de vidrio absorbente y otra interior, de forma que se acumule el calor en el interior de la misma y sea transferido por convección al resto del edificio, constituyendo así una fuente de aporte calorífico adicional. (FIGURA 2)

Sin embargo, plantean el problema de su funcionamiento en las estaciones estivales, problema aún más acentuado en la región en la que se centra este estudio, por lo que deberán incorporar sistemas adicionales como elementos de ventilación, aperturas,... que atenúen los efectos de este mecanismo en dichas estaciones, evitando el sobrecalentamiento interior.

2.4.1.5. LA CUBIERTA: LA QUINTA FACHADA

Conocida en la historia de la arquitectura como la “quinta fachada”, constituye uno de los elementos más importantes a la hora de considerar el cerramiento de un edificio, no sólo por tratarse de una fachada más, sino por ser una de las superficies más expuestas a las inclemencias meteorológicas (radiación solar, precipitaciones,...)

Sin embargo, el objetivo de este estudio no es la eficiencia energética de los distintos sistemas constructivos de cubiertas, por lo que sólo nos centraremos en aquellos considerados más llamativos a la hora de analizar los edificios eficientes energéticamente.

En este sentido, es imprescindible enmarcar las **cubiertas vegetales** como protagonistas de este apartado. Y es que aunque han sido utilizadas en la arquitectura más tradicional, son uno de los elementos bioclimáticos más recurrentes en los edificios eficientes contemporáneos.

Y es que esta tipología, intrínsecamente asociada a la cubierta plana, es empleada no sólo como elemento decorativo o de integración con el entorno, sino por sus cualidades aislantes y refrigerantes.

Por una parte, el sustrato de tierra que incorpora, así como la capa de vegetación, contribuyen al mayor aislamiento de la cubierta, reduciendo el calentamiento de ésta por la radiación solar a lo largo del día, con lo que actúan como elemento refrigerante. Además, la vegetación absorbe elementos contaminantes y actúa como aislamiento acústico.

3. ANÁLISIS DE CASOS PRÁCTICOS

3.1. INTRODUCCIÓN

3.1.1. SELECCIÓN DE EDIFICIOS

Para este análisis se ha acotado el rango de búsqueda de edificios eficientes a la comunidad autónoma de Castilla y León, dado que es el ámbito del estudio.

En primer lugar se ha realizado una preselección de edificios considerados eficientes energéticamente, cualesquiera que fuesen sus condiciones bioclimáticas. Como primera premisa se establecía que fuesen de uso terciario, servicios o administrativo, para así poder hacer un estudio objetivo sin la influencia del uso y manipulación del mismo por terceros (viviendas, edificios residenciales,...)

Además, se busca el reconocimiento oficial de “edificio eficiente” por algún organismo o publicación reconocida, para así poder entender la valía del mismo. Entre estas menciones cabe destacar la etiqueta de eficiencia energética de los edificios tipo A o incluso B, los premios de Construcción Sostenible de Castilla y León,... y otras documentaciones o premios reconocidos.

Entre los edificios preseleccionados estudiados destacamos: Centro de Día Eficiente para Enfermos de Alzheimer (Benavente, Zamora), Edificio de Oficinas par SIEMCALSA (Boecillo, Valladolid), Centro del Cangrejo de río (Herrera de Pisuegra, Palencia), Aula de Río en Aliseda de Tormes (Ávila), Edificio de alto rendimiento energético solar (Boecillo, Valladolid), Ampliación de los servicios comunes y administrativos de C.E.E. Fray Ponce de León (Burgos). Todos ellos reconocidos como del alta eficiencia energética a través de los Premios de Construcción Sostenible de Castilla y León en sus diversas ediciones. Sin embargo, han sido descartados ya que en muchos casos, la información de los mismos es muy escasa, con lo que sería difícil profundizar en un estudio de la eficiente energética de sus cerramientos.

En segundo lugar, debido a que el estudio se refiere a la globalidad de la comunidad autónoma, se ve como premisa recomendable la dispersión de los edificios, es decir, que el máximo de edificios estudiados por provincia se limite a uno.

Finalmente, al referirnos más concretamente a la eficiencia de la envolvente arquitectónica de los edificios se han buscado aquellos ejemplos más ilustrativos, buscando ejemplificar las diversas tipologías de los cerramientos.

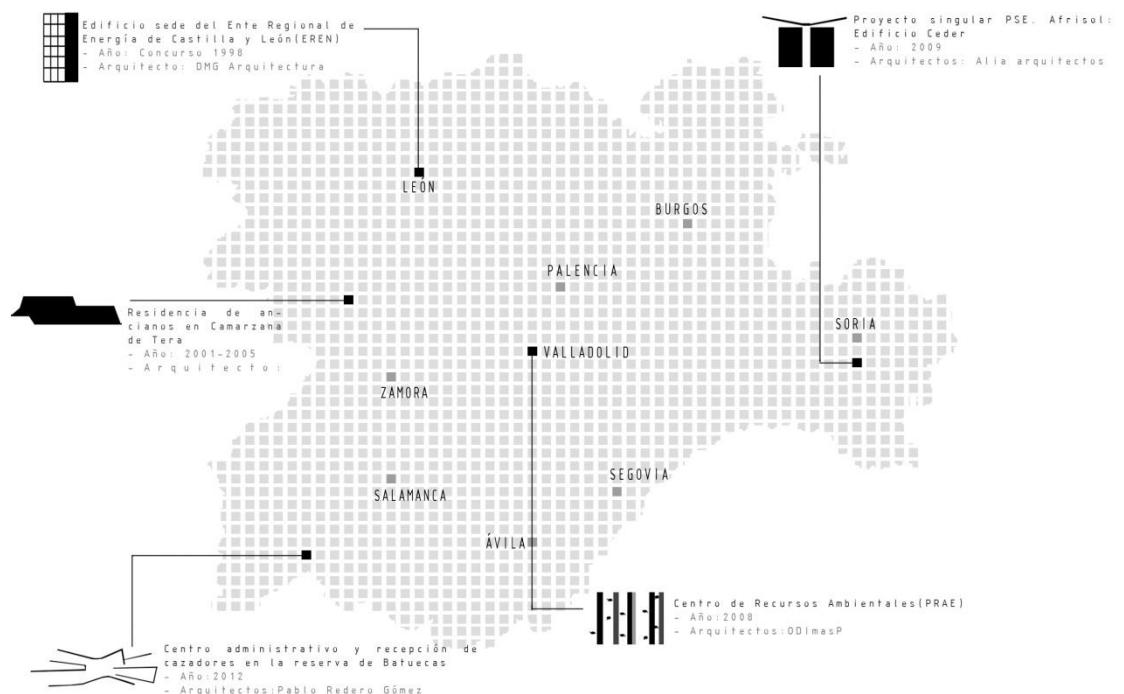


Figura 7: Mapa de Castilla y León con los edificios seleccionados. Fuente: elaboración propia

Así, el resultado final ha sido la selección de cinco edificios de distintas provincias considerados eficientes energéticamente:

- **Sede EREN en León**, reconocido como uno de los primeros referentes de edificios eficientes en Castilla y León, así como con la calificación A de eficiencia energética, resulta interesante comprobar el funcionamiento de su fachada totalmente acristalada teniendo en cuenta la localización en la que se sitúa.

- **Residencia de Ancianos** en Camarzana de Tera en Zamora; aunque en este caso no hay una certificación oficial de la eficiencia energética del mismo, sí ha sido reconocido por algunas publicaciones (Reyes, Baraona y Pirillo 2007)²⁰ como edificio sostenible; sin embargo, ha sido seleccionado por la búsqueda en su diseño de la mayor eficiencia energética, así como para ilustrar la importante función de la cubierta en un edificio, acentuada en este caso por la forma del mismo, y cómo su tipología contribuye en mayor o menor medida a la eficiencia energética global del citado edificio.
- **Edificio PRAE** en Valladolid, ganador del primer premio de arquitectura sostenible de castilla y León, así como el Green Buiding Challenge y otros premios como el IV Premio de Arquitectura ENOR, ha sido seleccionado para este estudio por el interés que suscita el volumen acristalado emergente en el mismo, y cómo su envolvente se adapta a las condiciones bioclimáticas del medio.
- **Rehabilitación integral.** Edificio bioclimático de oficinas con frío solar en Soria: aunque en este caso se diverge ligeramente de la línea de selección de los anteriores edificios, parece necesaria la incorporación de la rehabilitación eficiente en un estudio como este, ya que en la actualidad el trabajo de los arquitectos tiene tanta importancia en la rehabilitación de edificios existentes como en los de nueva construcción. Es, por tanto, de gran interés, conocer las estrategias que se pueden emplear para transformar un edificio de construcción tradicional en uno eficiente energéticamente. Esta obra obtuvo el "I Premio de Arquitectura Sostenible de Castilla y León" en 2005-2006.

²⁰ Reyes, C., Baraona, E., & Pirillo, C. (2007). Arquitectura sostenible. Valencia: Pencil.

- **Centro administrativo y recepción de cazadores en la reserva de Batuecas** en Salamanca: reconocido con un Accésit en los Premios de Construcción sostenible de Castilla y León en 2011-2012, es un caso escogido por la conjunción de los distintos cerramientos que incorpora (fachada acristalada, cubierta vegetal, e inercia térmica) para lograr una gran eficiencia energética del mismo, que también ha sido catalogado con la calificación A. Sin embargo, en este caso, la negativa de los arquitectos del edificio a facilitar información acerca de éste, así como las escasas publicaciones de él, han hecho más difícil la profundización en su estudio bioclimático.

3.1.2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Para el estudio de los cinco casos a continuación desarrollados se ha consultado información tanto online como en papel, diversas publicaciones, artículos y libros, así como documentación gráfica y escrita proporcionada por los arquitectos autores de los distintos proyectos.

Para el análisis de cada caso se procede a un estudio de la climatología y ubicación referido a su influencia con la eficiencia energética del edificio, una breve descripción de la idea y base del proyecto, así como los conceptos principales que el proyecto busca desarrollar. A continuación, entender el funcionamiento bioclimático del edificio, para así poder comprender el papel que juega el cerramiento. Además, en muchos edificios, la eficiencia energética del mismo se basa en una estrategia bioclimática global donde las partes forman parte del todo.

Finalmente, se desarrolla un análisis pormenorizado de la envolvente, sus distintas posibilidades dependiendo de la estación del año, mecanismos de adaptación al clima,...

3.2. EDIFICIO SEDE EREN (LEÓN)

- Nombre: Edificio sede del Ente Regional de Energía de Castilla y León
- Año: 1999
- Arquitecto: DMG Arquitectura
- Promotor: Junta de Castilla y León

3.2.1. CONDICIONES DEL ENTORNO

El edificio se localiza en la capital leonesa, caracterizada como una zona especialmente fría en la península ibérica (El CTE DB H1 le otorga la clasificación de zona climática E1). Y es que en efecto, León se caracteriza por una media anual en torno a 11.4 °C, donde los meses con la incidencia solar más alta son junio y julio, por lo que serán los meses en los que mayor tendrá que ser la protección solar. Por el contrario, diciembre y enero destacan por ser las épocas del año en los que más bajo es este dato²¹, con frías temperaturas invernales, con lo que la captación solar y aprovechamiento del mismo deberá elevarse a su máximo exponente.



Figura 8: Plano de localización del edificio. Municipio: León. Fuente: elaboración propia

²¹ Datos según Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de clima de EUMETSAT

En lo que respecta al entorno inmediato (Figura 9) del mismo es importante destacar que es una zona de edificios aislados en altura, lo que permite la libre orientación del proyecto independientemente de las sombras arrojadas por edificios cercanos, ya que no le afectan.

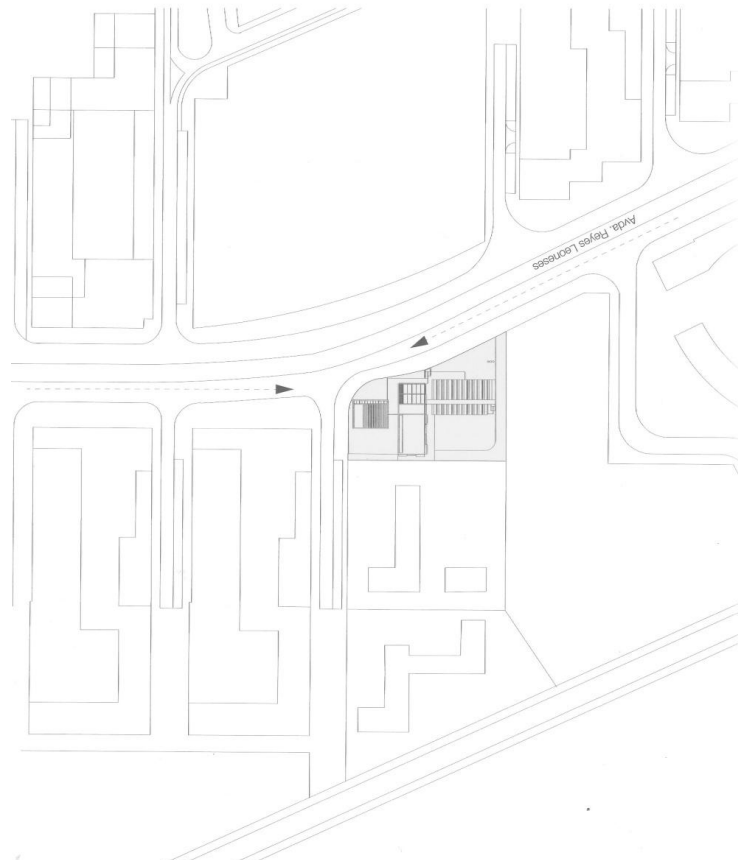


Figura 9:Planta de situación del edificio. Fuente: Bibliografía

3.2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La propuesta ganadora del concurso para la sede del Ente Regional de Energía de Castilla y León (Díaz Font 2004) basa su idea en convertirse en un edificio racional y funcional a la vez que engloba una estrategia bioclimática global, con un microclima interior y unas instalaciones propias, donde los espacios se adecúan a las condiciones exteriores a las que están expuestos.

El conjunto está formado por las oficinas del EREN, que actúan como eje vertebrador del proyecto, con su simbólica

fachada acristalada y conteniendo en su interior el gran atrio central, de gran importancia en la estrategia bioclimática del edificio; los laboratorios, que se ubican semienterrados buscando la mejor inercia térmica, y el salón de actos, de naturaleza arquitectónica totalmente diferente al edificio principal.

Sin embargo, es necesario destacar que el proyecto finalmente ejecutado difiere en algunos aspectos respecto a las propuestas iniciales.

Todo este conjunto se erige como un pionero en edificios eficientes en Castilla y León y ha sido distinguido con la calificación A²² en la clasificación de la eficiencia energética de los edificios, debido tanto a sus cerramientos eficientes como al conjunto de instalaciones que siguen con esta idea de eficiencia energética.

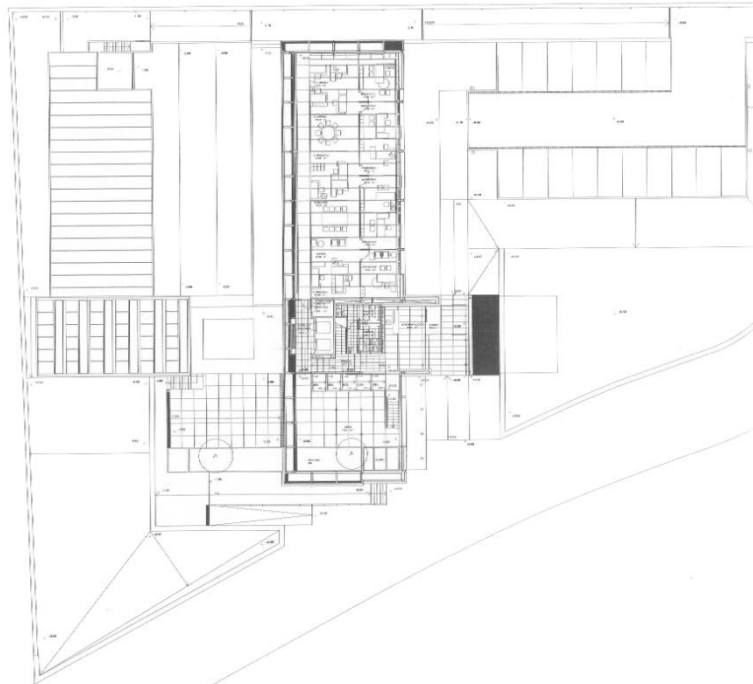


Figura 10: Planta del edificio. Fuente: Díaz Font, D. (2004).
Sede del EREN: un edificio bioclimático.

²² Según el artículo "La sede del EREN obtiene una letra "A" en eficiencia energética" publicado en [<https://www.construible.es/noticias/la-sede-del-eren-obtiene-una-letra-a-en-eficiencia-energetica>] [Día 27 junio 2015; hora 15:30]

3.2.3. FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO

La primera estrategia de proyecto consiste en la correcta orientación del edificio: a través de la articulación de los volúmenes se consiguen crear superficies captadoras solares (fachada y cubierta de laboratorios); además se tiene en cuenta la disposición de volúmenes y sus sombras arrojadas para no perjudicar esta condición.

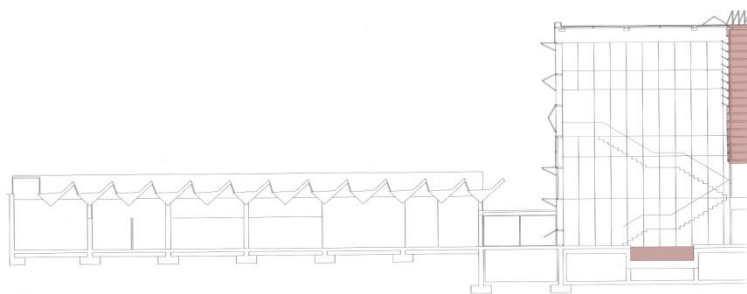


Figura 11:
Esquema en sección de muro Trombe y estanque.
Fuente: elaboración propia.

En segundo lugar, se pretende un acondicionamiento natural del edificio, basado primeramente en la captación de energía y posteriormente en su recirculación; por una parte en el edificio central gracias a la fachada captadora de energía solar y al gran atrio central. Éste último, además de ser un punto de confluencia del edificio actúa como un gran invernadero en invierno o un elemento refrigerante en verano. También incorpora un muro Trombe²³ activo y un estanque de agua para ayudar al acondicionamiento de dicho espacio, tal cuál como se ve en el esquema superior (Figura 11).

Así mismo, hay que destacar que el proyecto finalmente ejecutado también busca la circulación y ventilación del aire interior a través, entre otros sistemas, de la redistribución del aire de la cámara intermedia de la fachada.

²³ "MURO TROMBE: muro o pared orientado hacia el sol, construido con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica, combinado con un espacio de aire y una lámina de vidrio" Definición según Fernando Martín Consuegra [http://www.sustpro.com/upload/498/documents/223/reconsost_muros_trombe.pdf]

Por otra parte la estrategia bioclimática de arquitectura enterrada se aplica en el segundo edificio, que a pesar de quedar relegado a un segundo plano y no ser objeto de este estudio también manifiesta un cierto interés en cuanto a la buena eficiencia energética de la arquitectura subterránea.

En tercer lugar, un complejo sistema de instalaciones altamente eficientes que articulan todos los mecanismos anteriormente mencionados y ayudan a que todo lo anterior adquiera sentido. Se trata del “aparato circulatorio” del edificio, que sin embargo se escapa del campo de investigación de este trabajo.

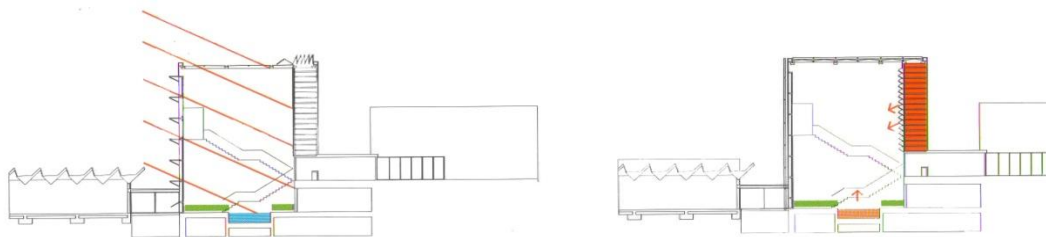


Figura 12: Esquemas bioclimáticos de funcionamiento del atrio y oficinas en invierno (día y noche). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.

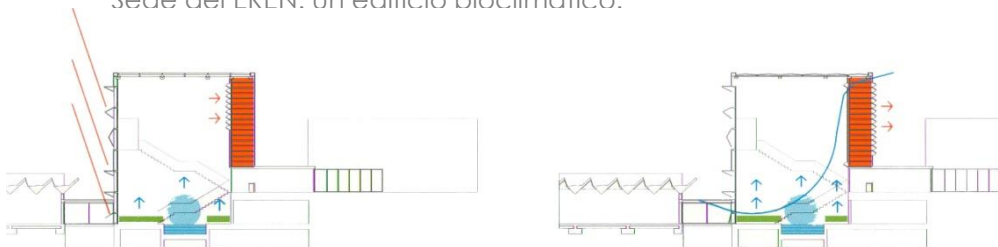


Figura 13: Esquemas bioclimáticos de funcionamiento del atrio y oficinas en verano. (Día y noche). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.

3.2.4. EL CERRAMIENTO DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Refiriéndonos a los cerramientos de alta eficiencia energética caben destacar dos opuestos: en primer lugar la fachada doblemente acristalada, como elemento captador que sigue el recorrido del sol (orientación este, sur y oeste), en la cual centraremos el análisis; en segundo lugar, la fachada norte, totalmente opaca con pequeñas ventanas horizontales y

buscando el mayor aislamiento térmico, ambos dos pertenecientes al edificio de oficinas central.

Es importante resaltar el cumplimiento del CTE-DB HE de ambos cerramientos, teniendo en cuenta la Tabla 1 de valores establecidos para la zona climática E1, y tomando como referencia el ejemplo más desfavorable análogo con el caso dado en el catálogo de elementos constructivos, podemos afirmar no sólo que se cumple el CTE, sino que además, este cerramiento tiene una transmitancia cuantitativamente inferior al límite fijado, considerándose así de alta eficiencia energética. Por una parte el cerramiento acristalado considerado en el caso más desfavorable tiene $2.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, cifra que en la realidad es bastante inferior gracias a los mecanismos eficientes que incorpora dicho cerramiento en la realidad.

*Tabla 1: Valores límite de transmitancias para la zona climática E1.
 Fuente: CTE Db HE*

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{lim}}: 0.57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{slim}} : 0.48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{clim}} : 0.35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de huecos para la superficie calculada:	
Norte (% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Este (% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Oeste (% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Sur (% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$



Figura 14: vista exterior del complejo. Edificio de oficinas. Fuente: www.elbierzoglas.com

3.2.4.1. FACHADA ACRISTALADA COMO CAPTADOR SOLAR

En las fachadas mencionadas con anterioridad se dispone un sistema acristalado de doble fachada de vidrio. La primera hoja exterior está compuesta de vidrio sencillo laminado soportado mediante perfilería a la estructura metálica. A continuación, una cámara de aire de 120cm, elemento principal en la ventilación del cerramiento que posteriormente describiremos. Finalmente, el vidrio interior, de tipo “Climalit” de suelo a techo. Además, cabe destacar que todos los frentes de forjado o remates de falso techo se encuentran aislados térmicamente gracias a un panel sándwich²⁴.

²⁴ Todos los datos técnicos referidos a los sistemas constructivos se han extraído del libro (Díaz Font 2004)

Como remate de todo este cerramiento se había proyectado un sistema basado en lamas móviles motorizadas cuyo objetivo sería adaptarse a las condiciones climáticas en cada momento para así



regular la captación solar (se abrían, cerraban o plegaban

Figura 15: Detalle de la cámara intermedia de la fachada acristalada. Fuente: www.construible.es

para controlar la incidencia solar). Estos paneles serían metálicos con aislante en su interior, de forma que al plegarse cubrirían por completo la fachada. Sin embargo, estas lamas no se han llegado a ejecutar en el edificio actual. (Figura 19)

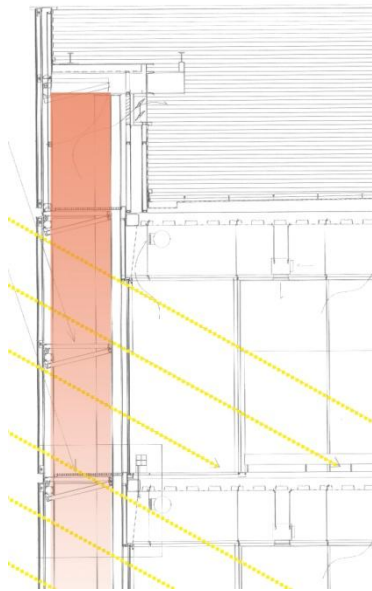


Figura 17: Funcionamiento de la fachada acristalada en invierno. Fuente: Elaboración propia

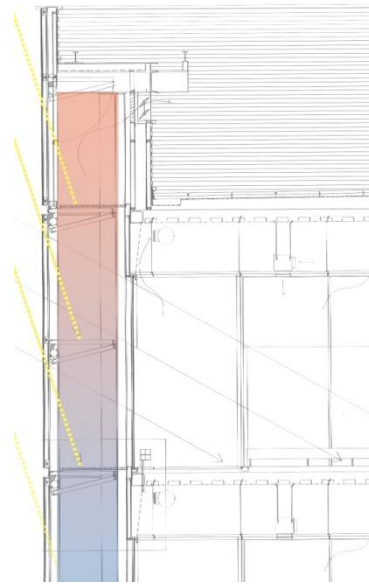


Figura 16: Funcionamiento de la fachada acristalada en verano. Fuente: elaboración propia.

De este modo, la función de captación solar de la fachada queda relegada únicamente al doble vidrio con cámara intermedia, lo cual estudiaremos a continuación.

En primer lugar, es necesario enfatizar el aislamiento térmico del que dispone la cara interior del edificio, de modo que se minimizan las pérdidas de éste hacia el exterior a la vez que se aísla el mismo de las ganancias exteriores.

Sin embargo, es aquí donde las lamas motorizadas ya mencionadas mejorarían el aislamiento del mismo. En segundo lugar, la cámara de aire intermedio, que incorpora bandejas de mantenimiento sin perjudicar a la continuidad de la misma y cuya función es similar al "efecto invernadero", anteriormente

descrito. Y es que dependiendo de la época del año así como de la detección

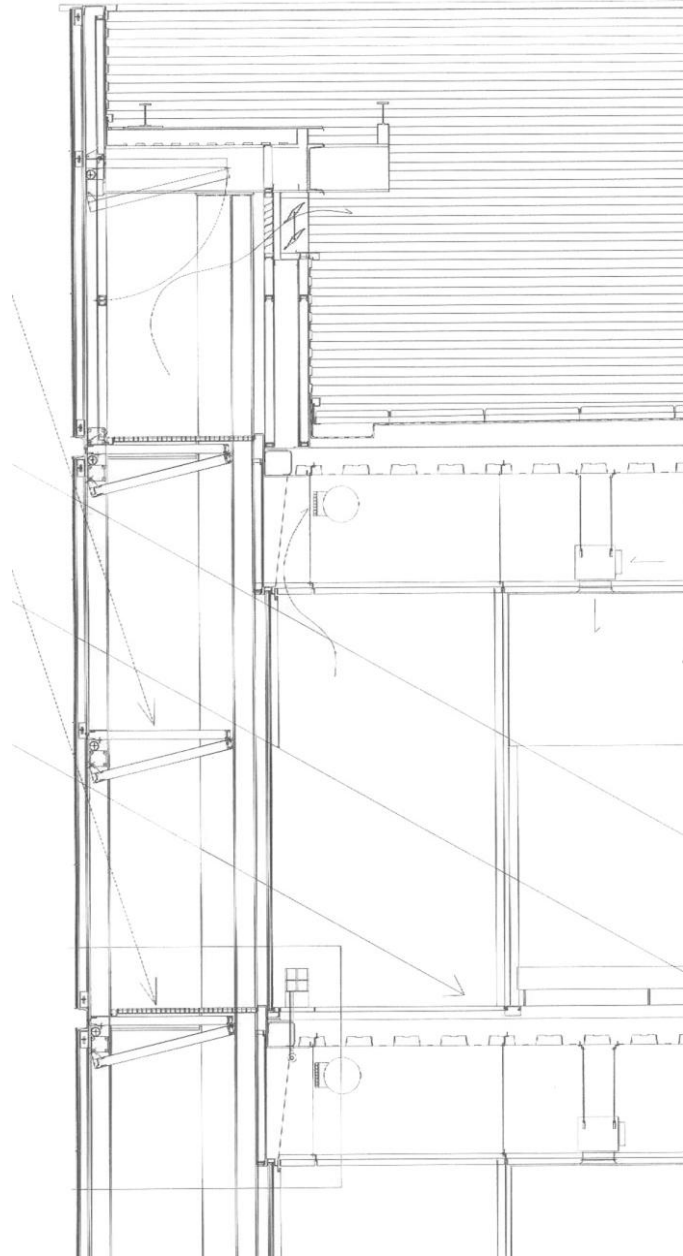


Figura 18: Detalle constructivo de la fachada captadora.(Proyecto). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.

de temperaturas en ella gracias a sondas, se comportará de una manera u otra. Por una parte, cuando dichas sondas detectan un sobrecalentamiento de la temperatura de la cámara activan la apertura de las compuertas de la zona superior así como de los extractores de aire. Con esto se consigue rebajar la temperatura de la cámara evitando que el sobrecalentamiento de la misma se transfiera al interior del edificio. Por otro lado, en las estaciones más frías, el aire calentado en el interior de dicho cerramiento asciende por convección a la zona superior para ser reconducido al atrio central del edificio y aprovechado para alcanzar una temperatura óptima del mismo. A continuación se seguirá el proceso de calentamiento de aire procedente del exterior a través de la fachada acristalada (ascensión por convección) (Figura 18)

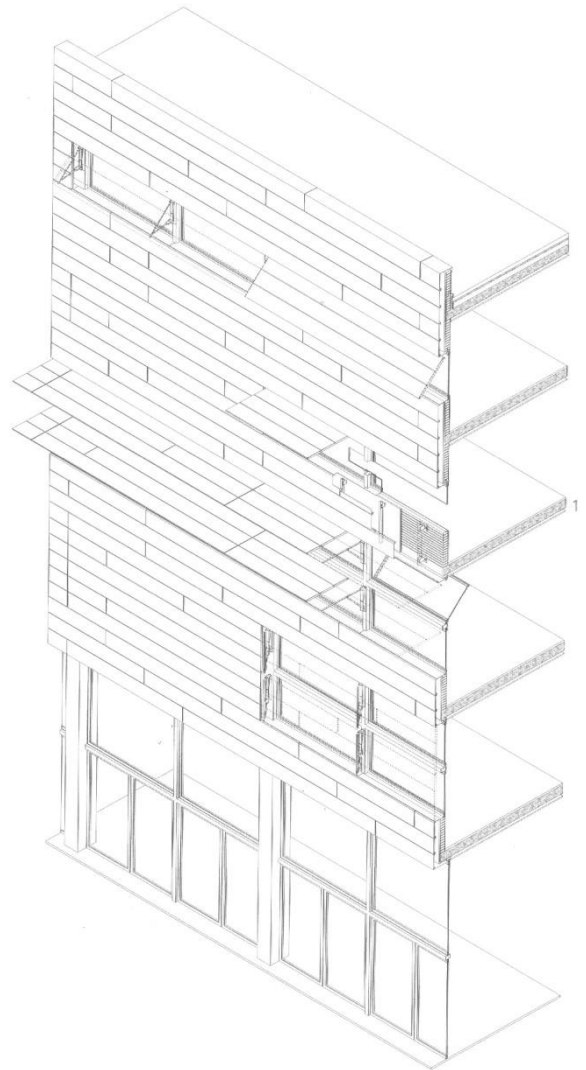


Figura 19: Axonometría constructiva de fachada tipo de lamas móviles. Fuente: Revista Tectónica nº4.

Todo este sistema se completa con un complejo sistema de instalaciones inteligentes que adaptarán el funcionamiento del edificio a las condiciones climáticas, la presencia de personas, etc.

3.2.4.2. FACHADA AISLANTE OPACA

Por el contrario, en la orientación norte del edificio, éste se cierra por completo a través de un cerramiento de alto aislamiento térmico que en un principio fue



Figura 20: Vista exterior de la fachada norte. Fuente: www.skyscrapercity.com

proyectado como masivo de pizarra pero

finalmente se construye con aplacado de pizarra, como puede apreciarse en la imagen superior. (Figura 20) El soporte del mismo es de termoarcilla, con una capa continua de poliuretano proyectado impermeable en toda su cara exterior. Como complemento de aislamiento, en el interior una estantería continua y el panelado de madera interior mejoran las condiciones de aislamiento de dicha fachada. Así, esta fachada sólo es atravesada por pequeñas ventanas horizontales con carpinterías de madera. Se consigue así, un cerramiento que suavice el gradiente térmico entre las temperaturas del día y de la noche, evitando las pérdidas caloríficas a través de él.

3.2.5. CONCLUSIONES

El edificio de la sede del EREN, conocido como uno de los primitivos referentes de eficiencia energética, no sólo en Castilla y León, sino a nivel nacional, se caracteriza por un funcionamiento bioclimático que abarca desde el diseño, hasta las instalaciones, pasando por el sistema constructivo.

En cambio, si nos referimos a la doble fachada acristalada propuesta en este proyecto, hay que mencionar que tiene su

máxima eficiencia en las estaciones invernales, logrando una gran captación térmica y aprovechamiento solar. No obstante, no debemos olvidar que se trata de un cerramiento completamente acristalado, con lo que a pesar de tratarse de minimizar las pérdidas energéticas del edificio gracias a materiales con excelentes capacidades aislantes las pérdidas energéticas a través de dicho cerramiento siguen existiendo.

Por el contrario, en las estaciones estivales, teniendo en cuenta la localización del edificio hay que considerar la radiación solar sobre éste. Si bien los autores del mismo defienden que la esbeltez de la fachada unida al mayor ángulo de incidencia solar son suficientes para proteger al mismo de la radiación solar, lo cierto es que la eliminación del sistema de lamas protectoras de fachada dejan al edificio ligeramente desprotegido en esta época, con lo que la ventilación de la cámara intermedia puede no ser suficiente para evitar el sobrecalentamiento del interior del edificio.

Todo este sistema, combinado con la fachada de alto aislamiento térmico, así como el resto de estrategias bioclimáticas ejecutadas en el edificio hace que el resultado del funcionamiento bioclimático global merezca la categoría A de eficiencia energética.

Este ejemplo es, sin duda, un punto de partida, con tintes experimentales que sienta los cimientos de los edificios eficientes en nuestra comunidad autónoma.

3.3. RESIDENCIA PARA ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA (ZAMORA)

- Nombre: Residencia de ancianos
- Año de construcción: 2001-2005
- Arquitecto: Javier de Antón Freile
- Promotor: Cajamir S.L.

3.3.1. CONDICIONES DEL ENTORNO

El proyecto se sitúa al norte de la provincia de Zamora, en la comarca de Benavente y los Valles, por ello, sus condiciones climatológicas varían ligeramente respecto a las de la capital de provincia, siendo las temperaturas de manera general más bajas. Según el CTE DB H1 se sitúa en la zona climática D2, con un clima continental donde los veranos son cálidos, con temperaturas entre 22 y 24°C y los inviernos fríos, entre 6 y 9°C²⁵, situación suavizada gracias a la ubicación en valle de la localidad.



Figura 21: Plano de localización de Camarzana de Tera. Fuente: elaboración propia.

Debido a la singularidad del proyecto, donde el protagonismo reside en la cubierta, cabe destacar que las precipitaciones son normales, con cuantías entre 500 y 600mm anuales.

²⁵Todos los datos de carácter técnico se han extraído del libro de (Reyes, Baraona y Pirillo 2007)

Dicho edificio se ubica en una parcela rectangular y alargada, en una zona con escasas construcciones alrededor, siendo la mayoría de sus límites tierras de cultivo; este rasgo dotará de unas condiciones singulares al proyecto en su adaptación al entorno.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



Figura 22: Vista general del edificio y su entorno. Fuente: CSO arquitectura.

┌

El edificio basa su idea en tres conceptos principales: la forma del terreno existente, la geometrización del paisaje próximo y el programa de la residencia. Surge así la idea de integrar la nueva construcción en el suelo existente, tratando de que se fundan y se conviertan en un único elemento. Se pretende “texturizar” la arquitectura para conseguir así una perfecta simbiosis entre edificio y paisaje. Y es a través de la cubierta donde se logra esta idea: el terreno se “pliega” en dos bandas y cubre el edificio, de forma que la cubierta se convierte en una prolongación del suelo horizontal.



Figura 23: Vista exterior del conjunto. Fuente: CSO arquitectura

Con esta adaptación no sólo se consigue lo anteriormente descrito, sino que además se pretende un mayor ahorro energético gracias, entre otros motivos, al aislamiento producido por el rehundido en el terreno y las condiciones climáticas aportadas por la cubierta vegetal.

3.3.3. FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO

La estrategia bioclimática del edificio es una combinación entre la reducción de demanda y contaminación de recursos naturales y la incorporación de elementos arquitectónicos eficientes energéticamente.

En primer lugar se trata de reducir la demanda energética bien sea la calórica, gracias al buen aislamiento del edificio, ya sea a través de la cubierta vegetal, el terreno, o el aislamiento de poliuretano proyectado 35kg/m^3 en las fachadas opacas. Además, los sistemas fotovoltaicos instalados en la cubierta en un intento de analogía con el entorno rural, consiguen que la demanda de calor se reduzca notablemente.



Figura 24: Croquis de la incidencia solar en verano e invierno. Fuente: (Reyes, Baraona y Pirillo 2007), pág 152 (modificación propia)

Por otra parte, la disposición y orientación del edificio, y más concretamente de las ventanas (este- oeste) favorece el cruce de ventilaciones, con lo que se pretende la ventilación natural del edificio y la buena calidad del aire interior evitando la mecanización del sistema. Además, sistemas pasivos como voladizos amortiguan la entrada de radiación solar en verano pero la permiten en invierno. (Figura 24)

Otro punto destacable es el aprovechamiento y reutilización de las aguas pluviales, que se redirigen y almacenan en ambos lados del edificio para su posterior uso. El sistema de riego por goteo así como el de la cubierta vegetal favorecen el mantenimiento de las zonas verdes evitando un gasto excesivo de agua. (Figura 25)



Figura 25: Esquema explicativo de la circulación de aguas pluviales. Fuente: (Reyes, Baraona y Pirillo 2007) con modificación propia.

Finalmente cabe destacar la búsqueda de materiales con bajos valores de emisión de CO₂ y cuyo transporte al lugar sea el menor posible, es decir, se emplean materiales de la zona.

3.3.4. EL CERRAMIENTO DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA: LA CUBIERTA VEGETAL

El concepto de la cubierta como quinta fachada del edificio adquiere su máximo significado en este ejemplo, ya que se convierte en parte indispensable del cerramiento del mismo y

en uno de los elementos más importantes de esta construcción.



Figura 26: Vista de la cubierta. Fuente: CSO arquitectura

Dicha cubierta arranca desde el plano horizontal del suelo y se va “plegando” e inclinando para adaptarse a la forma del edificio (Figura 27). Constituye así una envolvente que dada la localización en la que se encuentra es un elemento que evita el sobrecalentamiento interior por exceso de incidencia solar, creándose una capa de gran aislamiento térmico a lo largo de toda la cubierta.

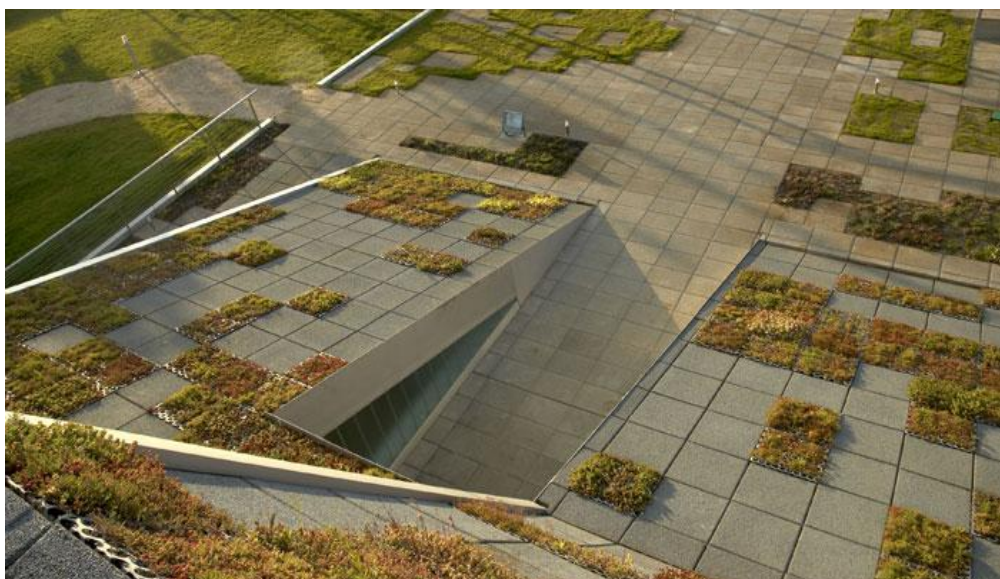


Figura 27: Vista de la cubierta en contacto con el suelo. Fuente: CSO arquitectura

Este elemento está formado por el sistema tipo "INTERMPER TF", cuyo elemento principal es la losa tipo "Filtron"²⁶, que permite la recogida de agua y actúa como elemento drenante, favoreciendo la posibilidad de aprovechamiento y reutilización de aguas pluviales bien para el uso en el edificio o para el riego de dicha vegetación.

Y es que, según una de las casas de fabricación de esta tipología, INTEMPER, se ahorra hasta un 37% respecto a los sistemas energéticos convencionales. Este dato se explicaría gracias a que la vegetación actúa como aislante natural: en verano reduce la entrada de calor en el edificio un 60%, actuando como elemento refrigerante, mientras que en invierno actúa como una capa de aislante que impide que el calor se vaya al exterior. Sin embargo, todos estos datos varían en función de la densidad de vegetación que nos encontremos en la cubierta; es decir, a mayor densidad de vegetación en cubierta mayores son los beneficios aislantes que obtenemos de la misma²⁷.

Además, en este caso, debido al diseño constructivo de este cerramiento, la losa permite el drenaje y circulación del agua a través de la cubierta hasta llegar a

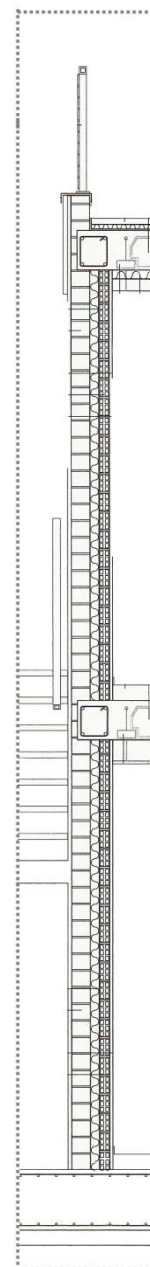


Figura 28: Detalle constructivo de fachada. Fuente (Reyes, Baraona y Pirillo 2007)

²⁶ Losa Filtron: pavimento aislante y drenante compuesto por una base de poliestireno extruido y una capa de Hormigón Poroso de Altas Prestaciones (Según [<http://www.presasl.com/fichas/FT%20LOSA%20FILTRON.pdf>])

²⁷ Según concluye el estudio de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Politécnica della Marche (Italia). <http://www.upm.es/institucional/UPM/CanalUPM/NoticiasPortada/Contenido/5df72faa9e53c410VgnVCM10000009c7648aRCRD>

unos depósitos situados en los extremos del edificio. Con esto no sólo se consigue el reciclaje del agua, sino que su circulación por la cubierta consigue la refrigeración de la misma y con ello del interior del edificio.

Con esta envolvente se obtiene una notable mejora ecológica, tanto desde el punto de vista medioambiental, estético o en la reducción de emisiones de CO₂, como en una apreciable reducción de la demanda de energía logrando así una buena eficiencia energética del cerramiento y con ello del edificio.

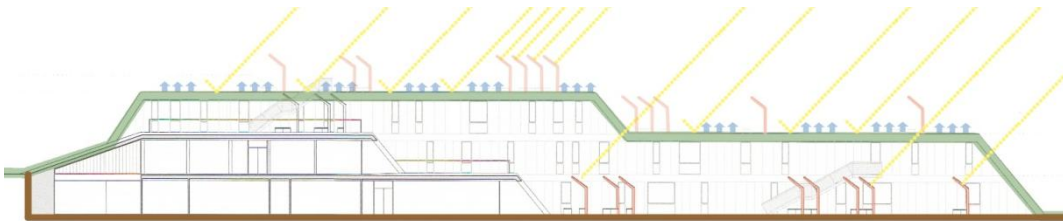


Figura 29: Funcionamiento de la envolvente de la cubierta ajardinada y de la parte enterrada del edificio. Fuente: elaboración propia.

Respecto a los cerramientos restantes, no son singularmente ejemplificantes, ya que se trata de una fachada convencional con una hoja de aislamiento térmico intermedio. (Figura 28)

3.3.5. CONCLUSIONES

A pesar de encontrarnos en muchos casos con cubiertas vegetales, este caso es especialmente destacable ya que la cubierta constituye el mayor porcentaje de superficie de cerramiento del edificio. Es por ello, la “piel” del mismo y uno de los elementos determinantes en el comportamiento bioclimático del edificio.

En este caso, y dada la localización del edificio, el aislamiento térmico es uno de los factores más importantes, y más concretamente en la cubierta, donde la radiación solar se mantiene a lo largo del día, acentuada por la escasez de vegetación en las inmediaciones del complejo.

Sin embargo, esto podría destacarse como un punto en contra, ya que el correcto funcionamiento bioclimático del cerramiento queda delegado totalmente en el sistema constructivo de la cubierta, sin elementos pasivos que atenúen o colaboren con él, independientemente de los paneles fotovoltaicos, cuya función es totalmente independiente de la de cubierta.

Por otro lado, la adaptación del edificio a la topografía del entorno, con la función añadida de recogida de aguas para su posterior reciclaje constituye, sin duda, uno de los mayores aciertos del proyecto, que combina el aislamiento y la relación con el entorno a partes iguales.

3.4. REHABILITACIÓN INTEGRAL. EDIFICIO BIOCLIMÁTICO DE OFICINAS CON FRÍO SOLAR. CUBO DE LA SOLANA, SORIA 2009. ALIA ARQUITECTOS

- Nombre: Proyecto singular PSE. Afrisol: Edificio Ceder
- Año de construcción: 2009
- Arquitecto: Alia arquitectos: Carlos Expósito Mora y Emilio Miguel Mitre
- Promotor: CIEMAT (centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas)

3.4.1. CONDICIONES DEL ENTORNO

El proyecto se sitúa en la zona soriana conocida como Altos de Lobia, en el municipio del Cubo de la Solana, cercana a la capital de provincia. Esta área está clasificada como zona E1 según el CTE DB H1, siendo así de las más frías de la provincia. Destaca por tanto por un clima continental extremo, donde las temperaturas en verano son muy altas pero en invierno especialmente bajas, factor imprescindible al que tendrá que hacer frente el edificio.



Figura 30: Vista aérea del Cubo de la Solana. Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que este caso se trata de una rehabilitación en lugar de nueva construcción, con lo que los condicionantes de partida serán diferentes que en las situaciones anteriores.

3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

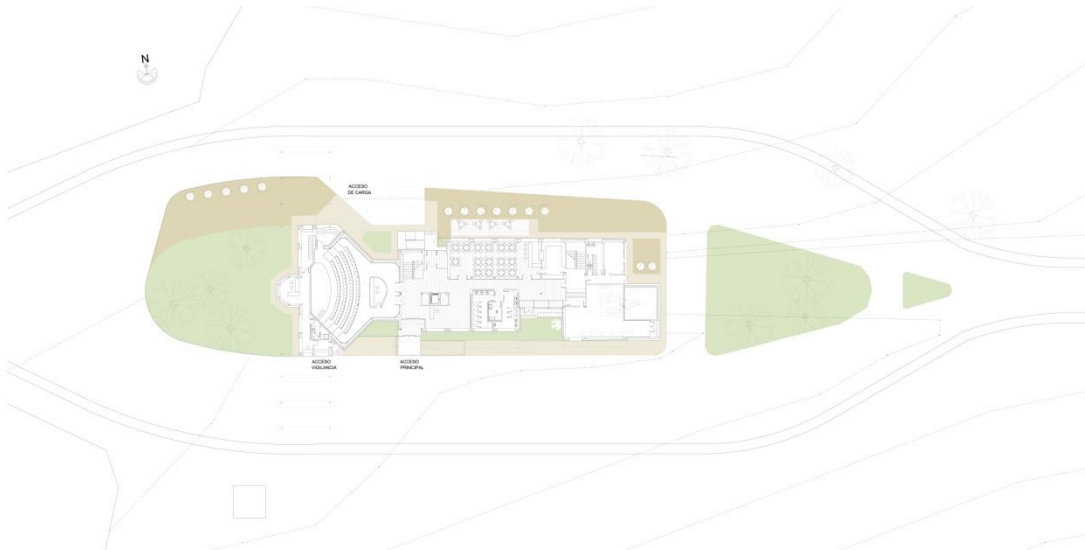


Figura 31: Plano de situación del edificio. Fuente: Alia arquitectos

En este caso, se trata de rehabilitar y reacondicionar un edificio de planta baja con zonas en planta primera inicialmente destinado a tareas de vigilancia y convertirlo en contenedor-demostrador de oficinas bioclimáticas con frío solar como parte de la actividad del Centro de Desarrollo de Energías Renovables.



Figura 32: Vista exterior del nuevo edificio. Fuente: Alia Arquitectos

Así, el proyecto deberá responder por una parte a las condiciones de programa e imagen implícitas en el proyecto (se entiende la necesidad de dotar al edificio de una “imagen tecnológica”) y además asegurar el correcto funcionamiento bioclimático del mismo, llegando a reducir el consumo de energía notablemente, tal cuál como anunciaban algunos medios en su momento: “Un edificio bioclimático que podrá ahorrar hasta un 90% de energía” (García 2007)²⁸

De este modo, se amplía el programa en planta primera, consolidándose el volumen del edificio al mismo tiempo que se persigue que éste tenga una envolvente bioclimática.

3.4.3. FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO

Para dar respuesta a lo anteriormente expuesto, el nuevo proyecto basa su funcionamiento en una serie de directrices principales:

- En primer lugar busca la compactación del volumen, de forma que el edificio se convierta en un sólido capaz facilitando así el aislamiento térmico del mismo. Dicho aislamiento se fundamentará en

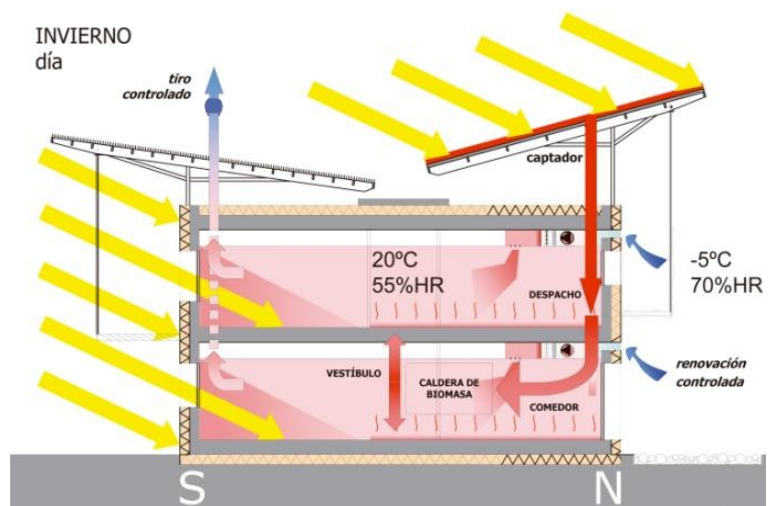


Figura 33: Esquema bioclimático de funcionamiento del edificio durante el día en invierno. Fuente: alia arquitectos

²⁸ García, V. M. (miércoles 18 de julio de 2007). Un edificio bioclimático podrá ahorrar hasta un 90% de energía. Heraldo de Soria, pág. 2 y 3.

la idea de inercia térmica como base de éste, remarcándose la importancia de lo anteriormente mencionado.

- En segundo lugar, se realiza una actuación especial sobre la envolvente del edificio, tanto en cada una de las fachadas, incluyendo en

algunas parasoles u otros elementos de protección, así como en la cubierta, aprovechada también para el rendimiento energético. En este apartado incidiremos con más profundidad más tarde.

- En tercer lugar, la revista "Especial Eficiencia energética y sostenibilidad"²⁹ menciona como

pilar indispensable la incorporación de sistemas solares activos ("captadores solares térmicos, paneles fotovoltaicos, bombas de absorción, calderas de biomasa,...") Así como otros pasivos, como la proyección de elementos en voladizo como protectores

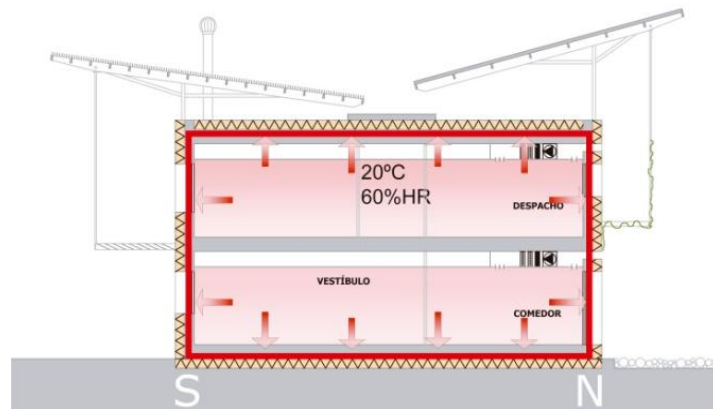


Figura 34: Funcionamiento bioclimático del edificio en noche de verano. Fuente: Alia arquitectos

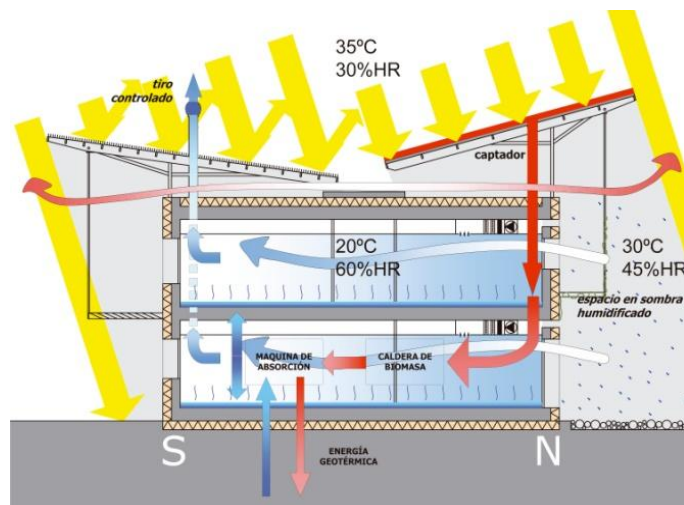


Figura 35: Funcionamiento bioclimático del edificio en día de verano. Fuente: Alia arquitectos

²⁹ Revista Ecohabitar, nº 9, Primavera 2006, "Ahorro energético"

solares. Esta misma publicación defiende que con todo esto se conseguirá un ahorro en torno al 20% o 30% lo que facilita alcanzar el objetivo inicialmente propuesto.

-Como complemento de lo anterior, el sistema de ventilación natural, transversal en dirección norte-sur, ayudada de aspiradores eólicos en la zona sur que ayudan a renovar el aire interior evitando el consumo energético

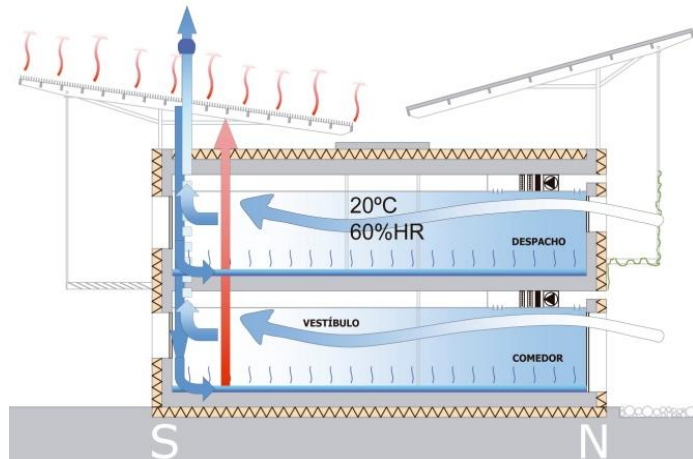


Figura 36: Funcionamiento bioclimático del edificio en noche de invierno. Fuente: Alia arquitectos.

- Finalmente, el sistema de frío solar, como uno de los focos de atracción del proyecto (la energía solar incidente se aprovecha para calentar el agua que hará funcionar las máquinas para la climatización del edificio), si bien este sistema se escapa del objeto principal de este estudio.

3.4.4. EL CERRAMIENTO DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Este ejemplo ha sido seleccionado por el interés de convertir un edificio de tipología, sistema constructivo y diseño tradicional en un referente de eficiencia energética³⁰. Y es que para lograr el correcto comportamiento bioclimático del mismo, la principal actuación, además de las novedosas instalaciones, se centra en la envolvente del edificio, bien sea en las fachadas o en la cubierta.

³⁰ Reconocido con el Accesit en el Premio de Edificación Sostenible de Castilla y León (I Edición, año 2005-2006)

Ambas dos son consideradas de alta eficiencia energética por el ahorro y la baja transmitancia que tienen, cumpliendo las exigencias del CTE establecidas para esa zona climática:

Tabla 2: Valores de transmitancias según zona climática E1. Fuente: CTE DB-HE. Página 37

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{mlim}}: 0.57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{slim}}: 0.48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{clim}}: 0.35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de huecos para la superficie calculada:	
Norte (20.29% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Este (21.08% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Oeste (13.77% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Sur (43.33% huecos)	$3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Si comprobamos³¹ la fachada de GRC más desfavorable, S-SO-SE, tiene una transmitancia de $0.42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, aún por debajo del valor límite fijado según el CTE, con lo que no sólo se confirma el cumplimiento del mismo, sino también la eficiencia energética de dicha fachada. Respecto a los huecos más desfavorables manifiestan una transmitancia de $2.74 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, también por debajo de los valores establecidos en el CTE.

Por otra parte, los cálculos para la cubierta son de $0.21 \text{ W/m}^2 \text{ K}$



Figura 37: Vista exterior de la fachada. Fuente: Alia arquitectos.

³¹ Dichos cálculos se han tomado de la memoria del proyecto realizada por los arquitectos.[Documento I: Memoria de Arquitectura]

en el caso de la zona no transitable y de $0.24 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ para la zona que sí lo es, confirmándose así lo anteriormente afirmado.

3.4.4.1. LA NUEVA FACHADA

En aras de aumentar la inercia térmica del volumen, como anteriormente se ha descrito, se dota de aislamiento exterior al cerramiento existente a todo el volumen, de forma que el edificio mantiene el calor interior durante el invierno, minimizando las pérdidas a la vez que protege al mismo del sobrecalentamiento en las estaciones estivales.

Para ello, el sistema constructivo de dichas fachadas se basa en proyectar aislamiento continuo en todo el exterior del edificio, formado por una manta de lana mineral hidrofugada, evitándose así los puentes térmicos, con distintos espesores en función de la orientación, siendo de 6cm en la fachada sur, de 8 cm en las este y oeste y de 10cm en la norte.

Además de esto todas las carpinterías son con rotura de puente térmico con vidrios dobles de baja emisividad, de acuerdo con la memoria del proyecto. Finalmente, este aislamiento se recubre con paneles de GRC colocados sobre una subestructura anclada a la fachada inicial, tal cuál como puede verse en la Figura 43. Con esto, se consigue un



Figura 39: Vista del interior de la parte acristalada. Fuente: Alia Arquitectos



Figura 38: Vista exterior de la zona acristalada. Fuente: Alia Arquitectos

volumen unitario, que minimiza las pérdidas y aprovecha las ganancias solares tanto en invierno como en verano.

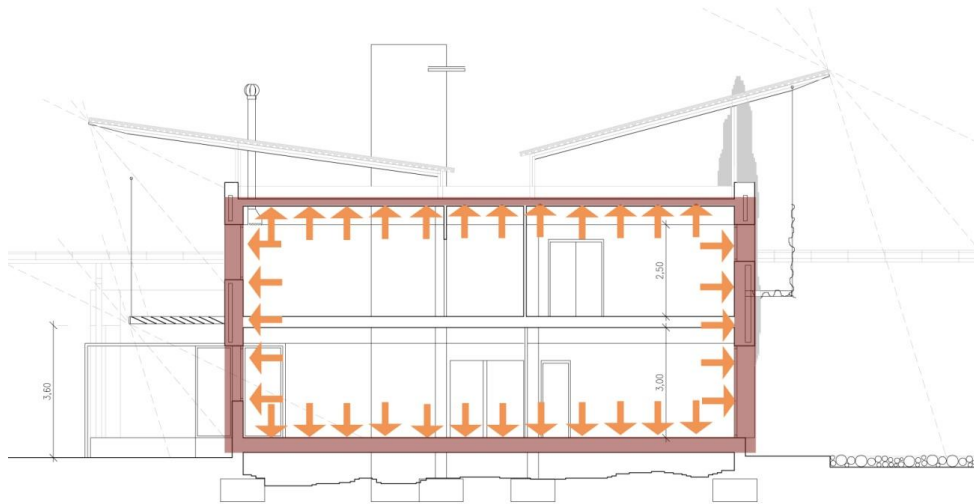


Figura 39: Esquema de comportamiento de la envolvente durante las noches. Fuente: elaboración propia.

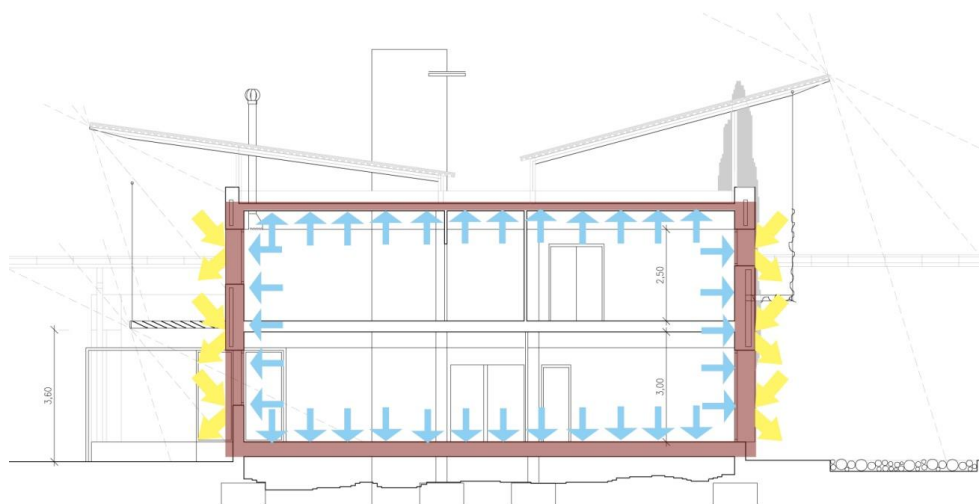


Figura 40: Esquema de comportamiento de la envolvente durante el día. Fuente: elaboración propia.

Además, los cerramientos más expuestos al soleamiento se protegen del mismo mediante mecanismos pasivos (Figura 42): por una parte la cubierta en voladizo proyecta cierta sombra sobre la fachada sur del edificio; por otro lado, en las zonas en las que dicha sombra no llega, se añaden lamas (Figura 38) separadas con la suficiente inclinación para que el sol incida en

invierno pero no en verano.



Figura 41 Vista exterior de la fachada con vegetación y cubierta.
Fuente: Alia arquitectos

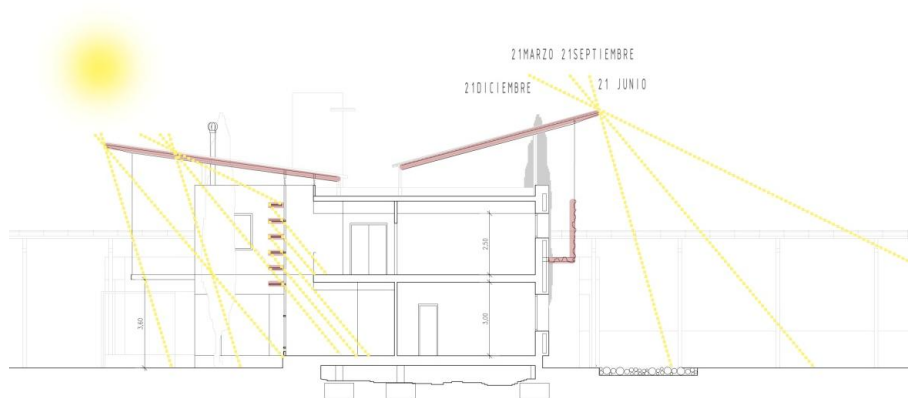


Figura 42: Esquema de la función de los elementos de protección: cubierta, vegetación y lamas, según la incidencia solar. Fuente: elaboración propia.

Se consigue así un volumen que gracias a las estrategias de diseño bioclimático pasivas anteriormente mencionadas minimiza los gastos en energía para calefactar o climatizar el edificio, gracias a la alta inercia térmica conseguida. Todo este sistema se complementa con otros sistemas energéticos activos o instalaciones, para conseguir así la correcta eficiencia energética

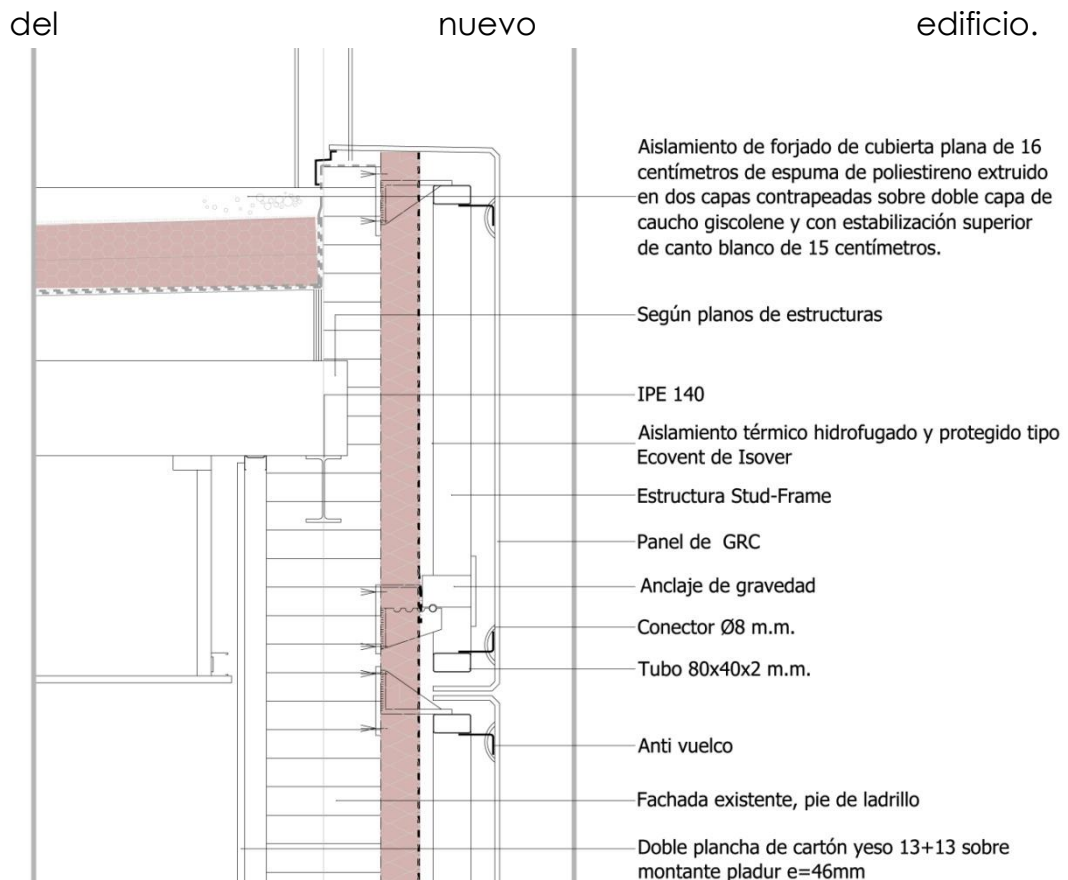


Figura 43: Detalle constructivo de la fachada opaca, con el aislante resaltado. Fuente: Alia arquitectos.

3.4.4.2. CUBIERTA

En primer lugar se aísla superiormente la cubierta igual que se ha hecho en el resto del edificio. Este aislamiento es de 16cm de poliestireno extrusionado.

En segundo lugar, se colocan dos “sobrecubiertas ventiladas” tal cual como denominan los arquitectos, que juegan un papel determinante en el funcionamiento bioclimático global del edificio. Estos dos elementos están ejecutados en chapa plegada y curvada de aluminio sobre una subestructura de acero (Figura 47). Con este sistema se consigue la plena ventilación alrededor de la cubierta, lo que beneficia la

ventilación natural de la misma por convección.



Figura 464: Vista de la cubierta en construcción. Fuente: Alia Arquitectos

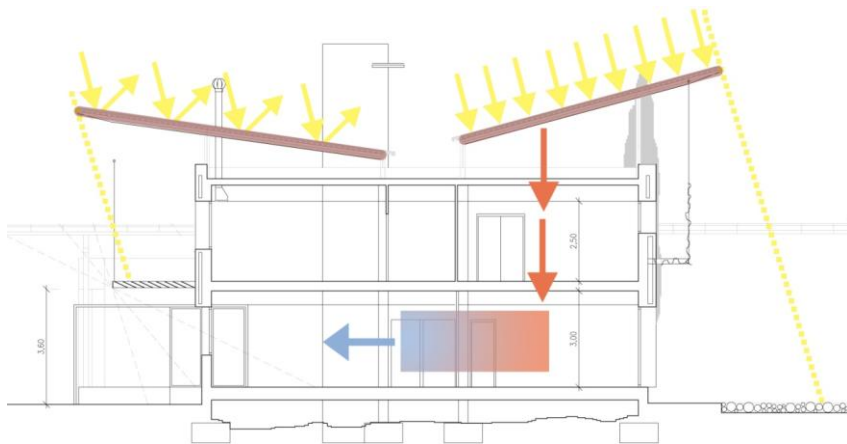


Figura 45
Esquema de funcionamiento de la cubierta en verano.
Fuente: elaboración propia.

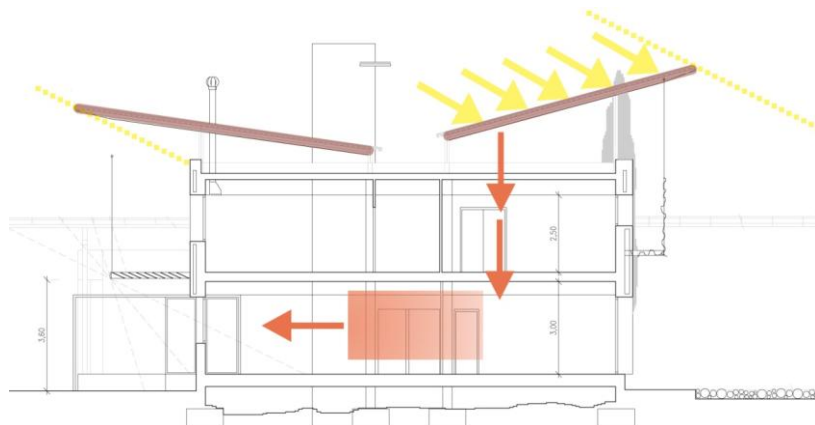


Figura 44:
Esquema de funcionamiento de la cubierta en invierno.
Fuente: elaboración propia.

Este mecanismo varía y se adapta a la estación climática en la que nos encontremos, así como al momento del día. Por una parte, la sobrecubierta orientada al sur además de actuar como elemento protector en verano, tanto de cubierta como de fachada, evacua el calor excesivo como anteriormente se ha señalado, y también actúa como captador solar en invierno.

Por otro lado, la sobrecubierta norte, además de unas funciones análogas a la fachada sur, es el lugar de captación solar para calentar el agua y que así funcione la máquina de absorción destinada a la producción de frío para el interior del edificio.

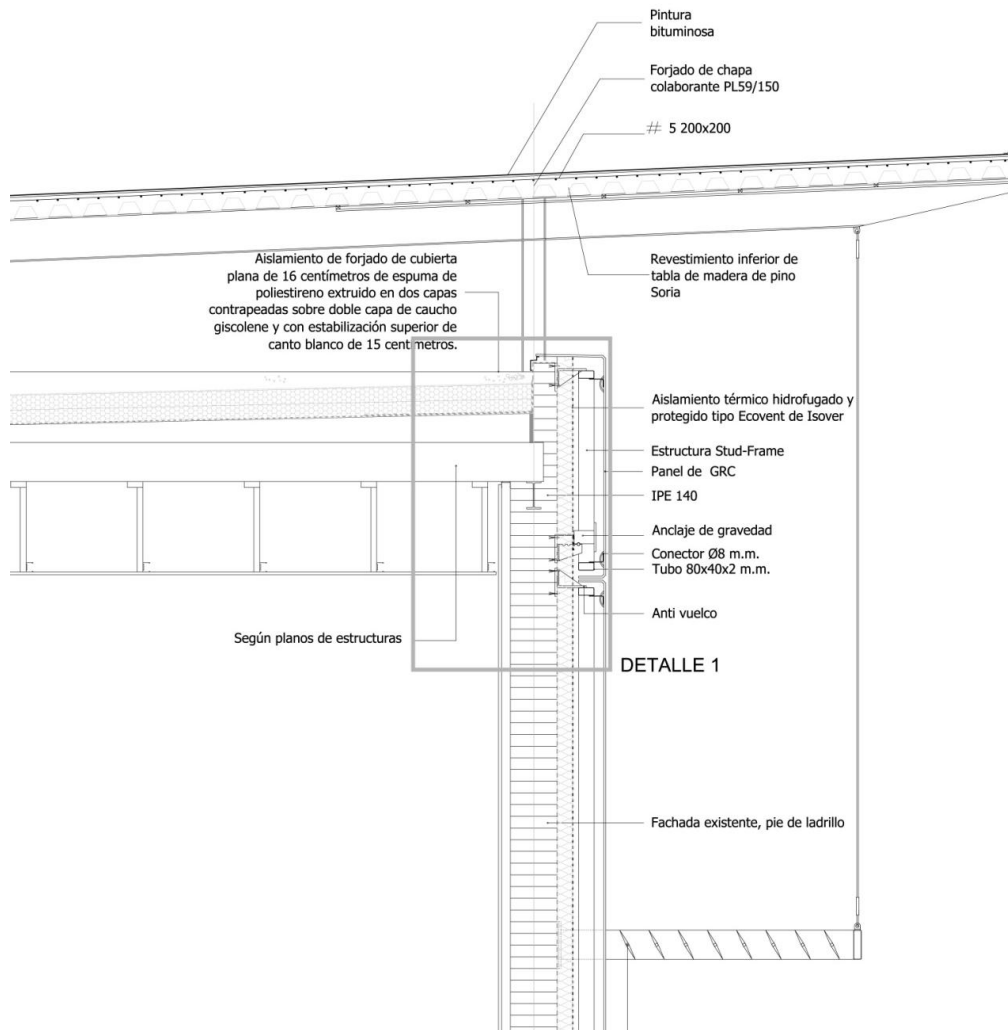


Figura 47: Detalle constructivo de fachada y cubierta. Fuente: Alia arquitectos

3.4.5. CONCLUSIONES

Esta rehabilitación, reconocida por el Instituto de Construcción de Castilla y León como edificio sostenible y eficiente energéticamente, es uno de los ejemplos más completos en lo que a los términos anteriores se refiere.

Por una parte, es interesante el hecho de tratarse de una rehabilitación en lugar de una construcción de nueva planta, ya que se enfrenta a una problemática heredada que no se puede cambiar, sólo mejorar.

De esta manera, resulta interesante cómo consigue transformar un edificio de construcción tradicional en uno de máxima eficiencia energética.

Por una parte, la incorporación de la nueva fachada, así como la cubierta, son medidas de aplicación directa que consiguen mejorar el comportamiento de las mismas. Sin embargo, lo que es interesante saber, es que además estas medidas se complementan con otras de acción indirecta, que coadyuvan o acentúan el funcionamiento de los arriba mencionados. Esto es destacable en el sentido de que se hace uso del diseño arquitectónico para mejorar la eficiencia energética de un edificio, sin más gasto que la propia estrategia de los arquitectos.

Todo esto es un claro ejemplo de que el mejor funcionamiento de la arquitectura bioclimática es en su conjunto, combinándose el diseño con los sistemas constructivos y las instalaciones para obtener un buen resultado.

3.5. CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES (PRAE) (VALLADOLID)

- Año de construcción: 2008
- Arquitecto: Estudio ODImasP
- Promotor: Consejería Medioambiental Junta Castilla y León
- Localización: Cañada Real, Valladolid

3.5.1. CONDICIONES DEL ENTORNO



Figura 48. Plano de localización del edificio. Fuente: elaboración propia

Esta construcción se sitúa en la Cañada Real en la provincia de Valladolid, en la zona climática catalogada según CTE DB H1 como zona D2, con unas temperaturas medias anuales en torno a 13 °C en los últimos años y donde la media anual máxima ronda los 19°C y la mínima se sitúa en torno a 7-8°C. Seguimos por tanto dentro del clima continental de la comunidad si bien las temperaturas son ligeramente más suaves que al norte de la misma. Así, sigue siendo notorio el amplio gradiente térmico entre los meses más calurosos y los más fríos, gran condicionante en el diseño del edificio.

Más en profundidad el edificio se localiza en una parcela de una zona fundamentalmente natural, con altos árboles en el perímetro y con edificaciones preexistentes en el lugar del proyecto, que serán demolidas buscando la mayor eficiencia posible.

3.5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este edificio nace en respuesta al concurso promovido por la Consejería de Medio Ambiente en colaboración con el Instituto de Construcción Sostenible de Castilla y León para crear un centro de “Propuestas Ambientales y Educativas” (Proyecto PRAE) de forma que sostenibilidad, divulgación ecológica, educación...confluyan en un mismo punto.



Figura 49: Vista exterior del edificio. Fuente: Yucatan pictures.

Para dar respuesta a esto los arquitectos basan su estrategia de actuación en cuatro puntos principales:

1.- Derribo selectivo de edificaciones preexistentes, sometiéndolos a un proceso de clasificación para su posterior reciclado, buscando la menor contaminación posible.

2.- Tratamiento cuidadoso del terreno, de manera que se entierra gran parte del programa, con lo que se aprovecha la inercia térmica del terreno; para permitir la entrada de luz y ventilación en el mismo se producen perforaciones de patios. De la misma manera, se entierra el aparcamiento en aras de lograr un menor impacto del lugar. Por otro lado, los árboles existentes en el lugar de construcción serán trasplantados a los alrededores.

3.- Además, todas las tierras excavadas y movidas se reutilizarán posteriormente para el huerto de cultivos, evitando los costes y poluciones derivados de un posible transporte de las mismas.

4.- Finalmente, la construcción de un prisma de vidrio, sobre el volumen semienterrado, con carácter versátil y polivalente y con un funcionamiento bioclimático propio será el remate de un proyecto que busca la máxima integración con el entorno y el menor impacto en el mismo.

Con todo esto se pretende dar respuesta a las premisas del proyecto afrontando el mismo desde un punto de vista bioclimático, como estudiaremos más adelante. De este modo, según la Figura 50, aparece en la zona derecha el parking enterrado con una forma similar a una "artesa", la cual incorpora paneles fotovoltaicos a modo de cubierta. En la parte izquierda, el edificio principal, con una planta semienterrada y sobre ella el prisma de cristal.



Figura 50: Plano de situación. Fuente: Estudio de arquitectura ODImasP

3.5.3. FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO

Ganador del primer premio de arquitectura sostenible de castilla y León, así como el Green Buiding Challenge y otros premios como el IV Premio de Arquitectura ENOR, el Centro de Recursos Ambientales busca conseguir una estrategia conjunta

bioclimática basada en dos pilares fundamentales, el ciclo del agua y el ciclo solar.

Además de esto, el edificio busca un comportamiento eficiente energéticamente en todo su conjunto, para lo que toma distintas vías. En primer lugar, el volumen semienterrado compuesto por doble muro de hormigón con aislante intermedio aprovecha la inercia térmica del terreno, constituyendo así un gran aislamiento térmico. De igual forma, la cubierta plana vegetal, cubriendo dicho volumen, constituye un aislante térmico y acústico que además sirve para retener el polvo y la contaminación.

Respecto al **ciclo solar** se aprovecha de diferentes formas; En primer lugar, los paneles solares térmicos de alta eficiencia colocados sobre la cubierta proporcionan al edificio la energía necesaria, mientras que el excedente se inyecta a la red. Esta energía se emplea en los meses de verano para la refrigeración del edificio a través de una bomba de calor. Además, en la zona de parking también aparecen paneles fotovoltaicos que actúan de parasoles. (Figura 51)



Figura 51: Imagen de la zona de parking, “artesa” con los paneles fotovoltaicos. Fuente: Yucatan Pictures

Por otro lado, se aprovecha la radiación directa sobre el volumen acristalado superior gracias al sistema “sunspace³²” buscando la mejor aclimatación del edificio en función de la época del año, radiación solar,...

Respecto al **ciclo del agua**, cuya recogida se efectúa a través de la cubierta vegetal así como de la artesa, constituye otra medida de ahorro de recursos naturales, ya que es filtrada mediante un sistema de rayos ultravioleta y empleada para aguas grises o riego de las plantaciones.



Figura 52: vista exterior del volumen superior. Fuente: Yucatan pictures.

Como complemento a todo esto hay que destacar las calderas de pellets de biomasa aportan el calor restante necesario; la estructura de acero del edificio, escogido por su menor costo energético la cual es atornillada, lo que permite que sea modificada, montada y desmontada adecuándose a las circunstancias o pudiéndose reutilizar posteriormente. Además, las luces son de bajo consumo, controladas por un

³² “Sunspace” “es una zona con una temperatura térmica propia, aislada, generalmente encargada de captar energía solar aumentando la temperatura del interior de dicho espacio. (Hestnes 2013)

sistema en función de la iluminación natural procedente del exterior. Otro aspecto a destacar es la elección de los materiales en el mercado, buscando siempre aquellos que contengan la “menor cantidad de compuestos orgánicos volátiles”.

Se trata así de un diseño bioclimático conjunto, donde los distintos mecanismos se combinan buscando la mejor eficiencia energética del edificio en su totalidad.

3.5.4. EL CERRAMIENTO DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Siguiendo con lo ya citado, el funcionamiento bioclimático del Centro de Recursos Ambientales adquiere sentido en su globalidad; sin embargo, dentro de la misma, el cerramiento y sus distintas variantes toman un papel fundamental en él.

Son destacables de esta manera tres cerramientos fundamentales: la cubierta vegetal, las fachadas opacas y el cuerpo acristalado.

Respecto a la fachada opaca está formada por muros de termoarcilla, aislamiento térmico y acústico de fibra de celulosa a base de papel reciclado y un acabado de chapa perforada de acero con sustrato vegetal con riego y abono por goteo. Así, aunque los muros ya se encuentren correctamente aislados térmicamente, la presencia de vegetación en los mismos ayudará a refrigerar el edificio en las temporadas más cálidas.



Figura 53: Esquema del funcionamiento de la envolvente acristalada en invierno y verano. Fuente: elaboración propia.

Pero sin duda lo más destacable de este caso es el prisma transparente emergente, con la fachada acristalada, que toma

la idea de “sunspace” como estrategia bioclimática principal. En este sentido, resulta interesante analizar cómo una fachada totalmente acristalada puede resultar eficiente energéticamente en la zona en la que nos encontramos, dadas las condiciones meteorológicas enunciadas con anterioridad. (Figura 54 y 55)

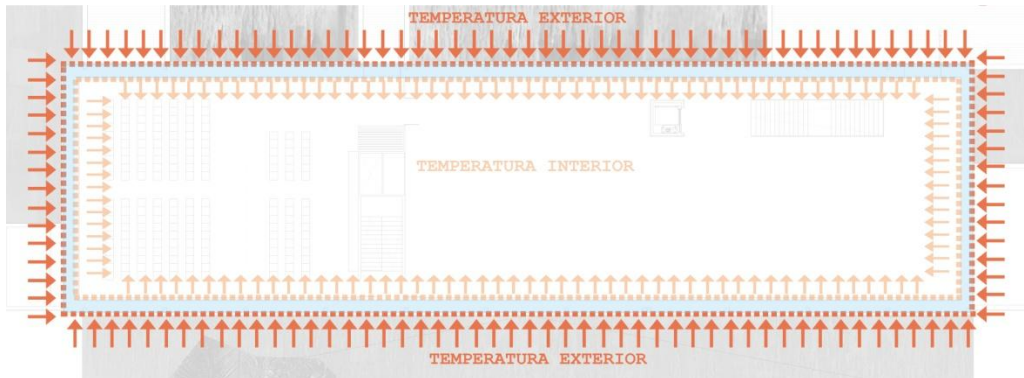


Figura 54: Funcionamiento de la fachada acristalada en verano. Fuente: elaboración propia

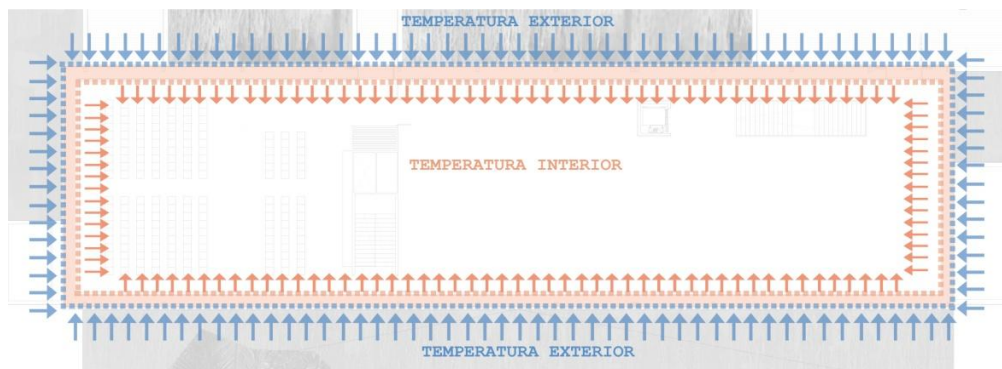
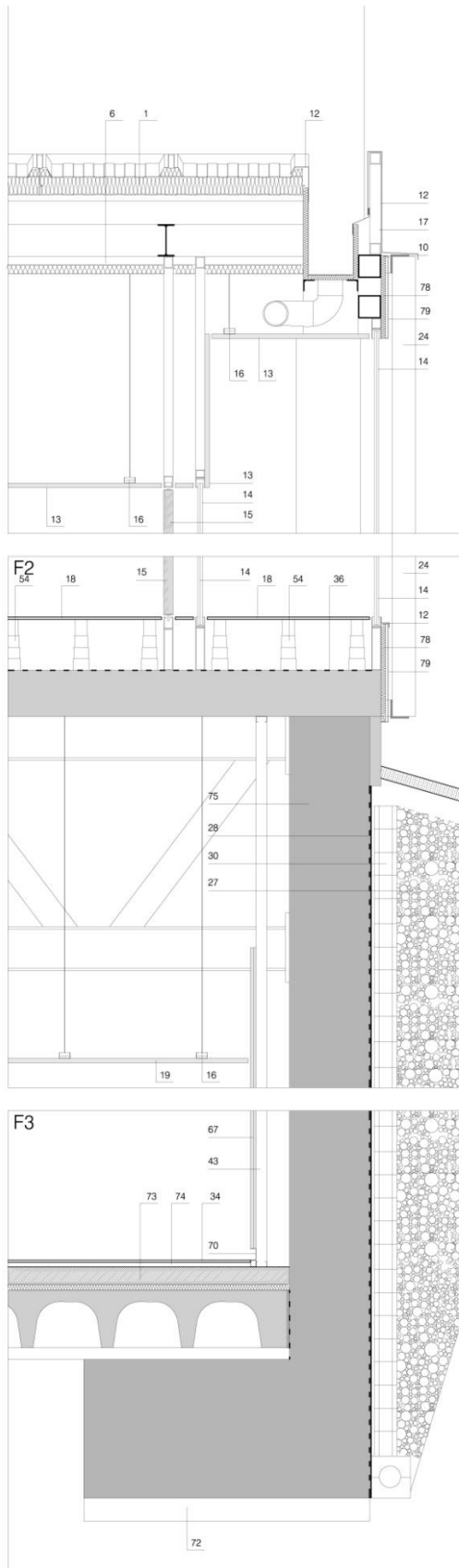


Figura 55: Funcionamiento de la fachada acristalada en invierno. Fuente: elaboración propia

La envolvente se compone así de una doble piel de vidrio de seguridad 10+10 de baja emisividad, con una cámara intermedia de aire de 75cm que varía sus funciones dependiendo de las condiciones térmicas exteriores e interiores. Se trata, en definitiva de una cámara de aire que actúa como amortiguador; así, durante los meses invernales, el aire en su interior es calentado y se mantiene estancado en ella, consiguiéndose disminuir la diferencia de temperatura entre el interior del edificio y la hoja interna del cerramiento, es decir, gracias al aire caliente de la cámara se suaviza el gradiente térmico entre exterior e interior.



Por otro lado, en los meses más calurosos, el aire del interior de esta cámara se pone en movimiento, para que así disminuya la temperatura en el interior de la misma. De esta forma, la piel interior de la cámara disminuirá su temperatura, y con ella la diferencia entre la misma y el interior del recinto. El control de este sistema se lleva a cabo gracias a unas sondas termostáticas que miden la temperatura en la cámara. Se trata, tal cuál como lo definen los arquitectos de “un colchón de aire” que actúa como elemento aislante entre las dos hojas de vidrio.

Figura 56: Detalle constructivo cerramiento.
Fuente: ODImasP arquitectos



Figura 58: Vista de la idea de "fachada multicapa". Fuente: Yucatan Pictures

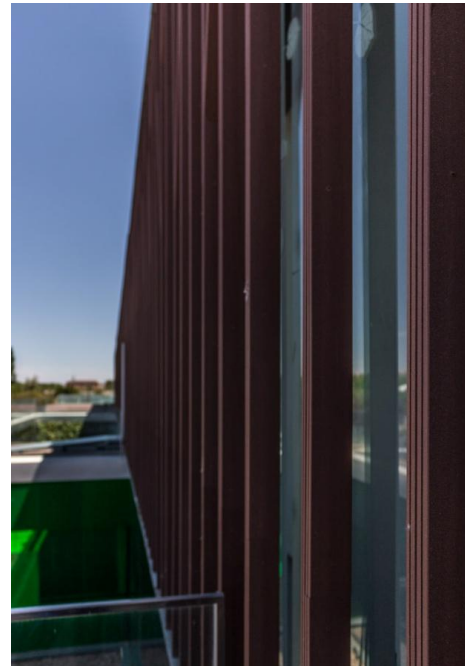


Figura 57: Vista exterior de la celosía. Fuente: Yucatan pictures

Como complemento a todo esto cabe destacar la celosía formada por viruta de madera reciclada colocada en las fachadas este, oeste y sur, como elemento de control de la radiación solar en función de la estación del año. Además, el vidrio exterior incorpora un vinilo, mientras que el interior es serigrafiado en aras de atenuar el soleamiento. Con todo esto se consigue una envolvente multicapa, que además de la eficiencia energética persigue la mimetización con el entorno más próximo, la idea de superposición de planos visuales, donde los límites entre naturaleza y edificio se diluyen. (Figura 59)



Figura 59: vista exterior del edificio con el entorno. Idea de mimesis. Fuente: yucatan pictures.

3.5.5. CONCLUSIONES

El Centro de Recursos Ambientales es, en palabras de sus autores, “un intento por hacer un edificio de alta eficiencia energéticamente con un aspecto fresco, de arquitectura contemporánea y con recursos existentes en el mercado”; y es que este objetivo, parece, a priori, haber sido conseguido.

Sin embargo, si profundizamos en el tema de la eficiencia energética, y más en concreto en el cerramiento, éste puede plantear cierto debate. Por una parte, el sistema de doble acristalamiento con una cámara intermedia parece reducir el gradiente térmico entre interior y exterior, tanto en invierno como en verano, sin embargo cabe plantearse, ¿es suficiente este sistema para el correcto funcionamiento de la envolvente? A pesar de la incorporación de lamas en tres de sus fachadas, lo cual supone sin lugar a dudas un acierto, en verano la incidencia solar sobre esta fachada es considerable, con lo que la combinación de iluminación natural con atenuación de la radiación solar sería un tema a tratar. Sin embargo, en la época invernal, gracias a la cámara con aire caliente estanco, este sistema constituiría un buen aislante térmico para una fachada completamente transparente.

Resulta por ello interesante este caso, ya que aunque siguen apareciendo pequeños problemas derivados de la utilización de una fachada completamente acristalada en el clima de nuestra región, significa un avance en la eficiencia energética de este tipo de cerramientos, que poco a poco van incorporando estrategias bioclimáticas que mejoran su comportamiento.

Además, otro aspecto a destacar de este edificio es la concepción eficiente del edificio en su globalidad, donde los distintos sistemas, tanto constructivos como instalaciones,... juegan un papel determinado a la hora del funcionamiento eficiente del todo el edificio.

3.6. CENTRO ADMINISTRATIVO Y RECEPCIÓN DE CAZADORES EN LA RESERVA DE BATUECAS EN SALAMANCA

- Nombre: Centro administrativo y recepción de cazadores
- Año de construcción: 2012
- Arquitecto: Pablo Redero Gómez
- Promotor: Fundación patrimonio natural de Castilla y León

3.6.1. CONDICIONES DEL ENTORNO

El proyecto se localiza en el Cabaco, al sur de la provincia de Salamanca en un entorno natural y paisajístico de gran valor. Esta zona está calificada según el CTE DB H1 como zona climática D2. Esta zona sigue las directrices climatológicas anteriormente descritas para Castilla y León, si bien hay que enfatizar que al localizarse en una zona más septentrional, la incidencia solar en los meses de verano es mayor, aumentando con ello las temperaturas. Además, se trata de una zona con bastantes lluvias, lo cual será aprovechado por el proyecto, así como de vientos y frío en los meses invernales.



Figura 60: Plano de localización El Cabaco y alrededores. Fuente: elaboración propia

A pesar de existir restos de edificaciones anteriores, el entorno próximo del edificio es básicamente rural, rodeado de vegetación y en el que el terreno y su forma constituirán el germen de la idea de proyecto. Además, está rodeado por un

arroyo y constituye el punto de acceso al parque de las Batuecas.

3.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto basa su idea en el concepto de “mimetización con el entorno”, ya que busca destacar por encima del mismo a la vez que forma parte de él. Para ello, una serie de “lenguas” emergen del terreno, se entrelazan entre ellas y dan forma a la solución final del edificio. (Figura 61)

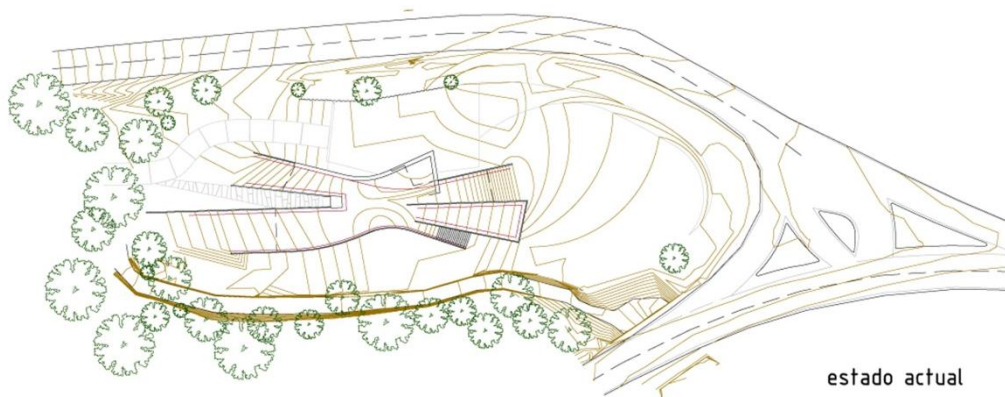


Figura 61: Plano de situación. Fuente: Ficha técnica Premios Construcción Sostenible.

El volumen del mismo emerge de la tierra y se entierra en la misma, como si edificio y tierra fuesen uno sólo. Esto se consigue con el soterramiento de parte del programa, que además de ayudar a las condiciones bioclimáticas del edificio, contribuye a la idea de proyecto. Dicho programa se dispondrá de manera libre y abierta a lo largo de estas líneas de edificio (despachos, sala de reuniones, sala de cazadores, exposición,...) Se plantea así una dicotomía entre modelar el edificio de acuerdo al terreno o modelar el terreno en base al edificio.

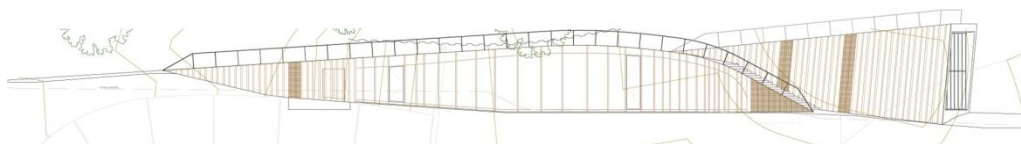


Figura 62: Alzado del edificio. Fuente: Ficha técnica Premios Construcción Sostenible.

Esta idea de integración con el paisaje se remata con un sistema de cobertura vegetal para las cubiertas, buscando también la integración con el entorno así como los materiales empleados, que buscan una similitud con el entorno más próximo del mismo.

3.6.3. FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL EDIFICIO

Al tratarse de una construcción de nueva planta se trazan una serie de estrategias de diseño (estrategias pasivas) que contribuyen al funcionamiento bioclimático del mismo.

En primer lugar se busca la orientación más óptima, de manera que se abren grandes ventanales hacia el este y el sur evitándose la orientación norte. Se dispone de un muro cortina en los paños longitudinales del edificio. Dicho muro se protege mediante un sistema de lamas y vegetación, como explicaremos más tarde.



Figura 63: Foto de la construcción. Fuente: www.elcabacoaldia.blogspot.com

En segundo lugar, el soterramiento de parte del edificio, gracias a lo cual se aumenta la inercia térmica del mismo, consiguiéndose como ya se ha descrito anteriormente aumentar

el aislamiento térmico del mismo y con ello mejorar su eficiencia energética.

Todo esto se completa con una ventilación cruzada a través de ventanas abatibles en los lados más cortos, que permiten la renovación de aire natural en el interior del edificio. Además, las modernas instalaciones con una buena eficiencia energética, como la caldera de biomasa de pellets, la bomba de calor de refrigeración, recuperadores entálpicos para la ventilación interior,...completan el diseño eficiente del edificio haciéndole merecedor de la etiqueta A de eficiencia energética.

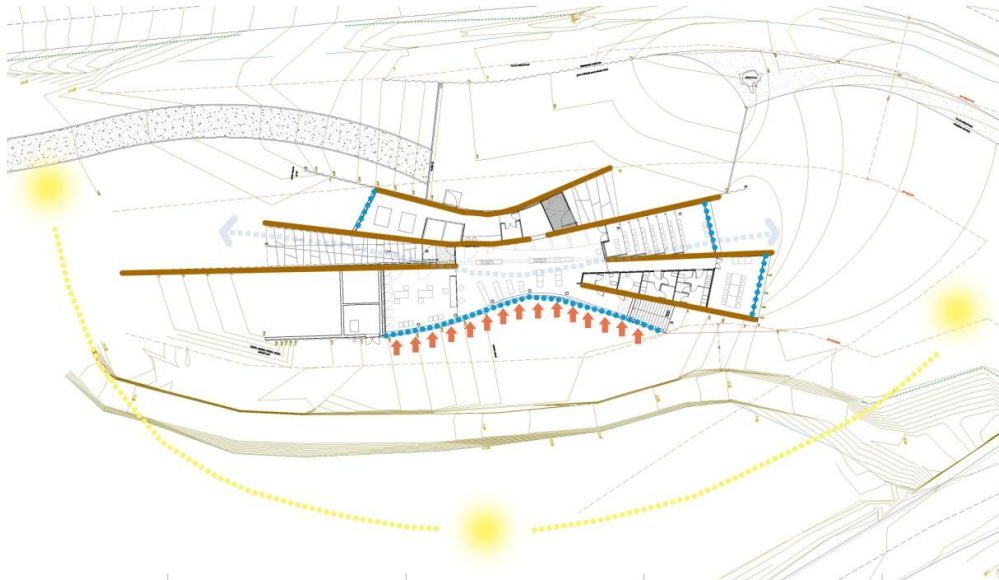


Figura 64. Esquema bioclimático de planta. Fuente: elaboración propia.

3.6.4. EL CERRAMIENTO DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este caso, el cerramiento apoya su idea de eficiencia energética en tres puntos principales:

En primer lugar la cubierta vegetal, empleada no sólo en su vertiente de mimesis con el entorno natural sino también como un sistema de protección natural de la cubierta ante la alta radiación incidente sobre la misma. Así, en los meses más calurosos reducirá la captación solar sobre ésta mientras que en los más fríos constituirá un aislante natural que evitará la salida de

frío del interior, como ya se ha enunciado con anterioridad.



Figura 65: Vistas exteriores del edificio y el cerramiento. Fuente: Ficha técnica premios construcción sostenible.

En segundo lugar, el muro cortina en los paramentos longitudinales, formado por una hoja acristalada de gran espesor de suelo a techo. Este paño acristalado se protege del exterior mediante el soleamiento arrojado por el propio edificio (en los paños interiores) y con un sistema de lamas metálicas verticales y horizontales que reducen la incidencia solar sobre el mismo. Además, la disposición de robles cercanos a estas superficies no es casual, sino que constituyen un elemento protector de carácter natural. Y es que estos árboles de hoja caduca actúan en verano como filtros solares, reduciendo la radiación solar sobre la fachada, mientras que en invierno, al perder sus hojas dejan pasar los rayos de sol.



Figura 66: Esquema en sección del funcionamiento bioclimático del edificio, según la incidencia solar e inercia térmica. Fuente: Elaboración propia.

En tercer lugar, todo esto se completa con un sistema de fachada ventilada en los paños opacos que evita la aparición de puentes térmicos a través de la misma.

3.6.5. CONCLUSIONES

Como se ha mencionado al comienzo de este estudio, en este caso el acceso a la información del edificio ha quedado relegado a la bibliografía virtual o escrita en la que aparece el edificio publicado, siendo bastante escasa, ya que el arquitecto no ha podido facilitar información acerca del mismo. Por ello, el análisis bioclimático del mismo, así como del cerramiento no ha podido ser tan completo como en los casos anteriores.

Sin embargo, respecto a lo estudiado, es interesante destacar el intento por fundir el edificio con el paisaje en un solo elemento, tanto en aspectos arquitectónicos como bioclimáticos. A este respecto, hay que destacar, entre otros la incorporación de elementos naturales, bien la cubierta vegetal o las plantaciones de árboles de hoja caduca cercanos al edificio como sistemas de protección pasiva del edificio. Y es que, en cierto modo, la estrategia de dicha vegetación como protección del cerramiento es una de las ideas usadas a lo largo de la historia en la arquitectura popular.

Por otra parte, mientras los cerramientos de cubierta y de fachada ventilada parecen no ofrecer problemas de puentes térmicos, infiltraciones,...la parte acristalada plantea mayores interrogantes. Entre los motivos de esta conjetura destaca la amplia superficie ocupada por los mismos, que puede resultar en un sobrecalentamiento del interior del edificio cuando la incidencia solar sobre estas zonas es máxima. Y es que, pese a las sombras arrojadas por otros elementos como mecanismo de protección, las zonas que quedan al descubierto, únicamente protegidas por una celosía horizontal pueden ser las más perjudicadas. Esto se explica en que la celosía tiene un papel prioritariamente decorativo en lugar de protección, y al ser fija no permite su adaptación a las condiciones meteorológicas exteriores.

Queda, por tanto, ligeramente cuestionado el funcionamiento de esta fachada acristalada para la localización del edificio, si bien convendría profundizar más en el sistema

constructivo de la misma para descubrir cuáles son sus puntos fuertes y débiles.

4. CONCLUSIONES

4.1. LA SITUACIÓN ACTUAL EN CASTILLA Y LEÓN

Castilla y León es una región dispersa, no sólo en superficie, sino también en extensión, factores climáticos o tipología edificatoria, de forma que su arquitectura eficiente se encuentra con distintas problemáticas en un mismo territorio.

Y es que en efecto, este constituye uno de los problemas de la arquitectura eficiente de nuestra comunidad; la novedad de este tema, junto con la falta de referentes en climas similares hace que en muchas ocasiones las nuevas edificaciones bioclimáticas tengan un carácter ciertamente experimental. A este problema hay que añadir los referentes de edificios eficientes europeos, muchas veces erróneamente imitados en esta área, resultando en ocasiones en un mal funcionamiento del edificio debido a la falta de relación con el entorno en el que se encuentra.

Es en este punto en el que surge la necesidad de mirar hacia atrás, hacia la arquitectura vernácula castellano-leonesa que trataba la relación con el entorno según los medios de los que disponían; se trata así, de soluciones eficientes, generalmente de bajo costo y de fácil ejecución, que han sido olvidadas en los últimos años en detrimento de construcciones de ejecución rápida, vistosas o grandilocuentes.

Así, basándonos en lo anteriormente mencionado, los nuevos edificios han de buscar, en primer lugar la adaptación al entorno más adecuada, pensando en sistemas constructivos adecuados para el lugar y que den respuesta a la problemática existente.

4.2. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CASOS PRÁCTICOS

Como hemos visto a lo largo del estudio, se trata de zonas de la región diferentes, donde los factores climatológicos varían entre sí, siendo más complejo hacer una comparación entre todos los edificios. No obstante, hay ciertos factores que

relacionan todos los casos anteriormente ilustrados; por una parte, el contraste de temperaturas entre invierno o verano se extiende a toda la comunidad en mayor o menor medida, así como la tradición constructiva. De igual forma, los edificios adoptan estrategias constructivas con puntos en común, aunque la aplicación en cada caso sea de forma distinta.

Siguiendo con lo enunciado anteriormente, la mayoría de los casos anteriores buscan la mayor captación solar de distintas formas: por una parte, la **sede del EREN** y el **edificio PRAE** lo consiguen a través de una fachada acristalada, que busca conseguir la mayor cantidad de radiación solar en aras de calentar un espacio intermedio (cámara de aire) para su posterior aprovechamiento energético. Sin embargo, en el caso del primero dicha cámara es de prácticamente el doble de espesor que en el segundo, favoreciendo la circulación de aire en su interior y con ello los procesos convectivos, lo que puede resultar un punto a favor ante determinadas situaciones de sobrecalentamiento de la misma. No obstante, el proyecto final de este caso carece de elementos de protección como la celosía que incorpora en PRAE en sus fachadas al este, sur y oeste; esto supone una desventaja del mismo ante las situaciones de excesivo soleamiento. Y es que si bien León se caracteriza por tener temperaturas más bajas que Valladolid, la excesiva radiación en los días estivales supone un problema ante el que el EREN se encuentra desprotegido.

Además, surge el interrogante de la eficiencia energética en las fachadas acristaladas en los meses invernales, que podemos relacionar tanto con los dos casos anteriores como con la **Reserva de cazadores en la sierra de Batuecas**. Aunque se trata de entornos que no son comparables, ambos mantienen un gran cerramiento acristalado, protegido o no, expuesto a las bajas temperaturas invernales de nuestra comunidad, variando éstas cuantiosamente en función de la localización. A este respecto, la cámara de aire entre las dos hojas acristaladas que incorporan tanto el EREN como el PRAE supone, sin lugar a dudas un acierto, ya no tanto en el sentido de producción de calor, sino en lo que respecta al aislamiento térmico que consigue, así

como a la reducción de la diferencia de temperaturas entre el interior del edificio y las hojas del cerramiento. Esto, sin embargo, no se realiza en la Reserva de Cazadores, y aunque se encuentra en una zona más cálida que las anteriores, las grandes fachadas acristaladas expuestas a los días fríos, han de suponer, sin duda alguna, una gran pérdida calorífica.

Por otro lado, se incorporan otros sistemas de captación alternativos, como en el caso de la Rehabilitación en Soria, la Residencia de Ancianos en Zamora, la sede EREN o el edificio PRAE, generalmente a través de paneles de captación solar, de distintas características pero cuya misión principal es la captación de energía para su posterior uso.

Además de esto, es necesario señalar el importante papel que desarrolla la cubierta como parte de la envolvente de los edificios eficientes energéticamente. Y es que, por una parte, la incorporación de la cubierta vegetal supone una mejora en el comportamiento bioclimático del edificio, ya sea por la mejora del aislamiento, por sus cualidades refrigerantes del interior del edificio o por la incorporación de sistemas de recogida de aguas. En este sentido, sería conveniente buscar el máximo aprovechamiento de la misma, ya que se logrará la mayor eficiencia energética cuanto mayor sea el papel que dicha cubierta desempeña en el funcionamiento bioclimático global.

Sin embargo, cabe destacar que no es necesaria la cubierta vegetal como condición de eficiencia energética de una cubierta, ya que por ejemplo en el caso de la **Rehabilitación de oficinas en Soria**, ésta desempeña un papel fundamental respecto al edificio en cuanto a captación y protección solar sin incorporar elementos vegetales.

Además de todo esto es necesario mencionar que en prácticamente todos los ejemplos, a excepción del de Soria, se retoma la idea de la arquitectura vernácula basada en la inercia térmica, haciendo uso de dicha estrategia para mejorar el aislamiento térmico del edificio, ya sea con partes totalmente enterradas o semienterradas.

Una vez analizados todos los edificios nos encontramos con soluciones constructivas que divergen en función de la localización y factores climatológicos del edificio, aunque mantienen elementos comunes. Es en este punto donde surge otro debate, y es que por una parte parece lógico que cada solución constructiva de envolvente debería adecuarse a los factores climatológicos del lugar en el que se encuentra, sin embargo, el abaratamiento de costes de producción cuanto mayor es la misma y a mayor cantidad de unidades producidas, facilitaría la construcción de cerramientos eficientes energéticamente a un precio más reducido, a la vez que aumentaría la creación de empresas dedicadas a este objetivo, ya que en muchos casos, uno de los mayores problemas en la ejecución del edificio era el coste de materiales especiales que facilitasen la eficiencia energética del edificio.

Surge por tanto la dicotomía entre los dos puntos arriba expuestos, a los que la nueva arquitectura eficiente debería hacer frente.

Como vemos, hay una serie de problemas que se mantienen invariantes en la mayoría de los casos, cualesquiera que sean sus premisas de partida, y es que en muchos casos, los edificios eficientes buscan la mayor captación solar, en aras de lograr una reducción en la demanda energética, pero "se olvidan" de resolver este problema cuando la radiación solar es máxima. En realidad, no se trata de olvidar, sino de dejar relegado esto a un segundo plano; así, los edificios se proyectan en busca de aprovechar la máxima energía, en la mayoría de los casos, calorífica y lumínica, pero ante una sobreproducción de la misma, sólo son sistemas auxiliares los que se encargan de solventar este problema, quedándose escasos en muchas ocasiones.

4.2.1. RELACIÓN ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

Siguiendo la línea argumental de lo arriba expuesto, en muchas ocasiones existen un gran abismo entre la idea bioclimática del proyecto y el funcionamiento real del mismo. Y es que si el edificio se mantiene de la misma en la que se

proyectó inicialmente, salvo modificaciones puntuales, los factores bioclimáticos cambian a lo largo del año, por lo que el edificio debe hacer frente a ellos de manera específica.

En realidad, en muchas ocasiones se entiende el correcto funcionamiento del edificio sometido a una climatología moderada, pero cuando ésta cambia, inclinándose por alguno de sus extremos (excesivo frío o calor, siguiendo con la teoría de Neila referida a los extremos climatológicos (Neila González 2004)³³) la respuesta bioclimática del mismo no es suficiente, y aparecen los problemas de sobrecalentamiento, frío, condensaciones, etc. Por lo que muchas veces se hacen necesarias instalaciones alternativas que aumentan el gasto energético del edificio, reduciendo su capacidad eficiente.

4.3. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Como uno de los puntos principales está la perspectiva de futuro de los cerramientos eficientes energéticamente, ya que a la vista de lo estudiado queda un largo camino por recorrer.

Sin embargo, como punto positivo cabe destacar el estudio minucioso de la mayoría de los edificios eficientes en Castilla y León, muchas veces controlado con domótica, sondas, etc., lo que facilita la diagnosis de problemas y ayuda a proyectar futuros edificios eficientes que los reduzcan e incorporen los sistemas que han resultado exitosos.

A rasgos generales se puede destacar que la mayoría de los cerramientos opacos o cubiertas ecológicas, han experimentado una mayor evolución reciente, encontrándose una mayor variedad en el sector y con una respuesta constructiva que no plantea tantos interrogantes.

Sin embargo, los cerramientos eficientes acristalados siguen manteniendo, en general, numerosas incógnitas en cuanto a su comportamiento se refiere. Anteriormente se han ilustrado varios

³³ Neila González, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla Lería, 2004.

casos de fachadas acristaladas, cada una con una respuesta constructiva distinta, pero también en entornos no comparables, por lo que es imposible dar un veredicto de cuál es el camino adecuado en este sentido, si bien parece acertado señalar la incorporación de cámaras de aire “amortiguadoras” y elementos de protección pasiva, como elementos necesarios en dichos cerramientos.

Lo que si hay que destacar por encima de todo es el progreso que en materia de edificios eficientes energéticamente se está haciendo, bien gracias a la legislación que a ella se refiere, o a los nuevos sistemas constructivos, lo que ha marcado el punto de partida de un campo que seguirá evolucionando notablemente, bien sea desde la nueva construcción o desde la rehabilitación de edificios existentes.

5. **BIBLIOGRAFÍA**

Almonacid Canseco, Rodrigo. *La construcción de un funcionalismo sostenible: El proyecto y la obra del edificio C.T.T.A.* Valladolid: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2012.

Behling, Sophia y Stefan. *Sol Powe: La evolución de la arquitectura sostenible.* Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

«Centro de Recursos Ambientales.» *Oficinas nº282*, 2010: 63-73.

«Centro de Recursos Ambientales en Valladolid.» *Infodomus nº29*, 2009: 39-46.

Díaz Font, Daniel. *Sede del EREN: un edificio bioclimático.* Madrid: Junta de Castilla y León- Consejería de Economía y Empleo. Ente Regional de Energía de Castilla y León, 2004.

Dirección General de la Vivienda, la arquitectura y el urbanismo. *Guía de la edificación sostenible: calidad energética y medioambiental de edificación.* Madrid: Ministerio de Fomento, 1999.

Duran Costa, Sergi. *Arquitectura y eficiencia energética.* Barcelona: Loft Publications, 2011.

«El CEDER de Soria se proyecta como base de investigación en arquitectura bioclimática y frío solar.» *Ambiente y clima N°74*, 2007: 29-34.

«El proyecto PSE- Afrisol conseguirán un 80% de ahorro en cinco edificios de oficinas.» *Ecohabitar N°9*, 2006: 7.

Enrique Gonzalo, Guillermo. *Manual de Arquitectura Bioclimática.* Argentina: Nobuko, 2004.

Gamero Ceballos-Zúñiga, Esther. «Demostradores experimentales: infraestructuras de investigación, desarrollo e innovación.» *Proyecto EDEA*, 2013: 2.

García, Victor M. «Un edificio bioclimático podrá ahorrar hasta un 90% de energía.» *Heraldo de Soria*, Miércoles 18 de Julio de 2007: 2 y 3.

Granados Menéndez, Helena. *Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética*. Madrid: Consejo Superior de Arquitectos de España, 2006.

Heras Rincón, Jesús. «Proyecto Singular Estratégico sobre Arquitectura Bioclimática, PSE- Afrisol, en pleno desarrollo.» *Ecoconstrucción*, 2007: 52-55.

Herde, André de. *Arquitectura bioclimática*. Louvain: Architecture & Climat, 1997.

Hestnes, Anne-Grete. *Solar energy houses: strategies, technologies, examples*. New York: Routledge, 2013.

Izard, Jean Louis. *Arquitectura bioclimática*. Barcelona: Gustavo Gili, 1980.

Jones, David Lloyd. *Arquitectura y entorno: el diseño de la construcción bioclimática*. Barcelona: Blume, 2002.

Neila González, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla Lería, 2004.

«Proyecto singular PSE- Afrisol: Edificio CEDER.» *Revista NT N°10*, 2007: 25-29.

Repiso, I. «El MEC promueve un edificio en el CEDER que ahorrará más de un 80% de energía.» *Diario de Soria*, 18 de Julio de 2007: 5.

Reyes, César, Ethel Baraona, y Claudio Pirillo. *Arquitectura sostenible*. Valencia: Pencil, 2007.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL

Documento básico HS. [Consultado: 28 julio 2015, 11:45]
http://www.afme.es/phocadownload/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion/DB-HS.pdf

Documento básico HE. [Consultado: 28 abril 2015, 10:20]
http://www.afme.es/phocadownload/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion/DB-HE.pdf

Soluciones integrales de cubiertas INTEMPER [Consultado: 23 mayo 2015]
http://www.globalconstroi.com/images/stories/directorio_empresas/EMPRESAS_ADERENTES/INTEMPER/2011/Catalogo_intemper.pdf

Ministerio de fomento, catálogo elementos constructivos [Consultado 3 agosto 2015, 23:15]
<http://itec.cat/cec/Pages/BusquedaSC.aspx>

Ecovent, fachadas ventiladas [Consultado: 13 julio 2015, 17:00]
<http://www.isover.es/Aislamientoenlaedificacion/Productos>

Subvenciones y normativa de certificación energética [Consultado: 3 marzo 2015, 09:30]
<http://www.certificacionenergeticasalamanca.com/normativa/>

Guía para el desarrollo de la normativa [Consultado: 3 marzo, 10:00]
<http://www.famp.es/racs/ObsEficiencia/documentos/GUIA%20.pdf>

Normativa eficiencia energética [Consultado: 7 marzo 2015, 18:00]
http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Participacion/Documents/Planificacion%20Energetica/PlanificacionEnergeticaIndicativa_2020.pdf

Normativa sobre eficiencia y certificaciones energéticas [Consultado: 7 marzo 10:00]
<http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/toda-la-normativa-sobre-instalaciones-y-eficiencia->

energetica/#NORMATIVA_SOBRE_EFICIENCIA_Y_CERTIFICACION_EN
ERGICA

Climatología en España y Europa [Consultado: 21 junio 2015,
21:00]

[http://www.tutiempo.net/clima/Leon_Virgen_Del_Camino/80550.
htm](http://www.tutiempo.net/clima/Leon_Virgen_Del_Camino/80550.htm)

Atlas de radiación solar en España [Consultado: 23 junio
2015, 20:00]

[http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datoscli
matologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.
pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf)

Zonas climáticas según CTE [Consultado: 21 junio 2015,
21:15] <http://www.ctearquitectura.es/aislamiento-termico/lazona-climatica/>

Cubiertas vegetales, refrigeración natural para los edificios
[consultado: 24 abril 2015, 17:00]

[http://www.upm.es/institucional/UPM/CanalUPM/NoticiasPortada
/Contenido/5df72faa9e53c410VgnVCM10000009c7648aRCRD](http://www.upm.es/institucional/UPM/CanalUPM/NoticiasPortada/Contenido/5df72faa9e53c410VgnVCM10000009c7648aRCRD)

Soluciones integrales de cubiertas [Consultado: 24 abril
17:10]

[http://www.globalconstroi.com/images/stories/directorio_empres
as/EMPRESAS_ADERENTES/INTEMPER/2011/Catalogo_intemper.pdf](http://www.globalconstroi.com/images/stories/directorio_empresas/EMPRESAS_ADERENTES/INTEMPER/2011/Catalogo_intemper.pdf)

Generador de precios cype [Consultado 24 abril, 17:30]
<http://generadorprecios.cype.es/fabricantes/intemper/>

Congreso de edificios de energía casi nula [Consultado 3
marzo 2015, 21:30] [https://www.construible.es/tag-
detail.aspx?menu=tags&id=ii-congreso-edificios-energia-casi-nula](https://www.construible.es/tag-detail.aspx?menu=tags&id=ii-congreso-edificios-energia-casi-nula)

Premios de construcción sostenible en Castilla y León
[Consultado: 3 marzo 18:00]

[http://issuu.com/enllave/docs/premiados_mbito_cyl_premio_cs_i
y](http://issuu.com/enllave/docs/premiados_mbito_cyl_premio_cs_i)

Reserva de cazadores en sierra de Batuecas, [Consultado
17 abril 2015 17:20]

<http://www.patrimonionatural.org/pdf/licitaciones/PLIEGO%20DE%20CONDICIONES%20batuecas.pdf>

Premios de construcción sostenible en Castilla y León
[Consultado: <https://www.construible.es/articulos/premios-construccion-sostenible>

Página de servicios CEDER [consultado: 24 mayo 2015, 23:00] <http://www.ceder.es/CEDERportal/>

Edificio AFRISOL en Soria [consultado: 24 mayo 2015, 00:15] http://www.arfrisol.es/ARFRISOLportal/visualizador_sp03.html

6. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Inercia térmica a lo largo del día en una vivienda. Fuente: (Granados Menéndez 2006)	12
Figura 2: Protección solar pasiva a través de vegetación de hoja caduca en invierno y verano. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)	12
Figura 3: Diversos tipos de ventilación natural en función de los huecos. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)	13
Figura 4: Vivienda enterrada con cubierta vegetal. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)	13
Figura 5: Formas de protección de una fachada. Fuente: (Enrique Gonzalo 2004)	14
Figura 6: Imagen de una construcción popular de adobe en Castilla y León. Fuente: [siempredepaso.es [Internet]	16
Figura 7: Imagen de una construcción popular de piedra en Castilla y León. Fuente: elmundo.es [Internet].....	16
Figura 8: Mecanismo de efecto invernadero en invierno (día y noche) y en verano (día y noche). Fuente: (Granados Menéndez 2006)	28
Figura 9: Plano de localización del edificio. Municipio: León. Fuente: elaboración propia	35
Figura 10:Planta de situación del edificio. Fuente: Bibliografía.....	36
Figura 11: Planta del edificio. Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.	37
Figura 12: Esquema en sección de muro Trombe y estanque. Fuente: elaboración propia.....	38
Figura 13: Esquemas bioclimáticos de funcionamiento del atrio y oficinas en invierno (día y noche). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.	39
Figura 14: Esquemas bioclimáticos de funcionamiento del atrio y oficinas en verano. (Día y noche). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.	39
Figura 15: vista exterior del complejo. Edificio de oficinas. Fuente: www.elbierzoglas.com.....	41
Figura 16: Detalle de la cámara intermedia de la fachada acristalada. Fuente: www.construible.es.....	42
Figura 17Funcionamiento de la fachada acristalada en verano. Fuente: elaboración propia.....	42

Figura 18: Funcionamiento de la fachada acristalada en invierno. Fuente: Elaboración propia	42
Figura 19: Detalle constructivo de la fachada captadora.(Proyecto). Fuente: Fuente: Díaz Font, D. (2004). Sede del EREN: un edificio bioclimático.	43
Figura 20: Axonometría constructiva de fachada tipo de lamas móviles. Fuente: Revista Tectónica nº4.	44
Figura 21: Vista exterior de la fachada norte. Fuente: www.skyscrapercity.com	45
Figura 22: Plano de localización de Camarzana de Tera. Fuente: elaboración propia.	47
Figura 23: Vista general del edificio y su entorno. Fuente: CSO arquitectura.....	48
Figura 24: Vista exterior del conjunto. Fuente: CSO arquitectura	49
Figura 25: Croquis de la incidencia solar en verano e invierno. Fuente: (Reyes, Baraona y Pirillo 2007), pág 152 (modificación propia) ..	49
Figura 26: Esquema explicativo de la circulación de aguas pluviales. Fuente: (Reyes, Baraona y Pirillo 2007) con modificación propia.	50
Figura 27: Vista de la cubierta. Fuente: CSO arquitectura	51
Figura 28: Vista de la cubierta en contacto con el suelo. Fuente: CSO arquitectura.....	51
Figura 29: Detalle constructivo de fachada. Fuente (Reyes, Baraona y Pirillo 2007)	52
Figura 30: Funcionamiento de la envolvente de la cubierta ajardinada y de la parte enterrada del edificio. Fuente: elaboración propia.	53
Figura 31: Vista aérea del Cubo de la Solana. Fuente: elaboración propia.	55
Figura 33: Vista exterior del nuevo edificio. Fuente: Alia Arquitectos	56
Figura 32: Plano de situación del edificio. Fuente: Alia arquitectos	56
Figura 34: Esquema bioclimático de funcionamiento del edificio durante el día en invierno. Fuente: alia arquitectos.....	57
Figura 35: Funcionamiento bioclimático del edificio en noche de verano. Fuente: Alia arquitectos	58
Figura 36: Funcionamiento bioclimático del edificio en día de verano. Fuente: Alia arquitectos	58

Figura 37: Funcionamiento bioclimático del edificio en noche de invierno. Fuente: Alia arquitectos.....	59
Figura 38: Vista exterior de la fachada. Fuente: Alia arquitectos....	60
Figura 390: Vista exterior de la zona acristalada. Fuente: Alia Arquitectos.....	61
Figura 40: Esquema de comportamiento de la envolvente durante las noches. Fuente: elaboración propia.....	62
Figura 41: Esquema de comportamiento de la envolvente durante el día. Fuente: elaboración propia.....	62
Figura 42 Vista exterior de la fachada con vegetación y cubierta. Fuente: Alia arquitectos.....	63
Figura 43: Esquema de la función de los elementos de protección: cubierta, vegetación y lamas, según la incidencia solar. Fuente: elaboración propia.	63
Figura 44: Detalle constructivo de la fachada opaca, con el aislante resaltado. Fuente: Alia arquitectos.....	64
Figura 475: Vista de la cubierta en construcción. Fuente: Alia Arquitectos.....	65
Figura 45: Esquema de funcionamiento de la cubierta en invierno. Fuente: elaboración propia.....	65
Figura 46 Esquema de funcionamiento de la cubierta en verano. Fuente: elaboración propia.....	65
Figura 48: Detalle constructivo de fachada y cubierta. Fuente: Alia arquitectos.....	66
Figura 49. Plano de localización del edificio. Fuente: elaboración propia	68
Figura 50: Vista exterior del edificio. Fuente: Yucatan pictures.....	69
Figura 51: Plano de situación. Fuente: Estudio de arquitectura ODImasP	70
Figura 52: Imagen de la zona de parking, “artesa” con los paneles fotovoltaicos. Fuente: Yucatan Pictures	71
Figura 53: vista exterior del volumen superior. Fuente: Yucatan pictures.	72
Figura 54: Esquema del funcionamiento de la envolvente acristalada en invierno y verano. Fuente: elaboración propia.....	73
Figura 55: Detalle constructivo cerramiento. Fuente: ODImasP arquitectos.....	75
Figura 56: Vista exterior de la celosía. Fuente: Yucatan pictures.....	76

Figura 57: Vista de la idea de “fachada multicapa”. Fuente: Yucatan Pictures	76
Figura 58: vista exterior del edificio con el entorno. Idea de mimesis. Fuente: yucatan pictures.	76
Figura 59: Plano de localización El Cabaco y alrededores. Fuente: elaboración propia	78
Figura 60: Plano de situación. Fuente: Ficha técnica Premios Construcción Sostenible.	79
Figura 61: Alzado del edificio. Fuente: Ficha técnica Premios Construcción Sostenible.	79
Figura 62: Foto de la construcción. Fuente:www.elcabacoaldia.blogspot.com	80
Figura 63. Esquema bioclimático de planta. Fuente: elaboración propia.	81
Figura 64: Vistas exteriores del edificio y el cerramiento. Fuente: Ficha técnica premios construcción sostenible.	82
Figura 65: Esquema en sección del funcionamiento bioclimático del edificio, según la incidencia solar e inercia térmica. Fuente: Elaboración propia.....	82

