

TRABAJO FIN DE MÁSTER



LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL USO DE LA VIVIENDA. FACTORES INCIDENTES

MÁSTER EN EDIFICACIÓN. TECNOLOGÍA

NATALIA PASCUAL ROMÁN

TUTOR: FCO. JAVIER CÁRCEL CARRASCO

SEPTIEMBRE 2014



A mi Borlita Preciosa que tanto me ha ayudado todo este tiempo, mi principal apoyo y mi amor.

A mis padres, Manuel y Ángeles, que siempre están a mi lado con una sonrisa animándome. Su calidez me llena cada día.

A mi hermano que forma parte de mí, sin él mi mundo sería más oscuro.

A todos ellos...

RESUMEN

La eficiencia energética en el ámbito de la edificación es un concepto amplio, que abarca la construcción desde su diseño y evoluciona durante todo el proceso hasta la obtención de un edificio autosuficiente, poco contaminante y eficiente energéticamente.

En el presente trabajo se han desarrollado los distintos puntos a tener en cuenta en la concepción y construcción de los edificios en la actualidad en España. Una guía que analiza los condicionantes más relevantes que influyen en la búsqueda de la eficiencia energética en las viviendas.

Se han analizado los aspectos físicos que determinan el diseño eficiente en un edificio, como intervienen y que mejoras producen si los aplicamos. Se explican los ahorros que producen y amortizaciones, así como las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Se expone también un análisis de las distintas instalaciones eficientes, sus aplicaciones, ventajas y desventajas. Finalmente se han elaborado una serie de “Estudios de Caso” reales en los que se muestran edificaciones o complejos que apuestan por la eficiencia, por el ahorro y reducción del consumo energético. Una muestra real de que es factible vivir en edificaciones de esta índole con una inversión que se amortiza a medio plazo, no sólo económicamente sino ecológicamente. Una apuesta para el futuro.

Palabras Clave: Eficiencia energética, sostenible, ecoeficiencia, ahorro, consumo, emisiones, demanda, energía, diseño bioclimático.

ABSTRACT

Energy efficiency is a broad concept in the field of edification that includes construction from its design and it evolves along the process to obtain a self-sufficient building, energy efficient and less polluting.

In the present project have been developed different viewpoints to consider in building conception and construction currently in Spain. A guide which analyzes the most important conditions that influences in the pursuit for energy efficiency in housing.

Physical aspects that determine efficient design in a building have been analyzed, how intervenes and what improvements would occur if we apply them. Savings and amortization of theses physical aspects generate, as well as the advantages and disadvantages are explained. An analysis of various efficient installations, their applications, their advantages and disadvantages are also explained. Finally several case studies have been developed to show buildings that are committed to efficiency, savings and reduction of energy consumption. A real sign it's feasible to live in this kind of buildings with an investment that is paid off in a medium term, economically and ecologically. A bet for the future.

Keywords: energy efficiency, sustainable, eco-efficiency, saving, consumption, emissions, demand, energy, bioclimatic design.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES.....	8
3. ARQUITECTURA SOSTENIBLE	12
3.1. DEMANDA Y CONSUMO ENERGÉTICO	19
3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	20
3.3. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	23
3.4 ASPECTOS QUE DETERMINAN EL DISEÑO EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE	27
3.4.1. ASPECTOS GENERALES	27
3.4.1.1. UBICACIÓN	27
3.4.1.2. FUNCIÓN	28
3.4.1.3. DISEÑO	28
3.4.1.4. CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	31
3.4.1.5. EL USUARIO	32
3.4.2. ASPECTOS DE DISEÑO	33
3.4.2.1. AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICACIÓN.....	33
3.4.2.1.1. El Aislamiento en el Nuevo Planteamiento Energético.....	37
3.4.2.1.2. Aislamiento Térmico en Edificios Existentes.....	39
3.4.2.1.3. Colocación del Aislamiento en Fachadas	40
3.4.2.1.3.1. POR EL INTERIOR DE LA MASA TÉRMICA	40
3.4.2.1.3.2. <i>POR EL EXTERIOR DE LA MASA TÉRMICA</i>	49
3.4.2.1.3.3. POR INYECCIÓN EN LA CÁMARA DE AIRE.....	56
3.4.2.1.3.4. CONCLUSIONES DE LA COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO POR LA FACHADA	62
3.4.2.1.4. Aislamiento en Cubiertas	63
3.4.2.1.4.1. AISLAMIENTO TÉRMICO POR LA PARTE INFERIOR DE LA CUBIERTA ...	66
3.4.2.1.4.2. AISLAMIENTO TÉRMICO POR LA PARTE EXTERIOR DE LA CUBIERTA...	70
3.4.2.1.5. Acristalamientos y Carpinterías	75
3.4.2.1.5.1. MARCOS	76
3.4.2.1.5.2. VIDRIOS	78
3.4.2.1.6. Aislamiento Térmico de Instalaciones	82
3.4.2.1.6.1. TIPOS DE AISLANTES EN INSTALACIONES.....	82

3.4.2.1.6.2. CRITERIOS TÉCNICOS DEL AISLANTE TÉRMICO EN INSTALACIONES	83
3.4.2.1.6.3. AMORTIZACIÓN Y VENTAJAS DE SU COLOCACIÓN	84
3.4.2.1.7. Espacios Tapón	86
3.4.2.2. MASA TÉRMICA	87
3.4.2.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLAR PASIVOS	91
3.4.2.3.1. Captación Solar Directa	92
3.4.2.3.2. Captación Solar Indirecta o Diferida Mixta	94
3.4.2.3.3. Sistemas de Captación Remota	97
3.4.2.3.4. Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Captación Solar Pasivo.....	97
3.4.2.4. VENTILACIÓN.....	98
3.4.2.4.1. Ventilación Natural	99
3.4.2.4.2. Ventilación Forzada.....	106
3.4.2.4.3. Ventilación Híbrida.....	107
3.4.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN SOLAR	109
3.4.2.6. ILUMINACIÓN	113
3.4.2.6.1 Iluminación Natural.....	113
3.4.2.6.2. Iluminación Artificial	117
4. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES	118
4.1. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	118
4.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	121
4.3. ENERGÍA GEOTÉRMICA	123
4.4. BIOMASA	128
4.5. COGENERACIÓN	132
5. ESTUDIO DE CASO.....	135
5.1. BEDZED (BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT), LONDRES.....	136
5.2. VIVIENDA EN MORALEDA DE ZAFAYONA, GRANADA	140
5.3. TORRE HSBC, NUEVO MÉXICO	142
5.4. DEPARTAMENTO DE VIVIENDA DEL GOBIERNO VASCO (DURANGO, BIZKAIA)	145
6. CONCLUSIONES.....	148
7. BIBLIOGRAFÍA.....	161

1. INTRODUCCI3N

En la actualidad la eficiencia energ3tica es un concepto que se est3 implantando en muchos aspectos de la sociedad, en diversos campos y aplicaciones. Un objetivo com3n a alcanzar en todos los terrenos con el inter3s de reducir las emisiones y los consumos energ3ticos, as3 como fomentar los ahorros que con las reducciones de gasto energ3tico se producen.

La energ3a en el 3mbito de la edificaci3n es un elemento consumible, limitado y perecedero seg3n sus or3genes. Existen diversas iniciativas para la reducci3n de las emisiones generadas por el consumo, normativas desarrolladas con el prop3sito de minimizar las consecuencias que el desarrollo del ser humano est3 produciendo en el planeta. Todo ello para reducir el impacto que tiene sobre el medio ambiente la industria, la construcci3n y los propios h3bitos que las personas. Si existen alternativas energ3ticas o dise1os m3s eficientes que ahorran en consumos por qu3 no utilizarlos, por qu3 no prosperar en consonancia con lo que nos rodea perjudicando lo m3nimo posible. Esta es la principal motivaci3n de la realizaci3n de este trabajo, desarrollar los conceptos del dise1o bioclim3tico para construir de manera eficiente y respetuosa con el entorno.

En este trabajo se realiza un estudio de la edificaci3n bioclim3tica, se analizan cada uno de los aspectos que influyen en los consumos energ3ticos, tanto de dise1o como instalaciones eficientes, con el fin de elaborar una gu3a donde se pueda encontrar el desarrollo de los distintos aspectos que influyen y sus beneficios.

Se han estudiado los diversos aspectos de dise1o que afectan en materia energ3tica en la edificaci3n, desde sus or3genes empezando por el dise1o eficiente, la proyecci3n de un edificio que cumpla con las necesidades actuales de los usuarios y los m3nimos marcados por la normativa. El trabajo se ha enfocado tanto en edificios nuevos como en la rehabilitaci3n del parque inmobiliario, siendo estas 3ltimas edificaciones construidas bajo legislaciones antiguas que devoran energ3a de forma poco sostenible. Este tipo de edificaci3n se tiene que tratar de manera diferente a las construcciones de nueva planta, puesto que la rehabilitaci3n energ3tica se encuentra condicionada por el

propio estado edificio existente y su diseño. Existiendo diversos aspectos difíciles de cambiar ya que el edificio está construido con unos criterios distintos a los actuales.

En el estudio se han evaluado en primer lugar la demanda y el consumo energético, conceptos que se necesitan conocer para poder plantear reducciones de emisiones nocivas. Después se introducen los conceptos de eficiencia energética y arquitectura bioclimática, qué son y a dónde nos llevan. Posteriormente como se ha comentado, se ha analizado cada aspecto de diseño que influye en materia energética, desarrollándolo conceptualmente, indicando las ventajas y desventajas de su utilización, obteniendo y comparando datos de estudios y guías de distintas asociaciones y empresas con el fin de aportar toda la información necesaria para poder saber si ese aspecto conviene en un tipo de edificación o por el contrario es contraproducente. Hay que tener en cuenta que no todos los edificios son iguales, ni presentan las mismas características. No todas las construcciones tienen necesidades energéticas iguales de la misma manera que no todas las personas se comportan igual ante un tratamiento médico. Con este estudio se pretende desarrollar cada aspecto para poder discernir en qué condición es viable o perjudicial utilizarlo, en la medida de lo posible.

Posteriormente se han estudiado distintas instalaciones eficientes, que obtienen su energía en el mayor de los casos de fuentes renovables, como la energía solar, biomasa y la geotérmica. Y se ha tratado la cogeneración, que aunque no proviene de una fuente renovable se pueden obtener buenos rendimientos con ella.

En las conclusiones se ha relacionado todo lo anterior, cada aspecto individual y en conjunto. Analizándolo desde el punto de vista climatológico, realizando tablas que faciliten la búsqueda de información y la clarifiquen. Todo ello con el objetivo de poner en orden todos los puntos desarrollados durante el trabajo, ver cuales afectan según el tipo de edificio y climatología, el tiempo de amortización según la inversión necesaria y la viabilidad de desarrollarlos según el tipo de edificio.

Se busca facilitar la información al usuario que quiera o necesite descubrir las posibilidades del diseño eficiente, teniendo siempre presente las limitaciones inherentes a cada tipo de construcción.

2. ANTECEDENTES

Con el objetivo de reducir las emisiones de los gases que provocan el efecto invernadero se aprobó el Protocolo de Kioto el 11 de Diciembre de 1997, el cual entró en vigor el 16 de Febrero de 2005. Este Protocolo se trata de un acuerdo de carácter internacional realizado entre varios países con el fin de reducir las emisiones de los gases que dan lugar al efecto invernadero y por lo tanto al calentamiento global de nuestro planeta. Estos gases son principalmente (Galindo, García y Pérez, 2013):

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Gas metano (CH₄)

Ya que la combustión de estos gases produce emisiones muy considerables de gases nocivos, se plantea como objetivo la reducción del consumo y dependencia de combustibles fósiles. De forma que al reducir el uso de dichos combustibles, se genere la sustitución por energías renovables y no contaminantes. La problemática de esta situación viene dada por las diferencias generadas entre los países en vías de desarrollo y los países desarrollados, puesto que los primeros verían reducidas sus expectativas de desarrollo y crecimiento económico (Galindo, García y Pérez, 2013).

La Unión Europea se comprometió a una reducción de un 8% en la emisión de los gases totales medios, en un periodo de tiempo comprendido entre 2008 y 2012, con respecto a las emisiones generadas en 1990. Sin embargo los márgenes otorgados a cada país variaron según un principio de “reparto de carga” en función de variables económicas y medioambientales (Galindo, García y Pérez, 2013).

La distribución acordada fue distinta en cada país, de manera que aquellos países con menor actividad industrial pudieran incrementar sus emisiones para no ver mermado su desarrollo, y los países con una actividad industrial superior deberían reducir sus (Galindo, García y Pérez, 2013).

La distribución de carga que se acordó fue la siguiente:

Países de UE	Distribución de Carga (%)
Alemania	-21
Austria	-13
Bélgica	-7,5
Dinamarca	-21
Italia	-6,5
Luxemburgo	-28
Países Bajos	-6
Reino Unido	-12,5
Finlandia	-2,6
Francia	-1,9
España	+15
Grecia	+25
Irlanda	+13
Portugal	+27

Tabla 2.1. Distribución de carga de emisiones. Fuente: Galindo, García y Pérez, 2013

Los dos sectores que más gases generan son el transporte y el residencial, denominados difusos. Los cuales no forman parte en el reparto de cargas. Y considerando que el sector de la edificación representa el 40% del consumo energético total de la Unión Europea, reducir el consumo de energía en este ámbito resulta una prioridad en materia de eficiencia energética (web 1).

Es por eso que hay que centrar los esfuerzos en la reducción de los G.E.I en el sector residencial, fomentando el desarrollo de nuevas tecnologías que favorezcan la eficiencia energética. Por ello se han desarrollado diferentes directivas europeas con respecto a energías renovables en el sector de la edificación. En España se comenzó con la inclusión de las energías renovables en el consumo final del edificio. Incluyendo sistemas como (Galindo, García y Pérez, 2013):

- Paneles solares térmicos como parte de la producción de ACS
- Paneles solares fotovoltaicos como parte de la producción de la energía eléctrica
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Etc.

Cada una de ellas regulada por la Normativa Estatal y las distintas Normativas Autonómicas, siguiendo las directrices marcadas por el Código Técnico de la Edificación (CTE) que es de carácter obligatorio desde el año 2006 (Galindo, García y Pérez, 2013).

De manera reciente se ha instaurado en España la etiqueta energética, siendo esta un distintivo acerca de la eficiencia energética del inmueble, local o vivienda. Todo ello se acredita atendiendo al consumo energético del edificio y sus emisiones de CO₂ por cada m².

Esta iniciativa se hizo de carácter obligatorio con el *“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.”* que se completó posteriormente con varias enmiendas en el proyecto de Ley de reforma de la rehabilitación. Se puso en vigor el 1 de Junio de 2013, indicando que cualquier vivienda en venta o alquilada posteriormente a esa fecha debería poseer el certificado con sanciones económicas en caso de no poseerlo y realizar la transacción (web 4).

Como consecuencia de la crisis actual del sector, se desarrollaron distintas iniciativas en el ámbito de la rehabilitación de edificios existentes que fomenta el desarrollo e implementación de mejoras en ellos. Se habla del *“Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, que constituye el marco normativo 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”*, en cual presenta dentro de sus objetivos la mejora de la calidad de la calidad de la edificación, y más concretamente de su eficiencia energética y de su debida conservación. Con este plan se prevén dar subvenciones a los edificios más energéticamente eficientes que lo acreditarán con la correspondiente etiqueta energética (web 2).

El valor de la eficiencia energética se puede apreciar en los numerosos campos en los que interfiere e influye. Afectando directamente tanto a nuestro entorno como a la sociedad. Los beneficios que aporta se pueden resumir en (web 3):

- Reducción de los gastos producidos en los sectores residencial y terciario.
- Se ven reducidos los costos en producción, consiguiendo que las empresas Españolas sean más competitivas.
- Disminución de la dependencia energética que España tiene con el exterior, siendo esta del 80%.
- Se produce una reducción de la contaminación ambiental.
- Disminuye el uso de los recursos naturales.
- Como consecuencia de la reducción del uso de recursos naturales, se produce el consecuente deterioro del mismo.
- Se reduce la producción de gases de efecto invernadero.

3. ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible es una reflexión acerca del impacto que el proceso constructivo tiene sobre el medioambiente, abarcando de principio a fin todos los elementos que influyen en el mismo (Matute, 2014). Es una reflexión acerca de las consecuencias, de nuestras acciones en el presente y el legado que dejamos en el futuro. Una mirada más allá de las necesidades de confort que se necesitan cumplir, se trata de un equilibrio entre nuestra actividad constructiva y la conservación del medioambiente.

Para ello, se debe tener cuidado tanto con los materiales que se utilizan en los diferentes procesos, que no generen excesiva contaminación para su elaboración ni consuman demasiada energía; como con las técnicas utilizadas para la construcción de edificios, causando el mínimo impacto en la naturaleza; así como la ubicación más adecuada de la vivienda con respecto al entorno; reducción del consumo de energía y el posterior reciclado de los materiales cuando la esperanza de vida de la casa se cumpla y se proceda a su derribo (Matute, 2014).

Cuando se habla de sostenibilidad en la arquitectura, se trata de encontrar el equilibrio entre las materias primas (energía y materiales) y los residuos. Se busca cerrar el círculo mediante el reciclado de los residuos sacando el máximo provecho de ellos y regenerando la materia prima con la actividad que se produce en los espacios.

Se trata de proyectar conociendo los distintos materiales empleados en la arquitectura, tener conocimiento de la vida útil de las materias primas utilizadas, ya que no se proyecta un edificio pensando en el presente o el futuro, sino que se diseña pensando en la duración de los distintos materiales que lo componen. Por lo que se deben escoger los materiales más eficientes en relación con su vida útil, según la posibilidad de reutilización o reciclaje (Maqueira 2011).

A continuación se muestra una tabla donde Brian Edwards (2008) expone una comparación del consumo entre las materias primas utilizadas en la construcción en relación con el resto de actividades (Maqueira, 2011).

Materiales	El 60% de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción (carreteras, edificios, etcétera).
Energía	Aproximadamente el 50% de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios, y un 3% adicional para construirlos.
Agua	El 50% del agua utilizada en el mundo se destina a abastecer las instalaciones sanitarias y otros usos en los edificios.
Tierra	El 80% de la mejor tierra cultivable que deja de utilizarse para la agricultura se utiliza para la construcción.
Madera	El 60% de los productos madereros mundiales se dedican a la construcción de edificios, y casi el 90% de las maderas duras.

Tabla 3.1. Comparación del consumo en la construcción. Fuente: Maqueira, 2011

Debido al consumo realizado para la acción constructiva, en base a la tabla mostrada, es razonable plantear la proyección de los edificios teniendo presentes los materiales y energías utilizadas, así como su esperanza de vida y la posibilidad de reutilización tras haberla cumplido. En definitiva cumplir con lo ya planteado, diseñar causando el menor impacto posible.

Sin embargo, extraigamos el significado de “sostenible” de la RAE.

“sostenible.

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

Aplicado a la arquitectura, se trata de construcciones capaces de autoabastecerse y eliminar o disminuir al mínimo las consecuencias medioambientales de los propios procesos edificatorios, así como de las tecnologías necesarias para el mantenimiento del confort de los usuarios. Pero lo que hay que preguntarse es si realmente es posible cumplir con la sostenibilidad, ¿es real la arquitectura sostenible?

El arquitecto José Suarez en su artículo *“¿Sostenibilidad y eficiencia energética en la Arquitectura-Construcción?”* tiene una visión menos positiva acerca de la realidad de esta forma de construcción, plantea la utopía del planteamiento teniendo en cuenta que la actividad constructiva es la responsable del consumo de casi el 50% de los recursos mundiales. Citando una parte de su texto:

“El término sostenible hace referencia a un proceso que puede mantenerse por sí mismo, sin ayuda exterior o merma de los recursos existentes.

Cualquier parecido de la construcción e incluso de la inmensa mayoría de la arquitectura existente con la citada condición, no es que sea pura coincidencia, sino que, sencillamente, es tan sólo un espejismo, una ilusión.” (Suarez, 2009)

Analizando el panorama actual y echando un vistazo a la situación medioambiental que se ha generado, se puede decir que los arquitectos tienen la obligación ética de diseñar proyectos sostenibles (Rocha-Tamayo, 2011).

La edificación produce el 40% del consumo de energía de la UE (DIRECTIVA 2010/31/UE); la emisión de gases contaminantes en EEUU se corresponde con el 39% de emisiones totales, consumiendo un 40% de energía primaria y un 13% del total de agua disponible; siendo la eficiencia energética en la India es tres veces menor que la de EEUU y la de China nueve veces menor. Con esta información se muestra un *“panorama global poco halagüeño”* en el que se lee y escucha con tanta asiduidad las posibilidades de la construcción sostenible (Suarez, 2009).

Según Suarez *“la buena arquitectura no tiene ni puede tener adjetivos”*, considerando que la arquitectura sin el adjetivo sostenible detrás, no tiene porqué no tener la

obligación de tener en cuenta las cuestiones medioambientales durante el proceso de diseño. No es necesario acompañar a la arquitectura de ninguna palabra, puesto que la buena arquitectura, el correcto desempeño de la misma, implica incluir términos como economía, estética, consumo energético, sostenibilidad. Son condiciones que se deben de exigir al arquitecto y a su trabajo.

Tanto el urbanismo sostenible como la construcción y arquitectura sostenible, resultan términos redundantes hasta cierto punto, dado que la sostenibilidad debe ser una característica intrínseca de la arquitectura (Rocha-Tamayo, 2011).

La arquitectura puede ser más cara o más barata dependiendo de las posibilidades económicas del proyecto a desarrollar, sin embargo no debería considerarse el primer caso como la versión que ofrece unas prestaciones superiores (Suarez, 2009).

En definitiva, arquitectura solo hay una, por lo que ésta debe considerar todos los factores que se exigen. Se parte de la premisa de que durante el desarrollo del proceso arquitectónico se deben emprender todas las medidas para minimizar el consumo de los recursos, asegurando que todo el proceso sea sostenible (Suarez, 2009).

Hay que tener en cuenta cuestiones fundamentales de la arquitectura que no son novedosas ni excepcionales, sino que parecen haber sido dejadas de lado por la arquitectura del último siglo. Son cuatro aspectos del proceso de creación arquitectónico desde el punto de vista del impacto que todo el desarrollo tiene sobre el medio (Suarez, 2009).

- El elemento arquitectónico se tiene que adaptar a la geografía del lugar, teniendo presente todos los aspectos característicos de la geografía según la localización.
- Se deben dar preferencia a todos aquellos materiales que sean de baja intensidad energética.
- Optimizar los recursos energéticos, así como la utilización de energías limpias y aprovechamiento de los sistemas pasivos.
- Reutilización de las aguas pluviales del proceso.

- Los recursos consumidos durante el proceso de diseño y constructivo se pueden resumir en dos (Suarez, 2009):
 - La energía requerida durante el proceso de construcción.
 - La energía necesaria para la explotación de los edificios.

Se puede decir que la forma de diseñar influye de forma elevada en el primer recurso. Y la reducción de la actividad constructiva implica la consumición de menos recursos, lo cual no es posible (Suarez, 2009).

Se puede abarcar la situación desde el punto de vista de la reutilización del parque inmobiliario, considerando el “reciclaje de los edificios” como una nueva forma de crecimiento sostenible. Dando lugar a edificios que no generen residuos, en lugar de enfocar el problema en el desarrollo de tecnología para el reciclado de edificios (Suarez, 2009 y web 8).

Sería aplicar la filosofía “Cradle to Cradle (De la Cuna a la Cuna)”, desarrollada por el químico alemán Michael Braungart y el arquitecto estadounidense William McDonough. Estos autores plantearon que es necesario pensar en una nueva forma de producción, donde no elaboremos productos que una vez cumplida su función además de ser inservibles se conviertan en elementos contaminantes. Defienden la necesidad de avanzar en el concepto del “reduce, reutiliza, recicla”, darle un nuevo giro al sistema (web 7a).

Proponen un cambio donde se atajen los problemas desde la raíz, donde no se busque reducir los efectos negativos que el proceso productivo genera a largo plazo, ya que es lo mismo que ralentizar el problema, llegando a fin de cuentas al mismo final aunque en un tiempo superior. Proponen que en lugar de reducir los consumos energéticos se estudie el propio diseño y concepción del producto, teniendo presentes todas las fases en las que están involucrados de forma que el balance de gastos y aporte de materias primas y energía sea positivo (web 7a y web 9a).

Realizan una comparación con la naturaleza, como por ejemplo en el caso de los edificios; abogan por aquellos que, de la misma forma que los árboles, produzcan más energía de la que necesiten y depuren las aguas residuales que generen (web 9a).

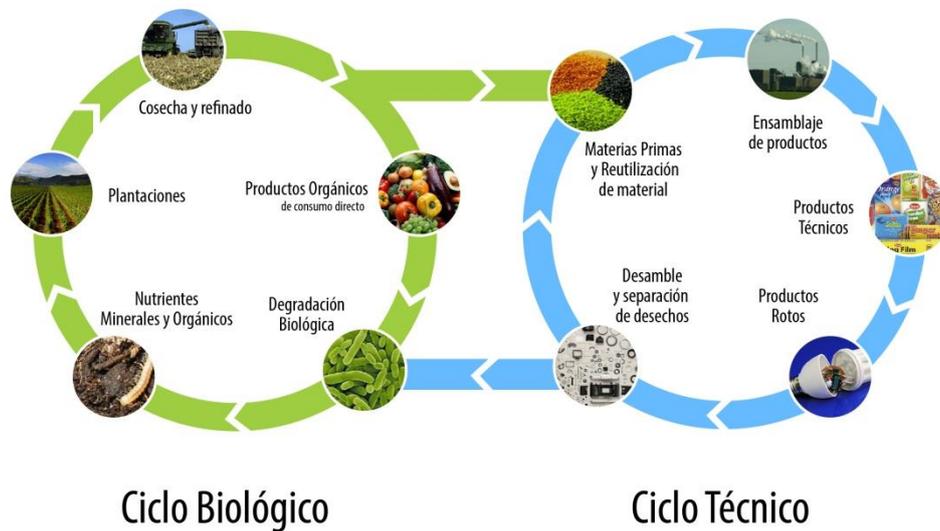


Imagen 3.2. Ciclo ecológico en "De la cuna a la cuna". Fuente: web 7a

Es un concepto brillante que aplicar en el sector de la construcción. Una filosofía de diseño nueva donde cada producto esté concebido para que pueda ser materia prima de otro elemento al final de su vida útil. Es un nuevo concepto en el que no existe el desperdicio y por ende tampoco la necesidad del reciclado. Un giro donde no es necesaria la búsqueda de la sostenibilidad en el reciclado sino en un cambio en el diseño para no producir residuos (Suarez, 2009).

Distintos puntos de vista acerca de un tema que nos toca de cerca a todos, el cuidado del medioambiente, conseguir reducir al mínimo los efectos que la producción y el estilo de vida del ser humano provocan. En definitiva, un aspecto que es fundamental tener en cuenta a la hora de diseñar.

Pero, ¿es realmente posible la arquitectura sostenible? Existen ejemplos de proyectos cuyo principio en el diseño es el de la sostenibilidad, proyectos que combinando la eficiencia energética y los sistemas pasivos consiguen reducir de forma elevada el consumo energético. Como ejemplo de diseño sostenible se puede poner el proyecto

BedZED desarrollado por el arquitecto Bill Dunster en 1999 en Londres, un claro ejemplo de proyecto basado en el principio de la “eficiencia” y pionero en su desarrollo. Se tratará más adelante en el apartado de “Estudio de Caso”.

3.1. DEMANDA Y CONSUMO ENERGÉTICO

Se llama demanda energética a la cantidad de energía necesaria para cumplir una determinada función. Por lo tanto, la demanda energética en un edificio es la energía que se necesita para que se cumpla, con el estándar de confort establecido y los mínimos energéticos básicos, la función requerida (Manteca, 2012).

El consumo energético es la energía necesaria para cumplir con la demanda establecida, que establece la siguiente relación (Manteca, 2012).

$$\text{Consumo} = \text{Demanda} / \text{Rendimiento}$$

3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética en el ámbito de la edificación se convierte en el conjunto de acciones que permiten la optimización máxima de la relación entre la cantidad de energía consumida, y los productos y servicios obtenidos.

Un edificio energéticamente eficiente es el que reduce al mínimo el consumo de las energías convencionales, con el fin de ejercer un uso racional de las energías y el ahorro. Considerando que la eficiencia energética viene del resultado del cociente entre la energía útil o utilizada por el sistema y la energía total utilizada, es necesario establecer qué es la energía total utilizada o rendimiento energético (Bonilla, 2009).

Todo ello tiene por objetivo la reducción del consumo energético, que se puede llevar a cabo por medio de (Manteca, 2012; Sala, 2013; Fundación Gas Natural, 2013):

- Reducción de la demanda energética.
- Aumento del rendimiento de los sistemas por medio de nuevas tecnologías.
- Actuación inmediata sobre la demanda y los sistemas.
- Empleo de energías renovables en conjunto con una mejora de la envolvente del edificio.
- Potenciación del uso de materiales reutilizados, reciclados y renovables (Libro Verde, 2012).
- Concienciación de los usuarios en materia de consumo energético (ENFORCE, 2010).
- Buscar diseños eficientes en la edificaciones (ENFORCE, 2010).

Suele ser más eficiente la reducción de la demanda energética que el aumento del rendimiento de los sistemas, aunque la realización simultánea de ambos puntos sería la manera más óptima de alcanzar la mayor eficiencia energética (Manteca, 2012).

En el caso de la reducción de la demanda energética, supone reducir al máximo la dependencia de los aparatos que consumen energía (Fundación Gas Natural, 2013).

Para aumentar el rendimiento de los sistemas, es necesario optimizar el uso y la gestión de los equipos que se utilizan con más asiduidad, asegurándose de que estén correctamente regulados, garantizando el mínimo consumo y procurando que sean eficientes (Fundación Gas Natural, 2013).

Como se indica en las fichas “Sobre la eficiencia energética en el uso de la vivienda” facilitadas por la Fundación Gas Natural, es necesario el cambio en la relación que hasta ahora se ha tenido con la energía, introduciéndonos en una nueva cultura energética:

- Donde existan unas pautas nuevas para el uso energético con el fin de reducir la demanda.
- Donde existan unas nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia energética.

Pero para aumentar la eficiencia de las maneras antes comentadas, es necesario analizar dónde se producen las demandas energéticas en edificación. Básicamente se pueden establecer tres tipos (Manteca, 2012):

- Demanda térmica, para los requerimientos de ACS, calefacción y refrigeración.
- Demanda lumínica, para los requerimientos de confort luminoso.
- Demanda eléctrica, para las demandas de los distintos aparatos.

Las demandas energéticas pueden ser satisfechas por medio de energía térmica o eléctrica, pudiendo ser la fuente de energía renovable, fósil o nuclear (Manteca, 2012).

En el caso de la edificación, lo más eficiente y consecuente con el medioambiente, sería una combinación de fuentes renovables con la mejora de la envolvente térmica. Estos cambios supondrían una mejora sustancial de la eficiencia, un menor consumo y una reducción de emisiones, sobre todo en los edificios existentes cuyo consumo se ha hecho sin tener en cuenta el factor de la sostenibilidad (Sala, 2013).

La viabilidad y rentabilidad de la utilización de energías renovables depende de diversos factores y de un análisis de cada caso. Es necesario tener en cuenta tanto el clima, como las horas de exposición solar, el viento, la ubicación, el uso y mantenimiento que va a hacerse en él, etc., motivo por el cual es necesario realizar un estudio de cada caso en particular para analizar la viabilidad de la utilización de tales energías en función de la inversión económica en la instalación, los ahorros energéticos que se producen, la reducción de gases emitidos y la amortización (Sala, 2013).

El objetivo de ello es mejorar todos aquellos edificios existentes cuya calificación energética es baja, con una reducción de emisiones e impacto en el medio ambiente, así como la construcción de nuevos edificios energéticamente eficientes con un consumo casi nulo, edificios que se diseñarían optimizando al máximo los parámetros de diseño (Sala, 2013).

3.3. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura bioclimática pretende garantizar las condiciones de confort necesarias para los usuarios y la sostenibilidad del medioambiente haciendo un uso eficiente de los recursos y la energía disponibles (Zubiri, 2010). Se basa en el uso racional de los conocimientos adquiridos, de la arquitectura popular y de la ciencia, así como de todos los avances que se están desarrollando en el sector a nivel de confort, gestión de residuos y reciclaje, aprovechando las condiciones naturales y el entorno (Matute, 2014).

Los principios de la arquitectura bioclimática tienen por objetivos (Zubiri, 2010; Matutem 2014; ENFORCE, 2010):

- Mejorar el confort de los usuarios y su calidad de vida.
- Reducir la demanda de energía que se emplea de forma convencional en pro de la utilización de energías renovables. Colaborando así con la reducción de las emisiones de gases contaminantes y los problemas del medioambiente que derivan, contribuyendo a resolver la problemática ambiental en la que nos encontramos actualmente.
- Integrar la arquitectura en el contexto bioclimático.
- Realizar un uso eficiente de la energía y los recursos garantizando la sostenibilidad para el medioambiente.
- Al integrarse el edificio con el entorno se favorece la sostenibilidad ambiental.
- Se reduce el gasto de agua e iluminación, así como conseguir las condiciones de temperatura, humedad e iluminación más ópticas.

Para conseguir el nivel de bienestar adecuado de los ocupantes reduciendo al máximo las repercusiones con el medioambiente, es fundamental cumplir con un diseño eficiente de los edificios, sirviéndose para ello del uso correcto de los parámetros bioclimáticos que permiten poner en práctica las medidas adecuadas para la reducción de demanda y consumo energético fomentando la sostenibilidad aprovechando los recursos naturales (Zubiri, 2010).

Los parámetros bioclimáticos son aquellos de los que se sirve la arquitectura bioclimática para la reducción de la demanda energética, algunos de ellos son (Manteca, 2012):

- La ubicación
- La función
- El diseño del edificio
- La calidad de la construcción
- El comportamiento posterior del usuario

El estudio de estos aspectos es fundamental en el concepto de arquitectura bioclimática, jugando un papel importante en el momento de la concepción del edificio y su diseño.

Sin embargo, este concepto no es nuevo. Tradicionalmente se han explotado las características del lugar para la construcción más adecuada según la zona, así pues de manera tradicional se han aplicado algunos criterios y conocimientos del clima y el entorno para el diseño y construcción (Zubiri, 2010). Algunos ejemplos pueden ser:

- Orientación al sur de la fachada, permitiendo una captación solar que permite el calentamiento del interior.
- Las fachadas encaladas en el sur de España, de forma tradicional se han cubierto las fachadas de los edificios de cal blanca en climas donde el calor es

elevado, tal y como ocurre en Andalucía, puesto que la superficie blanca refleja la radiación solar lo que permite la refrigeración interna.

- Construcciones con muros de gran espesor en lugares fríos y de temperaturas estables que son favorables gracias a su elevada inercia térmica, aunque el interior tarde un periodo de tiempo superior en adquirir la temperatura deseada, una vez conseguida se mantiene más tiempo que con fachadas de menor espesor que favorezcan más la transmisión de temperatura del interior al exterior.

Estos ejemplos no tienen como uno de sus objetivos el diseño bioclimático y la reducción de emisiones de gases contaminantes por el efecto de la climatización interior, sino que pretenden cubrir las necesidades existentes de la manera más óptima posible con los medios disponibles. Sin embargo, se podría considerar a la “arquitectura popular” como una de las predecesoras de la bioclimática, al buscar solución en el análisis del entorno, el clima y el diseño de construcción como medio para abarcar las necesidades de confort reduciendo el efecto que la edificación y su posterior uso provoca en el medioambiente.

Una vivienda construida con los principios bioclimáticos supone un ahorro elevado incluso pudiendo llegar a ser sostenible totalmente. Hay que tener en cuenta que la inversión realizada puede llegar a ser superior sin dejar de ser rentable, puesto que la subida del coste se ve compensada por el ahorro energético (Matute, 2014).

Se debe tener en cuenta que un edificio bioclimático no tiene por qué subir de precio con respecto a una construcción más tradicional, es posible conseguir el confort deseado e incrementar el rendimiento energético jugando con los elementos arquitectónicos utilizados convencionalmente (Matute, 2014).

La arquitectura bioclimática, aunque más restrictiva, sigue contando con las libertades propias del diseño (Matute, 2014).

Aunque hay que tener en cuenta todos los aspectos antes comentados, no se trata de construir edificios extraños y carentes de sentido con la arquitectura del momento, se

trata de introducir los factores “medioambiente” y “sostenibilidad” en la ecuación, diseñando de forma consecuente con ellos sin perder la creatividad ni condicionar el aspecto general y actual del edificio. Se trata de diseñar teniendo en cuenta no solo la economía, productividad, confort y cumplimiento de la normativa, sino de incorporar el entorno y las consecuencias con el mismo con el objetivo de minimizar los efectos que el proceso constructivo provoca.

3.4 ASPECTOS QUE DETERMINAN EL DISEÑO EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE

Para la mejora energética de edificios es fundamental, tal y como se ha comentado brevemente con anterioridad, realizar un análisis de cada caso en particular desglosando todos aquellos aspectos que hay que tener en cuenta para reducir la demanda energética.

3.4.1. ASPECTOS GENERALES

3.4.1.1. UBICACIÓN

La ubicación es un factor determinante en la demanda energética del edificio, ya que el clima al que se ve sometido influye en la demanda de calefacción, refrigeración e iluminación (Zubiri, 2010; Manteca, 2012; web 5).

Las condiciones climáticas deben ser analizadas desde el punto de vista macroclimático y microclimático (Manteca, 2012; web 5).

Las condiciones macroclimáticas dependen de la zona planetaria donde se encuentre el edificio y es dependiente de la longitud, latitud y la región climática. Los factores más importantes son (Manteca, 2012; web 5):

- Las temperaturas máxima, mínima y media en invierno y verano, nocturnas y diurnas.
- El régimen pluviométrico y la humedad relativa.
- La radiación solar, directa y difusa.
- La dirección y velocidad predominante del viento. El aprovechamiento de las corrientes en verano y las filtraciones en invierno.

Las condiciones microclimáticas son las dependientes de la geografía del lugar y entorno inmediato, pudiendo llegar a contribuir a la alteración de las condiciones macroclimáticas. Estas pueden ser (Manteca, 2012; web 5; Zubiri, 2010):

- La existencia de edificaciones cercanas que puedan actuar como barrera frente a la radiación solar y el efecto del viento.
- Las pendientes del terreno.
- La presencia de vegetación o bosques en las proximidades.
- Elevaciones del terreno que pueden proteger de manera natural de los efectos del sol y del viento.
- La presencia de aguas cercanas que aumenten la humedad ambiental.
- Etc.

El estudio de los parámetros macroclimáticos y microclimáticos resulta fundamental para que el diseño arquitectónico garantice la ejecución de edificios que obtengan los mayores beneficios posibles bioclimáticos y la mayor sensación de confort posible (web 5).

3.4.1.2. FUNCIÓN

El uso que se vaya a dar en el edificio es un factor determinante a la hora del planteamiento del diseño arquitectónico, ya que dependiendo de las necesidades y demandas energéticas previstas, será más eficiente un diseño u otro. No plantea las mismas demandas energéticas un edificio de carácter residencial, que uno hospitalario o de oficinas (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).

3.4.1.3. DISEÑO

Es fundamental realizar un diseño de edificio eficiente, para minimizar las demandas energéticas necesarias y así cumplir con las necesidades y niveles de confort mínimos, que se verán cubiertos con climatización artificial y el aprovechamiento máximo de la radiación solar e iluminación natural (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).

La forma del edificio y sus proporciones afectan en distintos aspectos.

- La superficie de contacto del edificio con el exterior. Que se ve afectado por la influencia del viento y la radiación solar. Realizándose ganancias o pérdidas entre el interior del edificio y el exterior (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).
 - Con una superficie mayor, estos intercambios térmicos serán superiores, lo cual es beneficioso en climas templados y cálidos, y desfavorable en el caso de climas continentales (Manteca, 2012).

- La resistencia al viento que ofrece el edificio. Un edificio de mayores dimensiones presenta una resistencia al viento mayor incrementándose así la ventilación. Este efecto es bueno en verano o en lugares cálidos, ya que se favorece el intercambio de aire del interior con el exterior, sin embargo es perjudicial en climas fríos o en invierno al favorecerse las infiltraciones y la pérdida de calor del interior (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).

- La situación y tamaño de los huecos de fachada. Permitiendo una mayor ganancia solar disminuyendo la demanda (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).

- La orientación del edificio. Factor de determinará la captación de energía solar por medio de las superficies de las ventanas. En los climas continentales interesa, en general, captar la mayor energía posible y minimizar así el consumo de calefacción en invierno. Siendo adecuado jugar con los elementos de sombreado para el verano, reduciendo el sobrecalentamiento y la consecuente subida del gasto de refrigeración (Manteca, 2012; Zubiri, 2010).

A continuación se indican las distintas orientaciones posibles y los efectos sobre las edificaciones en el hemisferio norte:

- Orientación Norte. La radiación solar recibida es escasa, siendo de unas pocas horas en verano y ninguna en invierno, esta zona de la casa es la más fría (Manteca, 2012; ENFORCE, 2010; Zubiri, 2010; web 34).
- Orientación Sur. En invierno la fachada sur recibe mucha radiación solar permitiendo el calentamiento interior. Mientras que en verano debido a la posición más vertical del sol, la influencia de la radiación se hace sobre la cubierta, recibiendo las fachadas poca acción directa del mismo (Manteca, 2012; ENFORCE, 2010; Zubiri, 2010; web 34).

La fachada orientada al sur recibe tres veces más de radiación en invierno que en verano, en España. Mientras que la cubierta recibe en verano 4'5 veces más de radiación que en invierno (Manteca, 2012; web 34).

- Orientación Este. La radiación recibida es tangencial y oblicua a primeras horas de la mañana. Recibe 2'5 veces de radiación más en verano que en invierno (Manteca, 2012; web 34).
- Orientación Oeste. La radiación recibida es tangencial y oblicua a últimas horas de la tarde, lo que favorece el sobrecalentamiento de las fachadas en verano al ser las horas de la tarde las de mayor temperatura e incidir de manera perpendicular sobre las superficies de vidrio (Manteca, 2012; ENFORCE, 2010; Zubiri, 2010; web 34).

Debido a sus características las protecciones horizontales son poco efectivas en verano, siendo preferibles las verticales, como árboles o protecciones verticales (Manteca, 2012; ENFORCE, 2010; Zubiri, 2010).

Al igual que la fachada este, recibe 2'5 veces de radiación más en verano que en invierno (Manteca, 2012; web 34).

Tanto las fachadas sureste y suroeste reciben más o menos la misma cantidad de radiación solar todo el año (Manteca, 2012).

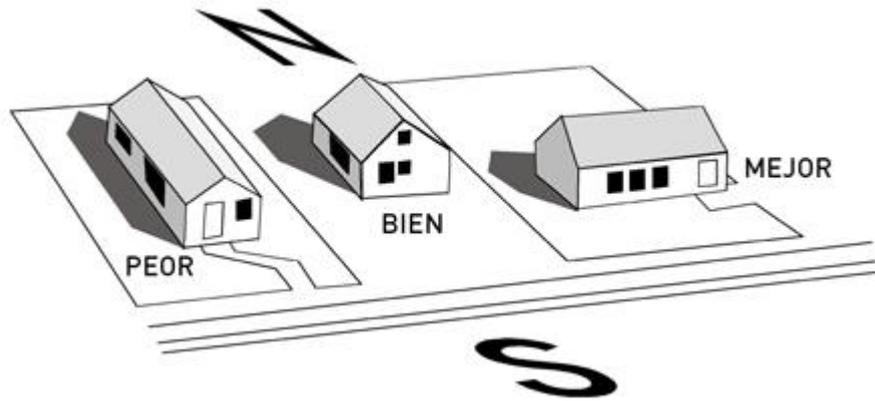


Imagen 3.3. Influencia entre la forma del edificio y la orientación. Fuente: web 19

La forma ideal de un edificio es que sea rectangular y compacta. Estando su lado mayor de este a oeste. Encontrándose los dispositivos de captación solar pasiva en la fachada sur (web 19).

Los edificios altos tienen mayor resistencia al viento que los que son de menor tamaño. Este factor resulta beneficioso en verano por el incremento de la ventilación, pero resulta perjudicial en invierno al aumentar las infiltraciones (web 19).

En los climas fríos es recomendable un factor de forma pequeño, entre 0,5-0,8. Mientras que para los climas cálidos es aconsejable un factor de forma superior a 1,2 (web 19).

3.4.1.4. CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

La forma de llevar a cabo el proceso constructivo influye directamente en la calidad final del conjunto. Una adecuada puesta en obra y una cuidadosa ejecución disminuyen la posibilidad de pérdidas energéticas, puesto que aunque se cuenten con los mejores materiales disponibles; la correcta ejecución de los detalles constructivos, los tipos de acristalamiento correctos que eviten los puentes térmicos, etc., serán determinantes para la transferencia energética entre el interior y el entorno, lo que

marcará las demandas energéticas y el consecuente consumo energético producido (Manteca, 2012).

3.4.1.5. EL USUARIO

El comportamiento del usuario es un aspecto de gran importancia. El consumo energético está condicionado por los distintos hábitos que tiene el usuario, por lo que la información del mismo y la sensibilización frente al gasto energético es de gran importancia en el balance final del consumo y ahorro de energía. Es fundamental que el usuario tenga los conocimientos adecuados en materia de ahorro, dado que en muchas ocasiones no es simplemente no implicarse, sino no conocer cómo gastar la energía de manera eficiente en cada ámbito (Manteca, 2012; García 2010).

Atendiendo a las diferentes demandas energéticas de calefacción, refrigeración e iluminación, así como a la diferente climatología del lugar, el conocimiento del usuario de la forma adecuada de cubrir sus necesidades de confort de forma comprometida con el medioambiente, contribuye a la disminución de emisiones y gasto energético.

3.4.2. ASPECTOS DE DISEÑO

3.4.2.1. AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICACIÓN

El aislamiento término del edificio es un aspecto muy importante desde el punto de vista energético. Un aislamiento inadecuado provocará el aumento del consumo energético, necesitando proporcionar calor en épocas frías y refrigeración en las temporadas de calor como consecuencia de las pérdidas térmicas (Zubiri, 2010).



Imagen 3.4. Pérdida de energía en la edificación. Fuente: Catálogo ISOVER “Aislamiento de Fachadas”

Hay que tener en cuenta que el calor tiende a “escaparse” a las zonas más frías para igualar la temperatura, por lo que un aislamiento escaso o mal colocado, provoca desplazamientos del aire caliente del interior al exterior en invierno y a la inversa en verano. Esto supone una deficiencia desde el punto de vista energético ya que no se conserva la temperatura o se detiene su aumento, necesitando así de la utilización de refrigeración o calefacción según el caso (Zubiri, 2010).

Desde el punto de vista de los materiales que forman el muro, todos ofrecen resistencia en diferente medida que viene condicionada principalmente por el tipo de material y su espesor (Zubiri, 2010).

Es fundamental calcular que espesor de aislamiento es el necesario para cumplir de forma óptima con las necesidades energéticas teniendo en cuenta los límites marcados por el CTE. Hay que comprobar como al aumentar el aislamiento disminuye la demanda energética, teniendo en cuenta el coste económico que conlleva (Zubiri, 2010).

En la tabla siguiente se muestra un breve análisis con las ventajas y desventajas generales que se producen la colocación del aislamiento térmico adecuado:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Mejora el confort térmico de los usuarios	✓ Mayor espesor de aislamiento implica mayor gasto económico
✓ Como estrategia para la reducción en las demandas de calefacción, es la medida que posiblemente tenga la mejor relación coste/eficacia	✓ Un aislamiento mayor en fachadas aumenta el espesor del muro por lo que se reduce la superficie útil de la vivienda
✓ Un aislamiento adecuado disminuye las pérdidas energéticas	
✓ Se consume menos energía pues conserva mejor la temperatura en su interior	
✓ Mejora de la eficiencia energética de las edificaciones	
✓ Se reduce la factura energética del usuario	
✓ Mejora del aislamiento acústico	
✓ Reducción de las condensaciones interiores	

✓ Añade valor al edificio al mejorar su eficiencia energética	
✓ Menores emisiones de CO ₂	

Tabla 3.2. Ventajas y desventajas de la mejora del aislamiento térmico. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA-IDAE, 2008a; Zubiri, 2010; Manteca, 2012.



Imagen 3.5. Esquema simplificado de la relación entre el aislamiento y las emisiones de CO₂. Fuente: Catálogo ISOVER “Aislamiento de Fachadas”

Sin embargo, es fundamental analizar cada edificio según su situación y necesidades. No es lo mismo realizar la rehabilitación de una EDIFICACIÓN EXISTENTE, la cual en su momento no se construyó bajo la normativa y los estándares actuales. Que la situación en la que se encuentra una NUEVA EDIFICACIÓN que debe regirse por la normativa actual en donde existen unos requisitos mínimos a cumplir, en el CTE DB-HE, se indican los espesores mínimos de aislamiento obligatorios según la zona climática.

Así pues se hará diferenciación entre:

- Edificación Existente, cuyo proceso de renovación para mejorar su calificación energética vendrá marcado por el estado de su construcción y las posibilidades que ofrece. Siendo ésta la situación a tratar en el presente trabajo, como mejorar el parque inmobiliario existente y por qué es necesario hacerlo.
- Edificación de Nueva Construcción, que debe cumplir la normativa actual (CTE DB-HE), en donde se marcan unos mínimos necesarios a cumplir, con el objetivo marcado por la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios en cuanto a que todos los edificios que se construyan a partir de 2020 deberán ser edificios de consumo de energía casi nulo (web 26).

3.4.2.1.1. El Aislamiento en el Nuevo Planteamiento Energético

Actualmente a nivel europeo se está tratando el concepto de “**Triada Energética**”, que consiste en una pirámide de tres niveles en la cual se analiza cada nivel según el tipo de medida energética que se trate (ANDIMAT, 2010).

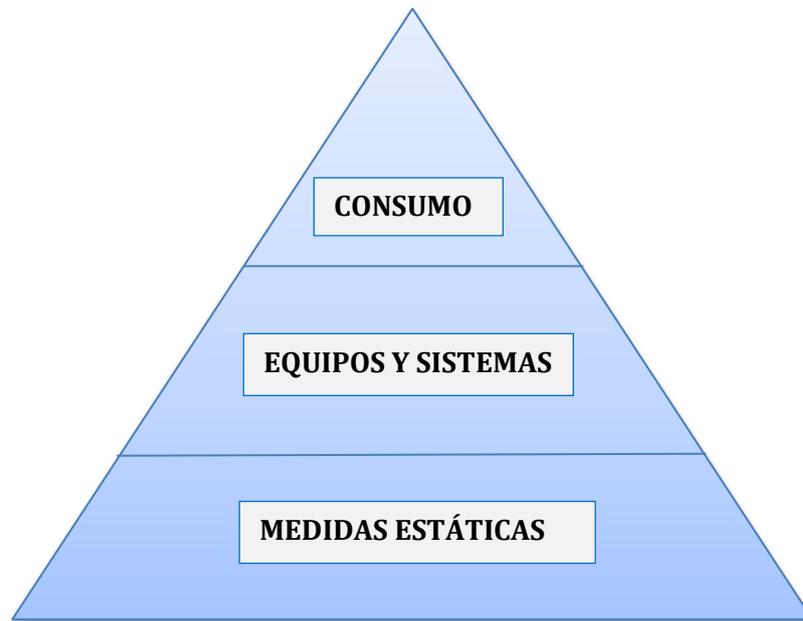


Imagen 3.6. Triada Energética. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMAT, 2010

En la base de la pirámide se encuentran las MEDIDAS ESTÁTICAS, que son aquellas que se conservan durante la vida útil del edificio. Estas medidas deben de aprovecharse al máximo ya que no precisan de ningún mantenimiento (ANDIMAT, 2010):

- El diseño del edificio
- La orientación
- Ganancias solares
- Aislamiento térmico

– Etc.

El siguiente nivel de esta pirámide son los EQUIPOS Y SISTEMAS, tras conceptualizar y diseñar una base sólida aprovechando al máximo las medidas estáticas, se actuará sobre ellas con los equipos más eficientes (ANDIMAT, 2010).

Finalmente el último nivel es el del CONSUMO que no se puede reducir con medidas estáticas ni con equipos, por lo que habrá que actuar con energías renovables (ANDIMAT, 2010).

EL aislamiento térmico es realmente una medida sostenible, que permite mejorar el confort de los usuarios, el rendimiento y la eficiencia energética si se coloca de forma adecuada (ANDIMAT, 2010).

Hay que servirse de estos elementos con el fin de mejorar la forma de construir, empelando todas aquellas técnicas, conocimientos y elementos que estén a nuestro alcance para conseguir ser más eficientes sin perjudicar el medio ambiente.

3.4.2.1.2. Aislamiento Térmico en Edificios Existentes

Con el objetivo de ahorrar energía, se han desarrollado diversas estrategias y directivas para reducir el consumo energético y mejorar el ahorro en el parque de edificios existentes. Uno de ellos es el Plan de acción E4 “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)” que se aprobó por el gobierno español en 2003, y posterior Plan 2011-2020 que constituye el segundo Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (ANDIMAT, 2010; IDAE, 2011).

En estos planes se marcan como objetivos el ahorro energético y la eficiencia energética de los edificios existentes y sus instalaciones fijas. Para ello se toman medidas tales como (ANDIMAT, 2010):

- Rehabilitación de la envolvente térmica del edificio y reducción de las emisiones de CO₂ a la atmosfera al verse reducidos los consumos.

En el sector de la Edificación y equipamiento, si consideramos como un conjunto los edificios de viviendas y los de uso terciario, en el caso de mejorar la envolvente y las instalaciones térmicas se producirá un ahorro del 73%. Y un 29% si se producen mejoras en eficiencia e iluminación. Hay que tener en cuenta que estos ahorros se dan de forma mayoritaria en el sector terciario, sector que consume una cantidad elevada de energía (IDAE, 2011).

Así pues, la rehabilitación del parque inmobiliario existente resulta una medida no solamente eficiente con el medio ambiente y respetuosa con el entorno, sino que mejora el confort térmico de los usuarios y es realmente una medida sostenible (ANDIMAT, 2010).

3.4.2.1.3. Colocación del Aislamiento en Fachadas

3.4.2.1.3.1. *POR EL INTERIOR DE LA MASA TÉRMICA*

En la actualidad el aislamiento colocado en el interior de la fachada es una práctica mayoritaria en España ya que muchas fachadas funcionan bien con esta solución y cumplen con las necesidades en el interior (ISOVER, 2013).

Este sistema consiste principalmente en un cerramiento de fachada formado por (ATECOS, 2010-2012a):

- Hoja exterior
- Aislamiento
- Trasdoso interior

Se suelen poner en muros que son de una hoja o no tienen cámara de aire accesible (ATECOS, 2010-2012a).

Los factores que se deben de tener en cuenta en este tipo de fachadas son (ISOVER, 2013):

- *Un correcto aislamiento térmico y acústico.* Independientemente de la posición del aislamiento (interior o exterior) es un objetivo común a alcanzar.
- *Impermeabilización de la fachada.* En la colocación interior se debe ejecutar una correcta impermeabilización de la fachada para evitar el agua de lluvia.
- *Barreras de vapor.* En función del clima será necesario la colocación de una barrera interna de vapor para evitar el contacto entre el exterior y algún posible punto frío de la pared exterior, que podrían producir condensaciones en las épocas más frías.

La colocación del aislante térmico por el interior de todas las fachadas del edificio, puede llegar a **reducir el consumo** de calefacción y refrigeración **entre un 16% y 42%** (IVE, 2012a)

Esta reducción del consumo depende de lo siguiente (IVE, 2012a):

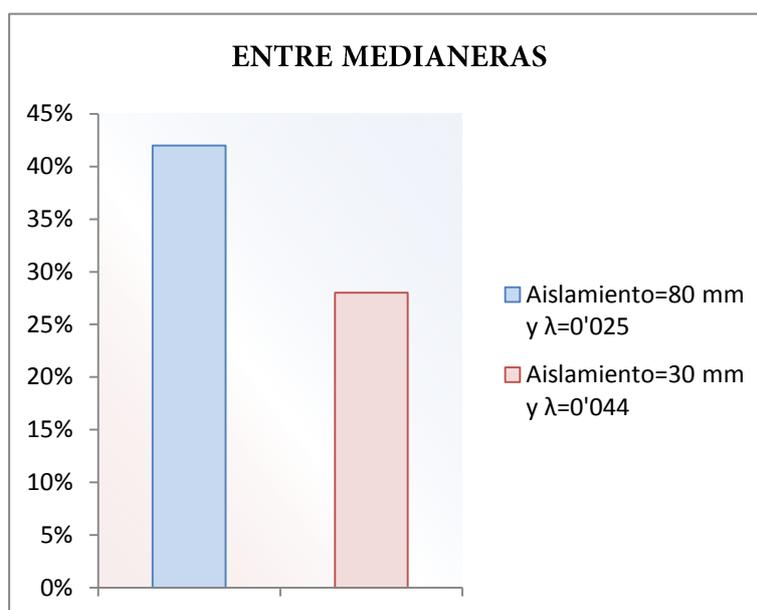
- Cuanto mayor sea el espesor del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro.
- Cuanto mayor sea la calidad del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro.
- Cuanto menores sean los puentes térmicos existentes, menor será el consumo y mayor el ahorro.

Según la distinción de viviendas realizadas en el documento del IVE, 2012a para tres tipos edificatorios:

- Edificio entre medianeras
- Edificio en bloque
- Edificio torre

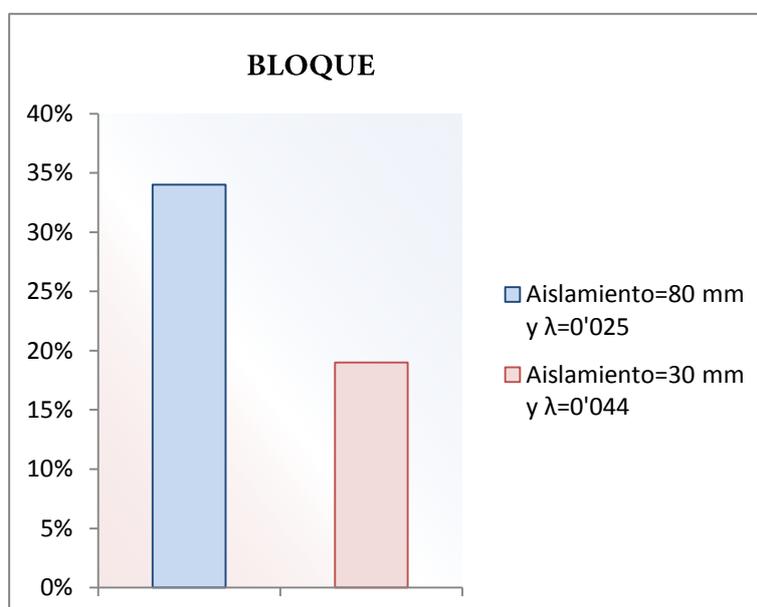
Se obtienen los siguientes ahorros energéticos dependiendo del espesor de aislamiento colocado. En este caso la comparación se realiza con espesores de 80mm y de 30mm (IVE, 2012a).

En el caso de un edificio entre medianeras



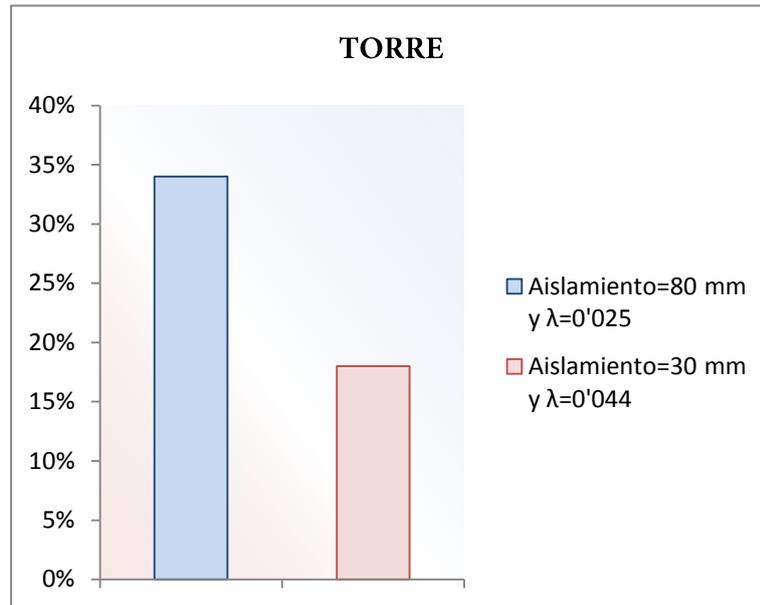
Gráfica 3.1. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio entre medianeras con el aislamiento por el interior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012a

Para un edificio en bloque



Gráfica 3.2. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio en bloque con el aislamiento por el interior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012a

En una edificación en torre



Gráfica 3.3. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio torre con el aislamiento por el interior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012a

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de este tipo de colocación:

COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR DE LA FACHADA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Se puede colocar en cualquier tipo de fachada	✓ No resuelve los puentes térmicos lineales de contorno (frentes de forjado, intersección entre muros, etc.)
✓ El mantenimiento por el interior es mejor	✓ Cuando se necesitan realizar trabajos de impermeabilización, no es la solución más adecuada
✓ No se necesita disponer de andamios	✓ No se aprovecha la inercia térmica del cerramiento
✓ Al ser una reforma realizada en la vivienda, no se necesita el permiso de la comunidad de vecinos	✓ Se reduce la superficie útil de la vivienda
✓ Se mejora la estética del interior del edificio ante la posibilidad de realizar un acabado de calidad	✓ Es necesario volver a colocar la perfilería de ventanas, marcos de puertas, zócalos, conducciones eléctricas, etc.

<ul style="list-style-type: none"> ✓ A no ser que existan lesions en la fàbrica que hagen que solucionar-se, resulta més rentable esta solució que col·locar la impermeabilització per l'exterior 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Si no se solucionan los problemas de condensaciones intersticiales existen más riesgos de humedades y moho
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite sanear el muro de fábrica en caso de que sea necesario 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En caso de una rehabilitación, interfiere con la vida de los usuarios
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede solucionar los puentes térmicos integrados de fachada (pilares, contorno de los huecos, etc.) 	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Si el sistema de construcción es seco, no requiere de esperas por el secado del mortero, yeso, etc. 	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se pueden colocar instalaciones en el caso de existir una cámara intermedia entre la placa y el aislante 	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aporta aislamiento al interior del espacio sin actuar sobre la fachada. 	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se reducen los tiempos de respuesta para alcanzar el confort térmico 	

Tabla 3.3. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico por el interior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ATECOS, 2013; IVE, 2012; web 5b

Amortización

En la siguiente tabla se muestra la amortización de la inversión según tipología de edificio considerado y el clima, sea cálido o frío.

La proporción de cada fachada principal con respecto a las secundarias son según tipo de edificio (IVE, 2012a):

- Edificio entre medianeras → 28%
- Edificio en torre → 63%
- Edificio en bloque → 78%

Estos porcentajes servirán para posteriores análisis del aislamiento en fachadas y cubiertas según los mismos tipos edificatorios.

	EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS		EDIFICIO EN BLOQUE		EDIFICIO EN TORRE	
	Cálida	Fría	Cálida	Fría	Cálida	Fría
Coste Instalación	1200€	1800€	1100€	1300€	900€	1100€
Amortización	30 años	2 años	40 años	2 años	38 años	2 años

Tabla 3.4. Amortización de la inversión de la colocación del aislamiento térmico por el interior de la masa térmica en función del clima, cálido o frío. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012a

De esta tabla realizada a partir del documento del IVE “Cómo ahorrar energía aislando térmicamente las fachadas de su edificio por el interior de la vivienda”, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En los sitios con clima frío, aunque cuesta más dinero la instalación la amortización se realiza en un tiempo muy inferior a los sitios cálidos. Se ahorra más energéticamente y en la factura.
- Esta amortización en un tiempo inferior se debe a que térmicamente el aislamiento en fachadas resulta más eficiente en climas fríos que en cálidos.

Materiales

A continuación se muestran una serie de distintos materiales que se pueden utilizar para aislar por el interior de la vivienda.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p style="text-align: center;">Poliestireno Expandido (EPS) (Acabado de Placa de Yeso Laminado)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento térmico • Optimización del espacio útil • Existen sistemas que ofrecen las máximas prestaciones con un mínimo espesor 	<ul style="list-style-type: none"> • La fijación de los paneles debe realizarse en superficies exentas de humedad, para así evitar futuros despegues • Se debe tener especial cuidado con las condensaciones intersticiales, en caso de ser necesario se colocará una barrera de vapor en el lado caliente del aislamiento • Evitar la formación de puentes térmicos teniendo cuidado con los sellados de ventanas y puertas

Tabla 3.5. Ventajas y desventajas de la colocación de poliestireno expandido con acabado de yeso laminado para el aislamiento por el interior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de

ANDIMA, 2008a

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Placas de Yeso Laminado sobre Perfiles Metálicos y Aislamiento de Lana Mineral (LW)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento térmico • Aislamiento acústico • El proceso de construcción es en “seco”, siendo un sistema rápido de ejecución sin tiempos de espera para el secado • No se necesita el desalojo del inmueble • Permite la colocación de instalaciones entre la placa y el aislamiento • Se solucionan los puentes térmicos integrados en fachada • Solucionando los puentes térmicos integrados en fachada se puede conseguir un aislamiento uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la superficie útil de la vivienda unos 6 cm • No soluciona los puentes térmicos lineales de contorno, como pueden ser los frentes de forjado o la intersección de muros de fábrica

Tabla 3.6. Ventajas y desventajas de la colocación de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y aislamiento de lana mineral para el aislamiento por el interior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA, 2008a

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Espuma de Poliuretano Proyectado (PUR)	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento térmico • Estanqueidad • Tratamiento parcial de los puentes térmicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de espacio útil • Alteración de la vida de los ocupantes

Tabla 3.7. Ventajas y desventajas de la colocación espuma de poliuretano proyectado (PUR) para el aislamiento por el interior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA, 2008a

En el mercado existen distintos tipos de soluciones para aislar por el interior de la fachada, con prestaciones ajustadas a las posibilidades del mismo y sujetas a su sistema de ejecución.

La situación energética de un edificio es particular del mismo, por lo que se debe de estudiar el caso y plantear el mejor sistema adaptado a las necesidades.

3.4.2.1.3.2. POR EL EXTERIOR DE LA MASA TÉRMICA

La colocación del aislamiento más recomendable para conservar el calor es por fuera de la masa térmica, recubriendo por el exterior de muros, techos y suelos. De manera que la masa actúa como un acumulador interno de la vivienda encontrándose aislada del exterior (Zubiri, 2010).

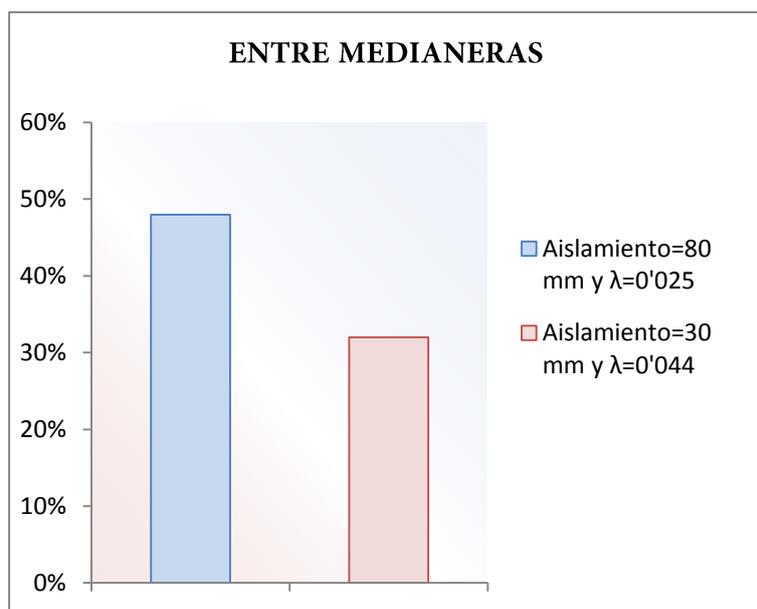
La colocación del aislante térmico por el exterior de todas las fachadas del edificio, puede llegar a reducir el consumo de calefacción y refrigeración entre un 24% y 46% (IVE, 2012b)

Esta reducción del consumo depende de lo siguiente (IVE, 2012b):

- Cuanto mayor sea el espesor del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro.
- Cuanto mayor sea la calidad del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro.
- Cuanto mayor sea el espesor del acabado exterior y mejor sea la calidad del mismo, menor será el consumo y mayor el ahorro.

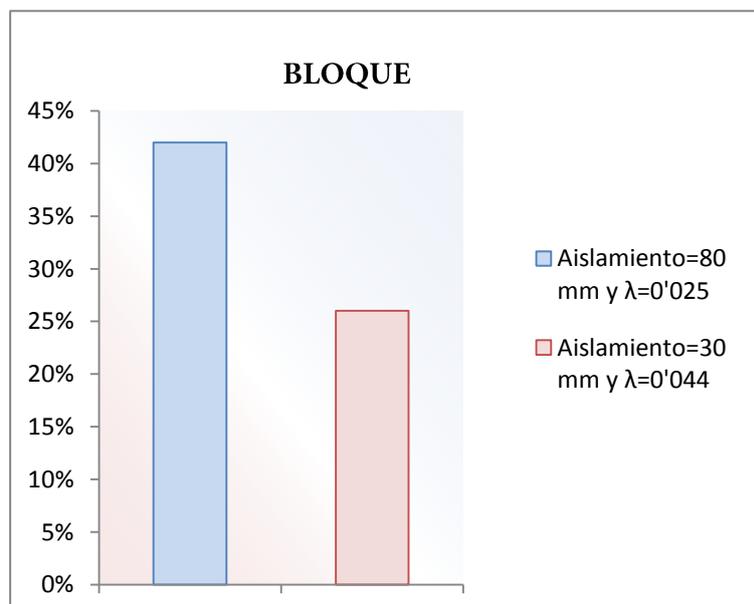
Al igual que se ha realizado en el caso de la colocación del aislante por el interior de la masa térmica, se muestran unos gráficos de barras del ahorro energético producido en el caso de su colocación por el exterior según la tipología descrita en la propia guía del IVE.

Para un edificio entre medianeras



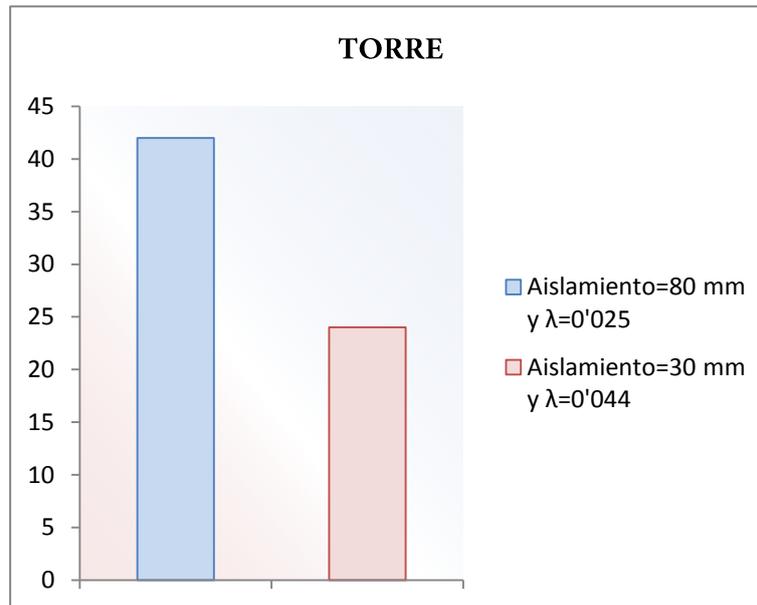
Gráfica 3.4. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio entre medianeras con el aislamiento por el exterior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012b.

En el caso de un edificio en bloque



Gráfica 3.5. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio en bloque con el aislamiento por el exterior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012b.

Y finalmente en un edificio en torre



Gráfica 3.6. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio en bloque con el aislamiento por el exterior de la masa térmica según espesores de 80 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012b.

Los ahorros energéticos, y por lo tanto económicos, dependen de la situación geográfica de la vivienda y del clima.

El aislamiento adecuado de la fachada, con el espesor correspondiente según necesidades, supone una reducción cuantiosa de la pérdida energética.

A continuación se muestra una tabla con las ventajas y desventajas de colocar el aislamiento térmico por el exterior de la masa térmica.

COLOCACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR DE LA FACHADA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ La continuidad del aislamiento reduce los puentes térmicos, reduciéndose las pérdidas energéticas	✓ En general exige un mayor coste económico. No resulta rentable para edificios bajos
✓ Mejoran el aislamiento acústico (en el caso de lanas minerales) y térmico	✓ Es necesaria la modificación de elementos exteriores (balcones, aleros, etc.), para proporcionar el mismo espesor a toda la fachada
✓ Es la mejor solución en el caso de tener que reparar lesiones situadas en el exterior de la fachada	✓ Se requiere del montaje de andamios
✓ Se aprovecha la inercia térmica del soporte	✓ Afecta a la estética del edificio
✓ El desalojo de las viviendas no es necesario	✓ La comunidad de vecinos debe aprobar una reforma de la fachada
✓ Al verse reducida la sollicitación térmica de la estructura, disminuyen los problemas causados por dilatación de la misma	✓ Si el edificio o la fachada está protegida, una actuación de este tipo es prácticamente imposible al verse afectado el exterior
✓ Reduce la filtración de agua en el caso de aislantes no hidrófilos, reduciéndose así la aparición de humedades	
✓ La superficie útil de la vivienda no se ve reducida	
✓ Resulta una protección al cerramiento original alargando la vida útil del mismo	
✓ En el caso de utilizar lanas minerales, al ser porosas se favorece a la "respiración" del edificio	
✓ Las lanas minerales al ser materiales ignífugos proporcionan una protección contra incendios extra	

Tabla 3.8. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico por el exterior. Fuente: elaboración propia a partir de: ISOVER, 2013; IVE, 2012b

Amortización

La proporción de fachada principal con respecto a las secundarias es la misma que la indicada en el anterior punto.

	EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS		EDIFICIO EN BLOQUE		EDIFICIO EN TORRE	
	Cálida	Fría	Cálida	Fría	Cálida	Fría
Coste Instalación	2860€	3640€	2585€	3290€	2035€	2590€
Amortización	64 años	4 años	68 años	4 años	58 años	3 años

Tabla 3.9. Amortización de la inversión de la colocación del aislamiento térmico por el exterior de la masa térmica en función del clima, cálido o frío. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012b

De esta tabla se deducen las siguientes conclusiones:

- A pesar de que la inversión sea superior en los lugares de clima más frío, la amortización es muy inferior a la realizada en los sitios cálidos. Apreciando grandes diferencias en cuanto a los años en que se tarda en amortizar lo invertido si se comparan los dos tipos de clima.
- Se puede decir que la colocación de aislamiento térmico por el exterior de la masa térmica es claramente más rentable en las zonas frías, donde se combate mejor la pérdida energética con este tipo de medidas.

Materiales

En las tablas siguientes se muestran distintos materiales que se pueden colocar para aislar por el exterior.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Espuma de Poliuretano no proyectado (PUR)	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora del aislamiento térmico • Mejora de la estanqueidad • Solución a los puentes térmicos 	<ul style="list-style-type: none"> • La fachada requiere de un tratamiento previo a su colocación

Tabla 3.10. Ventajas y desventajas de la colocación de espuma de poliuretano no proyectado para el aislamiento por el exterior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA, 2008a

MATERIAL	RECOMENDADO	VENTAJAS
Poliestireno Expandido (EPS)	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad al reforzar la fachada para evitar desprendimientos • Mantenimiento y estética de la fachada por el deterioro causado por el clima y los desperfectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de un rejuvenecimiento del aspecto de la fachada • Arreglo de grietas y fisuras en el caso de haberlas evitando filtraciones • Reducidos costes de mantenimiento • Aumento de la vida útil del edificio • Aumenta el valor del inmueble • No se realizan trabajos en el interior de la vivienda evitando así posibles trastornos • Posibilidad de colocar el espesor de aislamiento óptimo

		<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento acústico y térmico • Compatibilidad con todos los tipos de fachada • Compatibilidad con muros con mala planimetría
--	--	--

Tabla 3.11. Ventajas y recomendaciones de la colocación de poliestireno expandido para el aislamiento por el exterior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA, 2008a

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fachada Ventilada con Lana Mineral (Lana de Vidrio)	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de futuras rehabilitaciones al poderse retirar • Con la adecuada ventilación soluciona los posibles problemas de humedades y condensaciones • La superficie del muro no necesita de ningún tratamiento previo a la colocación • Es un material reutilizable • Posibilidad de colocar instalaciones entre aislante y cámara 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la fachada por el exterior entre 20 y 30 cm

Tabla 3.12. Ventajas y desventajas de la colocación de lana mineral en fachada ventilada para el aislamiento por el interior de la masa térmica. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA, 2008a

Cada tipo de material existente en el mercado tiene unas características que deberán ser analizadas previamente para encontrar aquel que se ajuste a las necesidades energéticas.

3.4.2.1.3.3. *POR INYECCIÓN EN LA CÁMARA DE AIRE*

El sistema de aislamiento por cámara de aire, consiste en inyectar material aislante en el espacio vacío creado en la cámara entre las paredes interiores y exteriores de la fachada, de forma que se minimicen las pérdidas energéticas (web 10).

Este aislamiento puede ser necesario bien por su ausencia en la fachada o porque el que hay resulta insuficiente para cubrir con las necesidades (IVE, 2012c).

Anteriormente a la Norma Básica De La Edificación sobre Condiciones Térmicas en los edificios (NBE-CT-79), los edificios están contruidos sin la protección térmica adecuada, es decir, sin el aislamiento térmico (IVE, 2012c).

Incluso aquellos edificios contruidos con posterioridad a esta normativa pueden poseer un deficiente aislamiento, ya sea desde el punto de vista de la calidad del mismo o porque el espesor sea mínimo. Todo esto tiene como consecuencia una elevada cantidad de emisiones de CO₂ y gasto energético (IVE, 2012c).

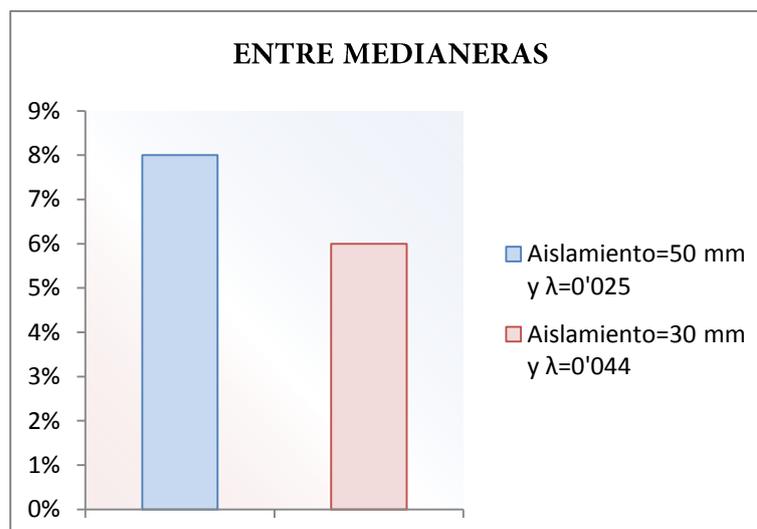
La colocación del aislante térmico por la cámara de aire de todas las fachadas del edificio, puede llegar a reducir el consumo de calefacción y refrigeración entre un 4% y 20% (IVE, 2012c).

La reducción del consumo y emisiones depende principalmente de lo siguiente (IVE, 2012c):

- Cuanto mayor sea el espesor del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro. Este espesor dependerá de las dimensiones cámara de aire del muro.
- Cuanto mayor sea la calidad del aislante, menor será el consumo y mayor el ahorro.
- Cuanto mejor y más homogéneo sea la disposición del aislante en el interior de la cámara se verá reducido el consumo y aumentará el ahorro de energía. Este factor depende de la distribución homogénea del aislante en el interior de la cámara, con espesores constantes y sin interrupciones que puedan producir puentes térmicos.

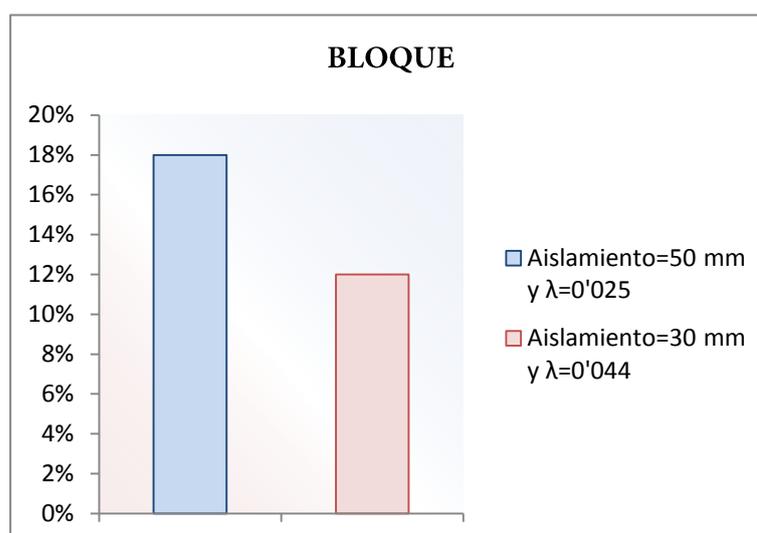
En las siguientes gráficas elaboradas a partir del documento del IVE *“Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la fachada principal de su edificio por la cámara”*, se extrae una valiosa información sobre los distintos ahorros producidos en función de la tipología edificatoria. Al igual que se ha realizado con las anteriores disposiciones del aislamiento en los puntos previos, se analiza también la amortización de la inversión realizada según dos tipos de clima, cálido o frío.

En el caso de edificio entre medianeras



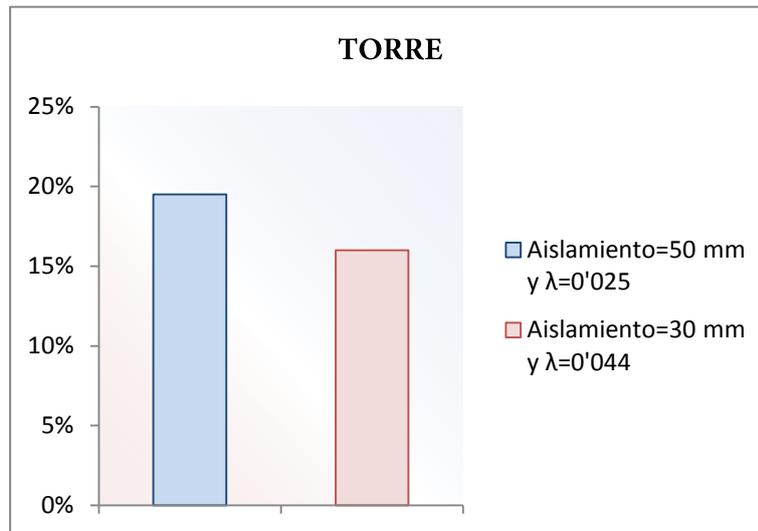
Gráfica 3.7. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio entre medianeras con el aislamiento colocado en el interior de la cámara de aire según espesores de 50 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012c.

Para un edificio en bloque



Gráfica 3.8. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio en bloque con el aislamiento colocado en el interior de la cámara de aire según espesores de 50 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012c.

En el caso de edificio en torre



Gráfica 3.9. Comparativa del ahorro energético en fachadas de un edificio en torre con el aislamiento colocado en el interior de la cámara de aire según espesores de 50 mm o 30 mm. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012c.

Al igual que en los casos anteriores se observa un ahorro superior con espesores mayores de aislamiento que con espesores inferiores.

En la siguiente tabla se muestra las ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento por la cámara de aire.

INYECCIÓN DE AISLAMIENTO POR LA CÁMARA DE AIRE	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ No es necesario que los inquilinos desalojen la vivienda durante el proceso de colocación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La instalación puede dificultarse por la presencia de instalaciones
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El tiempo de colocación del aislante no es muy elevado 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de precisión y experiencia

✓ No se necesita eliminar ningún elemento del muro, por lo que los costes indirectos son bajos	✓ El control de obra debe de ser exhaustivo con el objetivo de evitar discontinuidades
✓ No se necesitan montar andamios	✓ No se tiene accesibilidad al aislamiento en caso de necesidad de realizar un control u operaciones de mantenimiento
✓ No afecta a la apariencia del edificio	✓ Esta posición del aislamiento puede generar puentes térmicos al no garantizarse la continuidad del mismo por toda la superficie
✓ Se reduce el consumo energético de las viviendas	✓ El buen funcionamiento depende en mucha medida de la correcta puesta en obra y el cuidado en su ejecución
✓ Se reducen las emisiones de CO ₂	

Tabla 3.13. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico por la cámara de aire.

Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012c y web 10

Amortización

	EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS		EDIFICIO EN BLOQUE		EDIFICIO EN TORRE	
	Cálida	Fría	Cálida	Fría	Cálida	Fría
Coste Instalación	98€	135€	195€	270€	189€	271€
Amortización	20 años	1 años	17 años	1 años	14 años	1 años

Tabla 3.14. Amortización de la inversión de la colocación del aislamiento térmico por la cámara de aire en función del clima, cálido o frío. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012c

Como se puede observar, en este caso con la colocación en la cámara también la amortización es superior en las zonas frías con respecto a las cálidas. Siendo el ahorro mayor.

Recomendaciones de esta solución

Recurrir a la inyección de material aislante en la cámara es recomendable siempre y cuando se descarten las otras posibilidades existentes, dado que como ya se ha explicado anteriormente, requiere de una cuidada puesta en obra y de especialización por parte del profesional que lo realice para así asegurar el resultado buscado.

En caso de optar finalmente por este método de aislamiento, se deben de realizar las inyecciones por medio de taladros separados como máximo 50 cm de distancia sobre la misma línea. La inyección del producto se realiza de abajo a arriba, empezando por los taladros situados en la parte inferior del muro y ascendiendo lentamente, evitando la aparición de tensiones en la fábrica que puedan provocar su fisuración como consecuencia de la expansión del material (ANDIMA, 2008a).

Hay que tener en cuenta que este sistema no puede asegurar la impermeabilización total del paramento, con todas las consecuencias negativas que un impermeabilización irregular genera (ANDIMA, 2008a).

3.4.2.1.3.4. CONCLUSIONES DE LA COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO POR LA FACHADA

Tras el análisis de los beneficios de la colocación del aislamiento térmico en las distintas posiciones.

- Por el exterior de la masa térmica
- Por el interior de la masa térmica
- Por la cámara de aire

Se puede extraer que resulta más rentable y se produce un mayor ahorro energético en las localizaciones donde el clima es más frío. Resultando el tipo de medida de la que se obtiene mayores beneficios energéticos y económicos a corto plazo en este tipo de ubicaciones.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las tablas de amortizaciones realizadas a partir de los datos del IVE, no distinguen entre los distintos materiales que existen para aislar energéticamente. Por lo que los resultados obtenidos son según posición, luego cada tipo de material tendrá unas propiedades u otras y resultará más o menos rentable según las necesidades y la localización.

3.4.2.1.4. Aislamiento en Cubiertas

A la hora de pensar en la reducción del gasto energético mediante la colocación del aislamiento adecuado, otro elemento a tener en cuenta en un edificio es la cubierta. Ya que es una parte muy expuesta al clima en la que aplicar los criterios térmicos de ahorro energético y en la que se pueden observar unos beneficios elevados (ANDIMA, 2008b).

Un adecuado aislamiento reduce las pérdidas energéticas evitando mayores consumos de energía para la climatización del interior de la vivienda. Impidiendo así que el calor se pierda en la época fría y que se gane en las épocas más calurosas.

El aislamiento de la cubierta se puede realizar tanto por el interior como por el exterior de la misma.



Imagen 3.7. Rehabilitación Energética de los Edificios. Fuente: web 15

Para que el ahorro de energía sea el máximo posible la cubierta debe de tener el aislamiento adecuado, para ello la transmitancia térmica (U) no debe de ser muy alta (IVE, 2012e).

El aislante térmico colocado en la cubierta es el elemento que nos va a permitir reducir esta transmitancia de forma más eficaz, para ello se tendrán en cuenta factores tales como la conductividad y el espesor. De forma que la transmitancia térmica será inferior cuanto menor sea la conductividad y mayor sea el espesor del aislante (IVE, 2012e).

La normativa marca unos valores máximos en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio. Pero mejorando estos valores obligatorios se pueden obtener unas mejoras considerables en cuanto a ahorro energético, llegando a reducirse un 35% las necesidades de calefacción y refrigeración (IVE, 2012e).

A continuación se ha realizado una tabla con las ventajas y los inconvenientes de la colocación del aislamiento térmico en cubiertas.

 AISLAMIERNTO TÉRMICO EN CUBIERTAS 	
 VENTAJAS 	 INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora del aislamiento acústico y aéreo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Si se coloca el aislamiento por debajo del forjado se calentará cuando haya más radiación, lo que en verano no es beneficioso al calentar más el interior de las estancias
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se evitan los procesos de condensación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Al afectar al edificio en general, es una actuación que requiere del permiso de la comunidad de vecinos
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se reducen las pérdidas energéticas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es importante tener en cuenta el drenaje y resolver adecuadamente los encuentros

	en las esquinas.
✓ Aprovechamiento de la inercia térmica del soporte si se coloca por la parte superior	✓ La intervención por el exterior resulta más costosa que por el interior
✓ Se pueden corregir lesiones en la cubierta	

Tabla 3.15. Ventajas y desventajas generales de la colocación del aislamiento térmico en la cubierta.

Fuente: elaboración propia a partir de ATECOS, 2010-2012e; IVE, 2012d; IVE, 2012f

3.4.2.1.4.1. AISLAMIENTO TÉRMICO POR LA PARTE INFERIOR DE LA CUBIERTA

En este caso ocurre lo mismo que en el aislamiento de las fachadas, cuando el aislamiento de las cubiertas es reducido o inexistente los edificios consumen una cantidad elevada de energía que se puede minimizar colocando el aislamiento adecuado.

La colocación del aislante térmico por el interior de la cubierta del edificio, puede llegar a reducir el consumo de calefacción y refrigeración entre un 5% y 17% (IVE, 2012d).

La decisión de situar el aislamiento térmico por cara inferior de la cubierta viene condicionada principalmente por (IVE, 2012d):

- No es necesario realizar trabajos de impermeabilización por el exterior de la cubierta.
- No se necesitan realizar reparaciones o arreglos por la parte exterior de la cubierta.
- No es posible realizar la colocación por el exterior.
- Existe la altura entre plantas suficiente en la vivienda situada debajo de la cubierta como para poder llevar a cabo este procedimiento.

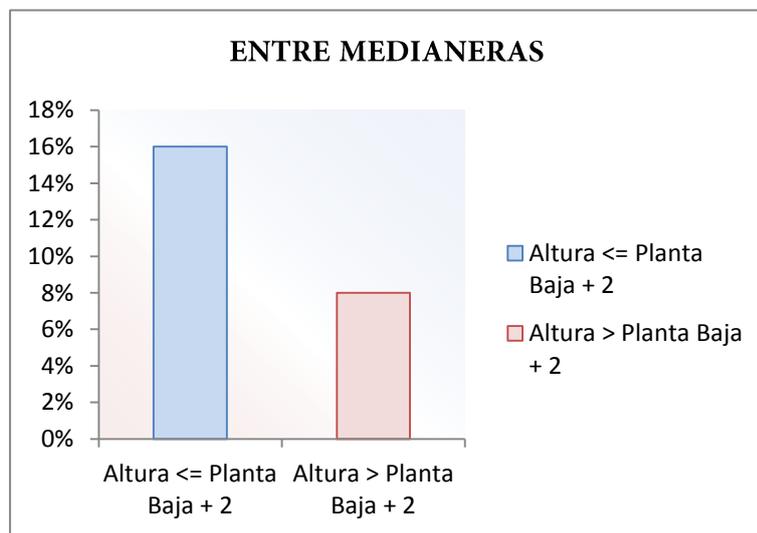
Por lo tanto para la reducción del consumo y mejorar el ahorro energético se depende de una serie de factores que hay que considerar (IVE, 2012d):

- Cuanto mayor sea el espesor del aislante, mayor será el ahorro energético y menores los consumos.

- Cuanto mayor sea la calidad del aislante, mayor será el ahorro energético y menores los consumos.
- Cuanto mayor sea la proporción de la cubierta con respecto al total de la envolvente del edificio (cuanto menor sea la altura del edificio), mayor será el ahorro energético y menores los consumos.
- Una correcta ejecución conlleva una reducción de los puentes térmicos, ahorrando en energía y reduciendo los consumos.

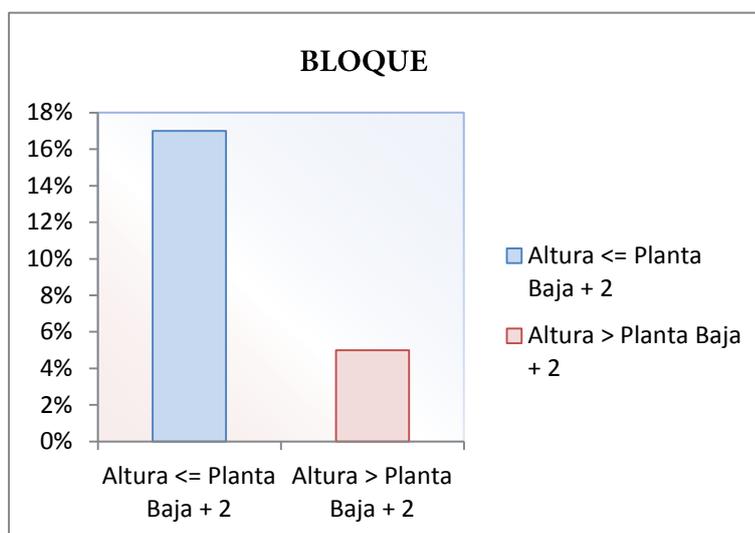
Las siguientes gráficas muestran el porcentaje de ahorro que se produce si se coloca el aislamiento térmico por el interior de la cubierta. Los datos se han extraído del documento del IVE “Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la cubierta de su edificio por el interior”, donde se observa la variación en función de las alturas del inmueble.

Edificio entre medianeras



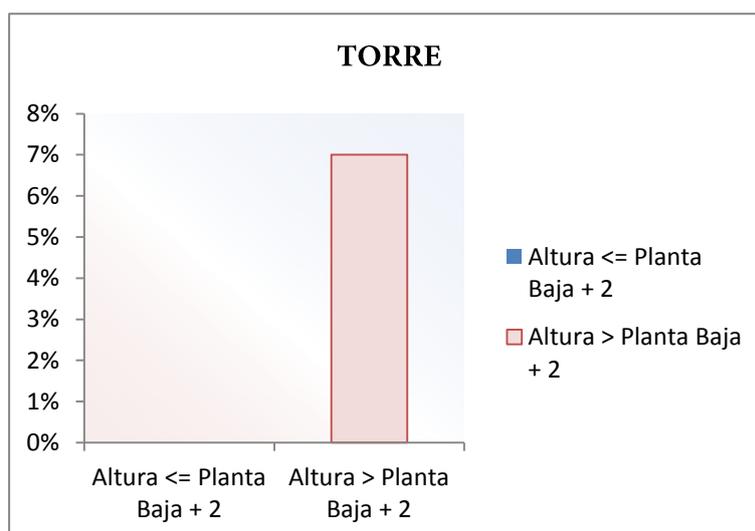
Gráfica 3.10. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio entre medianeras con el aislamiento colocado en la parte inferior de la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012d.

Para un edificio en bloque



Gráfica 3.11. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio en bloque con el aislamiento colocado en la parte inferior la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012d.

En el caso de un edificio en torre



Gráfica 3.12. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio en torre con el aislamiento colocado en la parte inferior de la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012d.

En cualquiera de los casos se observan ahorros energéticos con la colocación del aislamiento adecuado, que son superiores en el caso de que el edificio tenga una altura igual o inferior a dos plantas. Para el edificio en torre solo se puede contemplar la comparativa con una altura superior a dos plantas.

Es importante considerar que los ahorros serán siempre superiores cuando el edificio se encuentre en el caso de que no disponga de ningún tipo de aislamiento térmico. Por lo tanto, estos casos serán los que tengan más porcentaje de ahorro.

En la tabla siguiente se muestran las ventajas y desventajas de colocar el aislante térmico en esta posición en la cubierta.

COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL INTERIOR DE LA CUBIERTA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Resulta la solución más económica si no es necesaria la realización de algún tipo de intervención por lesiones existentes	✓ No es adecuada en caso de ser necesaria la colocación de impermeabilización o arreglar la cubierta por la parte exterior
✓ Se evita levantar la parte superior de la cubierta	✓ Requiere de precisión y experiencia
✓ Mejora el aislamiento acústico y aéreo	✓ El control de obra debe de ser exhaustivo con el objetivo de evitar discontinuidades
✓ Permite la rehabilitación estética de la parte interior de la cubierta, mejorando los acabados y eliminando fisuras	✓ Existen riesgo de condensación, por lo que la colocación de una barrera de vapor será necesaria
✓ El montaje se realiza más rápido en el caso de ser por placas de yeso laminado, lo que permite que no se desaloje la vivienda durante los trabajos	✓ Esta posición del aislamiento genera puentes térmicos al no garantizarse la continuidad del mismo por toda la superficie

<p>✓ En el caso de edificios con algún grado de protección de patrimonio esta intervención resulta la más adecuada</p>	<p>✓ Se pierde altura libre de la vivienda. Debiéndose prever unos 10 cm para la colocación de los anclajes y sistemas de nivelación</p>
<p>✓ La velocidad de calentamiento y enfriamiento es superior, al no tener que calentar también la masa térmica. Por lo que en el caso de ser una vivienda de ocupación esporádica, es la mejor solución al alcanzar la temperatura deseada más rápido.</p>	

Tabla 3.16. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico por la parte inferior de la cubierta. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012d; ANDIMAT, 2010; web 5c

3.4.2.1.4.2. AISLAMIENTO TÉRMICO POR LA PARTE EXTERIOR DE LA CUBIERTA

La colocación de aislamiento por la parte exterior de la cubierta puede ser necesaria bien por la ausencia del mismo o porque sea insuficiente. En cualquier caso su colocación supone una reducción del consumo energético con el consecuente ahorro que supone.

También se puede aprovechar esta situación para intervenir la azotea en caso de ser necesario. En las cubiertas inclinadas se puede manifestar esta necesidad por las filtraciones de agua producidas, y en el caso que no se observen, un vistazo por la parte superior de la misma puede servir para encontrar indicios de la necesidad de una rehabilitación más profunda (ANDIMA, 2008b).

Sea necesaria su rehabilitación o no, la colocación correcta del aislamiento supone claros beneficios energéticos.

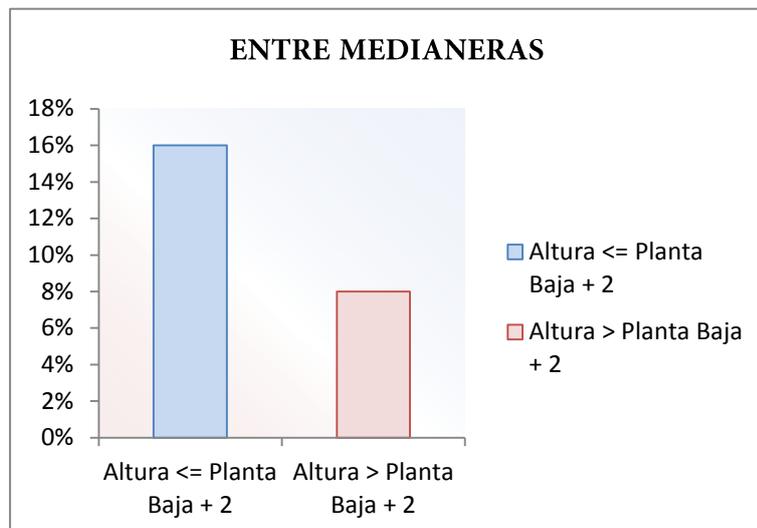
La colocación del aislante térmico por el exterior de la cubierta del edificio, puede llegar a reducir el consumo de calefacción y refrigeración entre un 5% y 17% (IVE, 2012f).

Al igual que pasa cuando el aislamiento se coloca por la parte inferior de la cubierta, el ahorro energético dependerá principalmente de los mismos condicionantes (IVE, 2012f):

- Cuanto mayor sea el espesor del aislante, mayor será el ahorro energético y menores los consumos.
- Cuanto mayor sea la calidad del aislante, mayor será el ahorro energético y menores los consumos.
- Cuanto mayor sea la proporción de la cubierta con respecto al total de la envolvente del edificio (cuanto menor sea la altura del edificio), mayor será el ahorro energético y menores los consumos.
- Cuanto mejor sea la ejecución del mismo menores serán los puentes térmicos, por lo que se reducirá el consumo y el gasto energético.

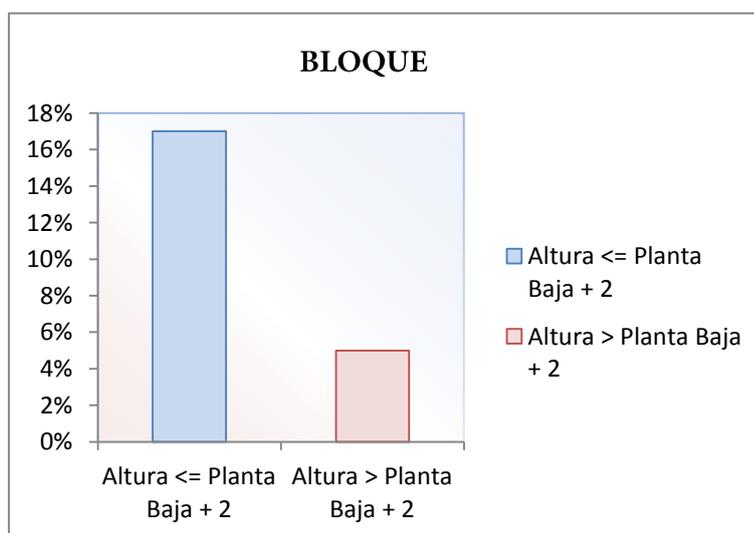
A continuación se muestran unas gráficas elaboradas a partir de datos del documento del IVE *“Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la cubierta de su edificio por el exterior”*, en el que se analiza según la tipología de edificio que se está tratando; edificio entre medianera, en bloque y en torre, y según las alturas del mismo. Cuánto ahorro se produce a la hora de colocar el aislamiento térmico.

Edificio entre medianeras



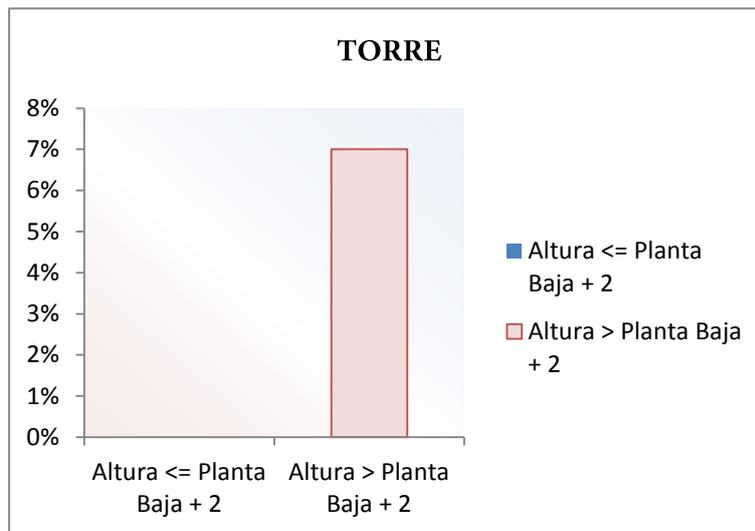
Gràfica 3.13. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio entre medianeras con el aislamiento colocado en la parte superior de la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012f

Para un edificio en bloque



Gràfica 3.14. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio en bloque con el aislamiento colocado en la parte superior de la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012f.

En el caso de un edificio en torre



Gráfica 3.15. Comparativa del ahorro energético en la cubierta de un edificio en torre con el aislamiento colocado en la parte superior de la cubierta según la altura del inmueble. Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012f

Los ahorros energéticos son los mismos en el caso de la colocación del aislamiento en la parte superior o en la parte inferior. Hay que tener en cuenta que estos datos aportan un porcentaje de ahorro aproximado, puesto que además de las alturas hay que tener en cuenta la zona climática, los espesores y el tipo de aislamiento seleccionado.

Sin embargo de estos datos sirven para extraer una idea fundamental, la importancia real de la colocación del aislamiento térmico en los edificios. Es una manera clara de observar cómo influye en el gasto energético de una vivienda y hasta donde se puede llegar con su correcta colocación.

Aunque cada caso debe de analizarse de manera particular, ya que cada edificio se encontrará en unas condiciones y expuesto a un determinado clima, lo que llevará a unas necesidades determinadas, no se pueden aportar soluciones estándares para un tipo de edificio modelo, cada uno es un caso particular que ofrecerá distintos retos a la hora de mejorar su estado y necesidades.

La colocación del aislamiento por el exterior presenta una serie de ventajas y desventajas que se muestran en la tabla a continuación:

COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR DE LA CUBIERTA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Aprovecha la inercia del soporte	✓ El coste suele ser superior que si se realiza por el interior de la cubierta
✓ Si se necesitan realizar reparaciones por el exterior, es la solución más aconsejable	✓ Se necesita del permiso de la comunidad de vecinos al afectar a toda la vivienda
✓ No se pierde altura útil de la vivienda	✓ Se debe tener precaución con los encuentros con la cubierta y el drenaje. Hay que evitar filtraciones
✓ No se interfiere en la vida de los usuarios del piso inferior	
✓ Se reducen los riesgos de condensación	

Tabla 3.17. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico por el interior de la cubierta.

Fuente: elaboración propia a partir de IVE, 2012f; ANDIMAT, 2010

3.4.2.1.5. Acristalamientos y Carpinterías

La colocación de un acristalamiento adecuado es un factor condicionante a la hora de reducir el consumo energético. Una superficie acristalada transmite mayor energía de lo que lo haría un muro sólido, por lo que controlar este aspecto no sólo mejora la eficiencia del edificio sino que aumenta el confort térmico en el interior (Zubiri, 2010 y ANDIMAT, 2010).

Es importante aislar, puesto que durante las horas de sol el acristalamiento actúa de forma eficaz captando la radiación solar pero por la noche pierde calor por conducción. La colocación de un vidrio doble solucionaría estas pérdidas, aunque también reduciría la captación de calor durante las horas de sol (Matute, 2014).

En el caso de edificios históricos, seguramente no se puedan efectuar intervenciones de gran envergadura en fachada y cubierta, por lo que un cambio de acristalamiento es una solución viable y asequible que mejora la situación energética del recinto. La sustitución por un vidrio de doble acristalamiento otorgaría un claro ahorro energético (ANDIMAT, 2010).

Las ventajas más importantes que se obtienen del cambio del acristalamiento son principalmente (ANDIMAT, 2010):

- Se reducen las emisiones de CO₂, por lo que se reduce la contribución del efecto invernadero
- Aumento del confort térmico en el interior
- Reducción de la pérdida energética
- En el caso de existencia de condensaciones en el interior, se verán reducidas considerablemente
- Mayor aislamiento acústico
- Mayor aislamiento térmico

- No se necesita el desalojo de la vivienda
- La inversión se puede hacer de forma gradual, y se amortizará a los años de su instalación
- No implica pérdida de la superficie útil de la vivienda

Definitivamente la reducción de la pérdida energética resultante por medio del cambio de acristalamiento resulta un método sencillo y eficaz a tener en cuenta en cualquier actuación en edificios existentes. Suponiendo una inversión inicial que se amortizará en unos años con el ahorro energético producido.

3.4.2.1.5.1. *MARCOS*

El marco de una ventana supone entre un 25% y un 35% de la superficie de la misma. Para evaluar la capacidad aislante del elemento hay que valorar el coeficiente “U” o la transmisión térmica que tiene. Cuanto menor sea este coeficiente, mejor aislante será el perfil al permitir un reducido flujo de calor a través de él (Matute, 2014).

El coeficiente “U” representa la transferencia térmica a través del marco o del vidrio, ya sea por conducción, convección y radiación. Es el flujo de calor que atraviesa entre la cara interior y exterior de 1 m² de vidrio para una diferencia de temperatura de 1°C. Por lo tanto, cuanto menor sea, más aislante será el vidrio (Serrano, 2014).

En la norma UNE-EN ISO 10077-1 vienen definidos los tipos de marco y su transmitancia térmica.

Tipos de marcos según materiales y cámaras (ANDIMA-IDAE, 2008b; Matute, 2014; Serrano, 2014):

- Marco metálico: marcos realizados habitualmente en aluminio y acero con diferentes acabados.

- Marco metálico con RPT (rotura del puente térmico): incorpora uno o varios elementos separadores en su sección de baja conductividad térmica, produciéndose así la rotura del puente térmico al separar los elementos interiores de los exteriores. Reduce el paso de la energía por lo que se mejora considerablemente su comportamiento térmico.
- Marco de madera: la madera es un material con baja conductividad térmica, siendo éste un material que impide la transmisión de energía. El inconveniente resulta de su mantenimiento, ya que se degrada con el tiempo si está expuesto a la intemperie. Debe de mantenerse en un estado óptimo mediante la aplicación de los productos superficiales adecuados. Es un material eficiente si se mantiene en óptimas condiciones.
- Marco de PVC: carpinterías formadas por huecos de PVC. Es eficiente energéticamente
- Otro tipo: existen otro tipo de marcos que combinan distintos materiales como madera-aluminio, aluminio-madera, metálicos con RPT y relleno de espuma aislante, etc.

TIPO DE MARCO	EFICIENCIA Y AISLAMIENTO TÉRMICO
MARCO METÁLICO	✘
MARCO METÁLICO CON RPT	✓ ✓
MARCO DE MADERA	✓
MARCO DE PVC	✓ ✓ ✓

Tabla 3.17. Comparativa de la eficiencia de los distintos marcos. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMA-IDAE, 2008b; Matute, 2014; Serrano, 2014

3.4.2.1.5.2. VIDRIOS

El vidrio es un elemento de elevada importancia en la ventana si tenemos en cuenta la superficie que ocupa con respecto al cerramiento. Existen productos en los distintos catálogos comerciales con diferentes tipos de vidrios para el aislamiento térmico y protección de la radiación solar, que mejoran su función mediante la combinación con otras prestaciones como; el aislamiento acústico, mayor seguridad ofreciendo más resistencia a la rotura, estética variada, opción de autolimpiado, etc. (ANDIMA-IDAE, 2008b).

Al igual que en el caso de los marcos, el factor condicionante del vidrio es el coeficiente de transferencia térmica “U” (W/m^2K), y su factor solar (g) (ANDIMA-IDAE, 2008b).

El factor solar “g” es la relación entre la energía que entra a través de la ventana, es decir, la suma de la que entra por transmisión directa y la que se radia tras el calentamiento del vidrio por absorción, por medio del vidrio, y la energía solar que incide en él (Serrano, 2014).

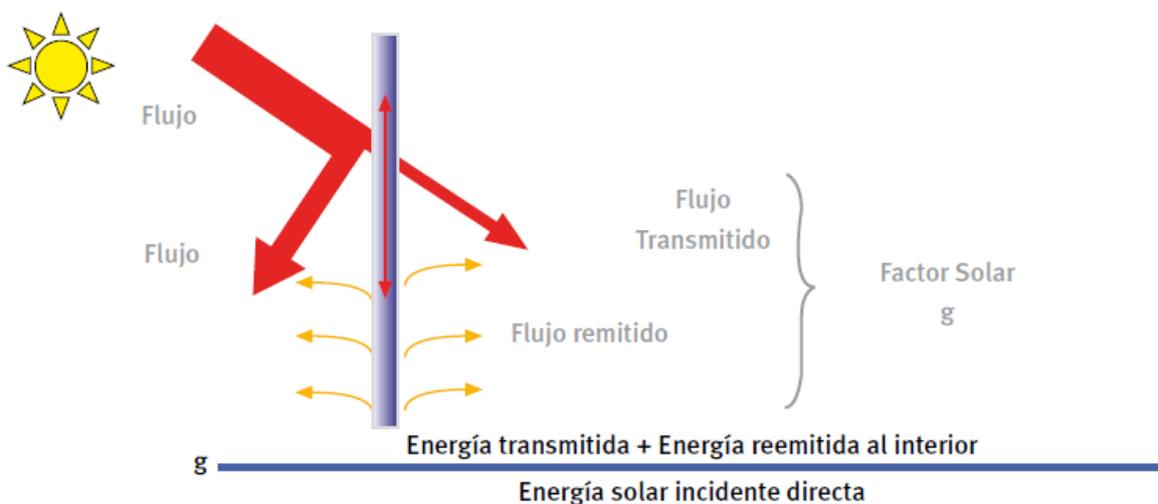


Imagen 3.8. Factor solar “g”. Fuente: ANDIMA-IDAE, 2008b

La clasificación de los vidrios depende de la configuración que presentan y la disposición de capas metálicas que mejoren sus propiedades de aislamiento térmico y control de la radiación solar.

Tipos de vidrios (ANDIMA-IDAIE, 2008b; Matute, 2014):

- Vidrio sencillo (monolítico): vidrios que están compuestos por una hoja de vidrio o por dos o más hojas unidas en sí, vidrios laminares. Existen distintos tipos de vidrios monolíticos según distintas necesidades, como los vidrios coloreados, impresos, de seguridad...
- Vidrio de baja emisividad: estos vidrios son monolíticos sobre los que se ha proyectado una fina capa de óxidos metálicos. Con la característica de que la capa proyectada baja la emisividad del cristal y reduce la transferencia por radiación de calor.
- Doble acristalamiento de ATR o Aislamiento Térmico Reforzado: son vidrios con doble acristalamiento en los que la capa interna de uno de los cristales presenta un tratamiento que baja la emisividad del cristal y funciona como aislante térmico. El espesor de la cámara interna varía entre 6mm y 16mm, cuanto mayor sea este espesor menores pérdidas energéticas.

El empleo de cristales con este tratamiento mejora la eficiencia energética de una forma mayor que con acristalamientos dobles normales, puesto que el aislamiento térmico es superior.

- Vidrio aislante (UVA) o Doble acristalamiento: formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separadas entre ellas por espaciadores. Tienen que estar herméticamente cerrados para que el aire interior de las cámaras permanezca inalterable, de forma que con la baja conductividad del aire se reducen las transmisiones térmicas.

Al aumentar el espesor de las cámaras se reduce la transmisión de calor hasta el umbral de los 17mm, sobrepasado este límite se producen fenómenos de convección en el interior que perjudican la actuación del conjunto como aislante.

Para mejorar su capacidad aislante se pueden integrar vidrios de baja emisividad o ATR.

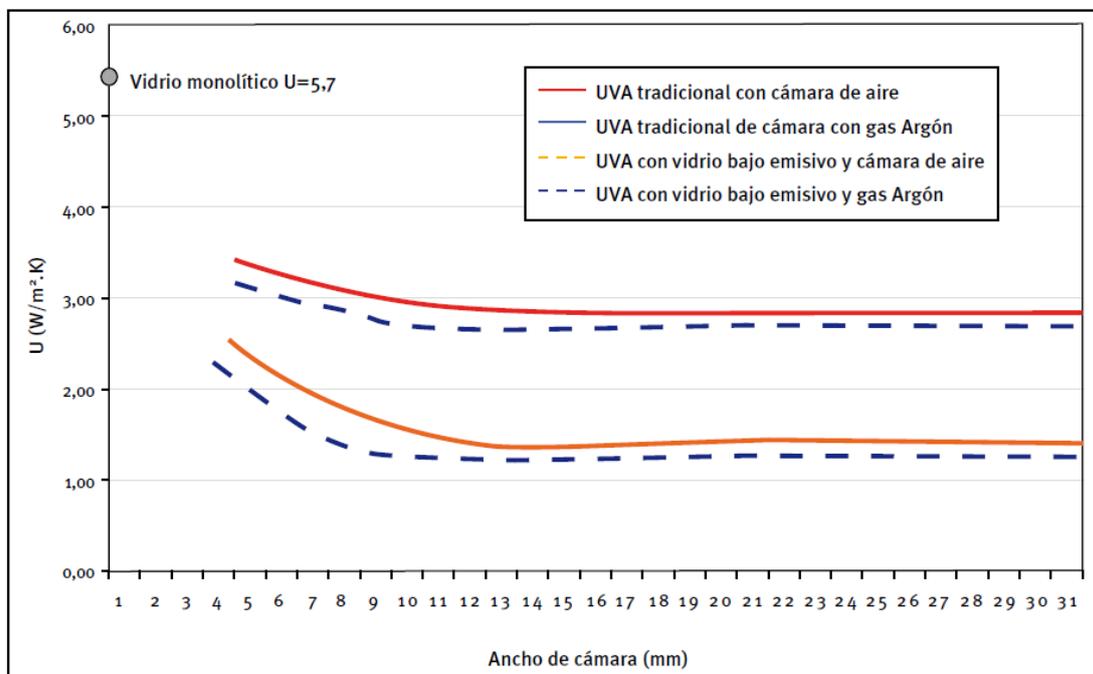


Imagen 3.9. Relación entre la transmitancia y el espesor de la cámara para distintas UVAs. Fuente: ANDIMA-IDAE, 2008b

- Vidrio de control solar: los vidrios a los que normalmente se refieren cuando se habla de control solar son los vidrios de capa. Pueden ser vidrios con distintas características tales como los de color o serigrafiados.

Las diferentes capas y la posibilidad de aplicación en los distintos sustratos permiten conseguir distintas estéticas con prestaciones térmicas.

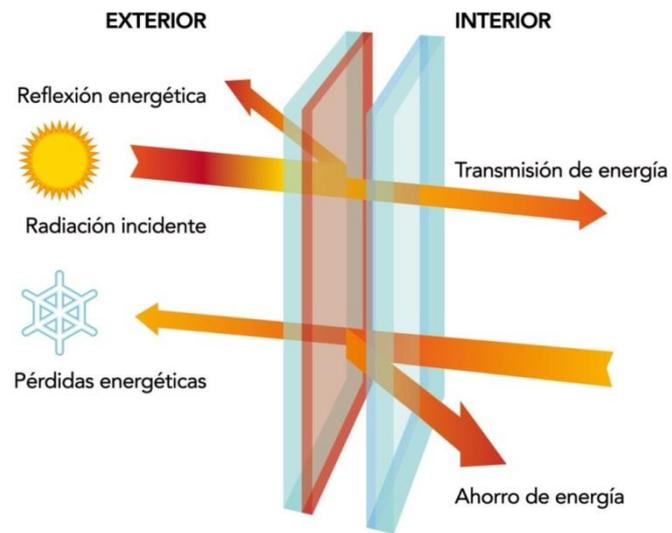


Imagen 3.10. Vidrio doble para el control solar. Fuente: web 13

3.4.2.1.6. Aislamiento Térmico de Instalaciones

El aislamiento de las instalaciones contribuye al ahorro y aumento de la eficiencia energética en el ámbito de la edificación, de forma que resulta un punto a estudiar para conseguir construcciones lo más eficientes posibles (web 16; ANDIMAT, 2010; ATECOS, 2010-2012f).

La eficiencia energética de las instalaciones se consigue entre otras aplicaciones mediante el aislamiento de tuberías por las que circulan los fluidos fríos o calientes que vienen de los distintos equipos de generación de calor en las instalaciones de: climatización, calefacción, agua caliente sanitaria y energía solar térmica (web 16; ANDIMAT, 2010; ATECOS, 2010-2012f).

3.4.2.1.6.1. *TIPOS DE AISLANTES EN INSTALACIONES*

Existen diferentes soluciones y materiales comerciales para este tipo de aislamientos, algunos de ellos son (ATECOS, 2010-2012f; web 16):

- Coquillas de Espuma Elastomérica: aislamiento térmico de caucho sintético con una estructura celular cerrada. Se utiliza para el aislamiento térmico de tuberías, si son coquillas, y para el aislamiento térmico de los conductos y accesorios de climatización si están en forma de planchas.

Es un material con gran flexibilidad y baja conductividad térmica.

- Coquillas de Lana Mineral: excelente aislante térmico y acústico. Debido a su baja conductividad térmica y sus propiedades como aislante acústico es un excelente material a emplear como aislante de tuberías y accesorios.
- Coquillas de Polietileno: aislante térmico que se presenta en forma de coquillas. Su flexibilidad le permite adaptarse a la forma de las tuberías y su recorrido. En comparación con los materiales mencionados tiene una conductividad térmica mayor, por lo que resulta un aislante menos eficaz.

3.4.2.1.6.2. CRITERIOS TÉCNICOS DEL AISLANTE TÉRMICO EN INSTALACIONES

Para la elección del aislante resulta fundamental tener en cuenta una serie de criterios técnicos que nos faciliten encontrar el material adecuado (web 16).

- Conductividad Térmica: El aislamiento térmico será mejor conforme sea menor la conductividad térmica del material aislante.
- Espesor: Cuanto mayor sea el espesor del aislante, mejor su aislamiento térmico. Viene dado por los fabricantes en milímetros, y dependiendo de la temperatura de los fluidos que irán por la tubería y del diámetro de la misma se establecerán unos diámetros según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).
- Rango de Temperaturas de Trabajo: resulta fundamental conocer que temperaturas máximas y mínimas alcanzan los materiales.
- Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua: valor adimensional que indica la capacidad de resistir el paso del vapor de agua del aislamiento comparándolo con el aire.

3.4.2.1.6.3. AMORTIZACIÓN Y VENTAJAS DE SU COLOCACIÓN

Aislar las instalaciones es un medio eficaz de ahorro energético en la edificación, ya sea por una obra de rehabilitación con el objetivo de mejorar en el ahorro energético o una obra de nueva construcción que cumple con la normativa vigente.

La amortización de lo invertido, considerando la no existencia de aislamiento previamente, se recupera en un periodo comprendido entre los 6 meses y un año. Consiguiendo **ahorros energéticos entorno al 85%-90%** si se compara igualmente con la instalación sin aislar (web 16).

En el gráfico siguiente de SH Armaflex de ISOVER se muestran los ahorros energéticos en función del diámetro de tubería y espesor (web 16).

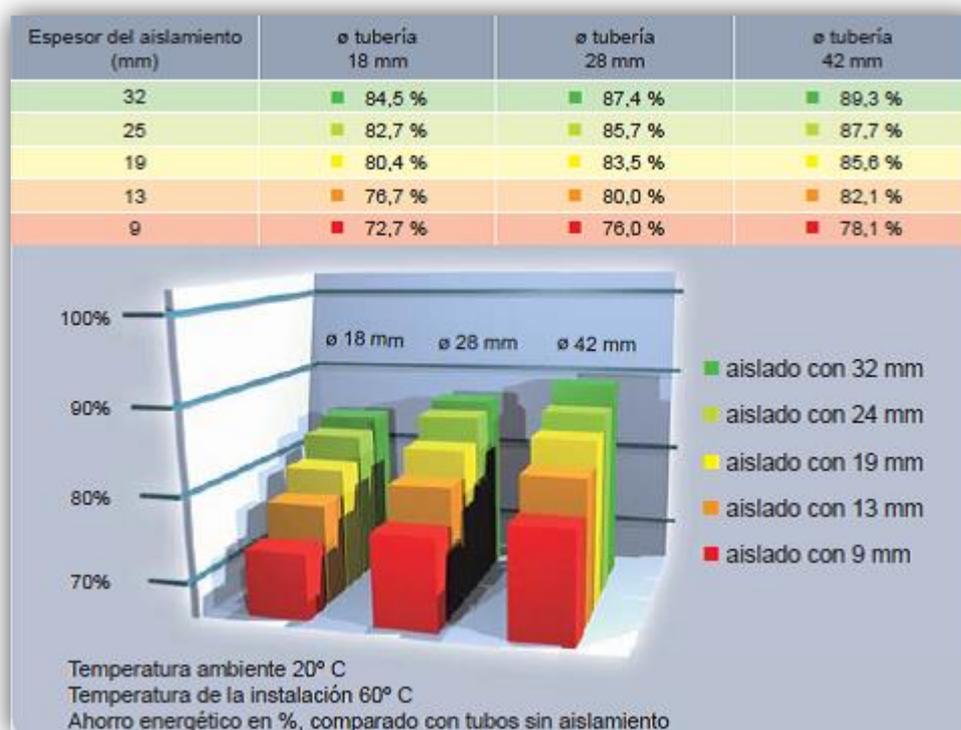


Imagen 3.10. Ahorros Energéticos según espesor y diámetro de tubería. Fuente: web 16

COLOCACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN INSTALACIONES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Evita las pérdidas energéticas que se producen por el almacenamiento del agua y durante el transporte.	✓ Necesidad de aprobación por la comunidad de vecinos si afecta a edificio en general
✓ Reduce las condensaciones.	✓ Interfiere con la el desarrollo de la vida de las personas que habitan la vivienda
✓ Retrasa la congelación.	✓ En los edificios históricos protegidos las intervenciones deben de afectar mínimamente. La actuación estará muy acotada.
✓ Mejora el rendimiento de la instalación	
✓ Reduce los ruidos provocados por las instalaciones de aire acondicionado. La colocación de materiales flexibles puede llegar a reducir las emisiones de ruido en 25 db (A).	
✓ En el caso de edificios históricos donde no se pueden realizar grandes intervenciones, colocar espumas flexibles es una forma rápida y eficaz de mejorar su eficiencia.	
✓ Amortización relativamente rápida entre 6 meses y un año	
✓ Ahorro económico al reducirse la pérdida energética	

Tabla 3.18. Ventajas y desventajas de la colocación del aislamiento térmico en las instalaciones. Fuente: elaboración propia a partir de ANDIMAT, 2010; Rivas, 2013; ATECOS, 2010-2012f

3.4.2.1.7. Espacios Tapón

Son espacios que están adosados a la vivienda, su utilización es baja y realizan un efecto aislante entre el interior de la vivienda y el exterior (Hernández, 2014; web 18).

Estos espacios colocados adecuadamente pueden mejorar en cierta medida la eficiencia energética de la vivienda (Hernández, 2014; web 18).

Son lugares cuyo confort térmico es reducido al no disponer habitualmente de aislamiento térmico. No están acondicionados adecuadamente para vivir dado que se suponen espacios de uso esporádico (Hernández, 2014; web 18).

Los principales espacios tapón que se encuentran en una edificación suelen ser: el desván, garaje, invernadero... Habitáculos que no solemos encontrar en edificios de dimensiones más elevadas sino más bien en viviendas de una o dos plantas (Hernández, 2014).

En el caso del garaje, una solución eficiente sería colocarlo en la fachada de la vivienda que soporte más inclemencias ambientales a lo largo del año (Hernández, 2014).

En España la fachada norte es la más fría, por lo que será el sitio adecuado para colocar estos espacios y así protegerla del frío del invierno. Si se quiere prevenir el calor en verano sería adecuado ubicar un espacio tapón en la fachada que recibe más radiación, la sur (web 19).

El desván es un espacio de la vivienda que en ocasiones está destinado a un uso mínimo, por lo que no se encuentra aislado correctamente para realizar actividades de manera más continuada. En el caso de querer cambiar su uso se debe aislar correctamente para evitar las pérdidas energéticas que se originan al climatizarlo (Hernández, 2014).

Se pueden colocar aberturas en el desván que actúen a modo de captación solar pasiva, cerrando estos huecos en invierno para aumentar la temperatura y abriendo en verano para permitir la ventilación del espacio por efecto de la convección (Hernández, 2014).

3.4.2.2. MASA TÉRMICA

La inercia térmica es la propiedad del cerramiento que indica la cantidad de calor que puede almacenar y la velocidad a la que lo absorbe o pierde con el entorno. Principalmente esta propiedad depende de las características de la fachada: el material con que está hecha, el espesor que tiene y la densidad (Zubiri, 2010).

En líneas generales, cuanto mayor sea el peso específico de los materiales utilizados para el muro mayor será su capacidad de almacenar calor, por lo que su masa térmica será elevada (Pastormerlo y Souza, 2013).

Cuanto mayor sea la inercia térmica del muro mayor será su resistencia a aumentar la temperatura puesto que el reparto a lo largo de todo su volumen es mayor (Zubiri, 2010). Por lo que el empleo de materiales con una masa térmica elevada puede reducir las necesidades de climatización en un 25% si se compara con viviendas con envolventes construidas con materiales más ligeros (Pastormerlo y Souza, 2013).

Así pues al proyectar la envolvente de la vivienda con materiales que tengan una masa térmica elevada, se reducen los cambios de temperatura bruscos que los usuarios pueden experimentar en el interior. De forma que la temperatura es estable y moderada durante todo el año, obteniendo un mejor nivel de confort (Pastormerlo y Souza, 2013; Zubiri, 2010).

Mediante el diseño solar pasivo de la edificación, se puede aprovechar la energía solar incidente para que en climas templados se reduzca la necesidad de utilizar calefacción por la noche (Pastormerlo y Souza, 2013).

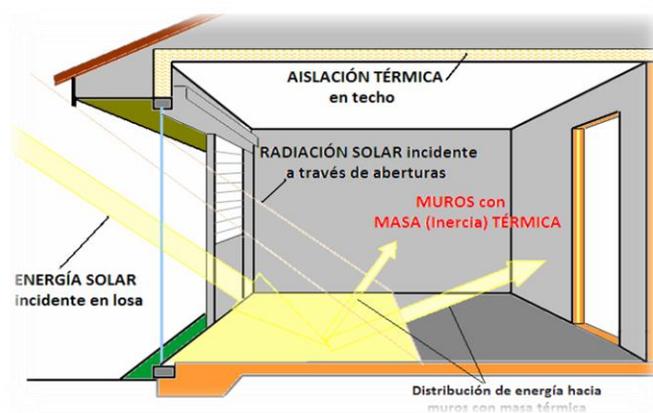


Imagen 3.11. Incidencia de la energía solar en los elementos de la envolvente. Sistema Solar Pasivo.
 Fuente: Pastormerlo y Souza, 2013

En el invierno el muro con elevada masa térmica capta radiación solar durante todo el día, que libera lentamente durante la noche evitando las variaciones de temperaturas en el interior que pueden provocarse por la ausencia de la fuente de calor. De esa manera se reduce la necesidad de consumo de calefacción por la noche (Zubiri, 2010).



Imagen 3.12. Funcionamiento de la masa térmica en invierno. Fuente: Pastormerlo y Souza, 2013

En el verano sin embargo actúa almacenando el calor que se forma en el interior de la vivienda y lo libera por la noche. De forma que durante el día reduce la temperatura en el interior (Zubiri, 2010).

Al estar la envolvente a una temperatura inferior que el medio que la rodea durante el día, actúa disipando el calor, absorbiendo el calor del medio consiguiendo bajar la temperatura interior. De manera que en climas de calor no extremo puede reducirse el consumo de refrigeración y el consecuente ahorro energético (Pastormerlo y Souza, 2013; Zubiri, 2010).

Durante la noche el calor se libera lentamente de los muros disipándose con las corrientes de aire que se generan con la ventilación natural. Estas temperaturas pueden ser un poco mayores en el caso de utilizar materiales con baja inercia térmica en la envolvente, aunque se considera que siguen estando en la zona de confort (Pastormerlo y Souza, 2013; Zubiri, 2010).

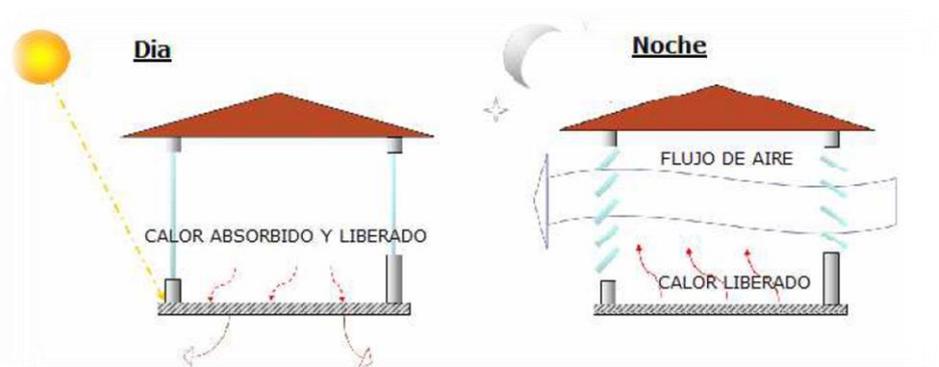


Imagen 3.13. Funcionamiento de la masa térmica en verano. Fuente: Pastormerlo y Souza, 2013

El terreno como masa térmica. El contacto de los muros con el terreno también sirve para mejorar las oscilaciones de temperatura debido a su elevada inercia térmica. La temperatura a una determinada profundidad es constante, no varía, por lo que contribuye al mantenimiento de la temperatura de la vivienda al ser mayor que la temperatura exterior en invierno y menor en verano (Zubiri, 2010).

Sin embargo este diseño sirviéndose del terreno tiene sus desventajas, como pueden ser los problemas con las humedades en el muro por absorción del suelo.

MASA TÉRMICA EN FACHADAS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Una masa térmica elevada puede reducir las necesidades de climatización un 25%	✓ Necesidad de mayor tiempo para alcanzar la temperatura de confort en el interior de la vivienda
✓ Temperatura moderada durante todo el año	✓ No es buena solución en el caso de querer alcanzar una determinada temperatura interior rápidamente. Como en el caso de casas de vacaciones
✓ Se reducen los cambios bruscos de temperatura	✓ Mayor gasto de calefacción o refrigeración si se desea calentar o enfriar rápidamente
✓ En invierno se reduce la necesidad de calefacción por la noche	
✓ En verano se reduce la necesidad de refrigeración por la noche	

Tabla 3.19. Ventajas y desventajas del empleo de muros de elevada inercia térmica. Fuente: elaboración propia a partir de Pastormerlo y Souza, 2013; Zubiri, 2010

3.4.2.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLAR PASIVOS

Son sistemas que forman parte del edificio (muros, ventanas, cubiertas) o elementos que han sido diseñados para tal fin (galerías, invernaderos adosados), con los cuales la vivienda es capaz de captar la máxima radiación solar posible (ATECOS, 2011b).

Para cubrir la demanda de calefacción en una edificación concebida bajo los principios bioclimáticos la radiación solar es la principal fuente de energía. La concepción y diseño del edificio debe de realizarse intentando realizar el máximo aprovechamiento sin utilizar otro tipo de sistemas alternativos que generen gasto energético (Zubiri, 2010).

El uso de ventanas permite que la radiación solar entre en el interior de la vivienda produciéndose así el efecto invernadero, por el cual la radiación que se introduce por los huecos calienta paredes, techos, suelos y mobiliario del interior del recinto. Los vidrios impiden que la radiación infrarroja que emiten los objetos calentados se pierda, consiguiendo que se caliente el espacio conforme la van perdiendo (Zubiri, 2010).

La disipación de la energía depende de la inercia térmica de los materiales, como se ha explicado anteriormente en el punto de “masa térmica” de este mismo trabajo.

Para realizar este diseño es importante tener en cuenta una serie de consideraciones (Zubiri, 2010):

- Masa térmica de inercia elevada para acumular la mayor energía solar posible
- Cerramientos móviles para el aislamiento.
- El diseño adecuado para la captación de radiación de los obstáculos, sombreadamientos así como la orientación del edificio, para que la energía captada en invierno sea la máxima y mínima en verano.

3.4.2.3.1. Captación Solar Directa

El aprovechamiento energético directo de la radiación solar se realiza por medio del acristalamiento de las fachadas como pueden ser las ventanas, las claraboyas, lucernarios y elementos translúcidos (Zubiri, 2010).

Hay que prever la inercia de las masas térmicas, suelos y paredes, que reciben la radiación solar incidente para su acumulación (ATECOS 2010-2012b).

Existen una serie de factores de los que depende la eficiencia energética derivada del empleo de la ganancia directa por medio de huecos, estos factores son (ATECOS 2010-2012b):

- Características energéticas del vidrio: según las características marcadas por cada marca comercial.
- Características del hueco: orientación, forma y posición.
- Características de las carpinterías: utilizar las carpinterías con las propiedades más adecuadas. Para eso hay que analizar su grado de estanqueidad, valor de transmitancia térmica, coste energético de la vida útil, ciclo de vida útil, etc.
- Colocación de los elementos de sombreado pertinentes para evitar el sobrecalentamiento.
- Colocar el aislante térmico adecuado para evitar pérdidas.

En la captación directa la colocación de los acristalamientos de fachada es la clave. Así dependiendo de la orientación de esta superficie se tendrán unos resultados más favorables (ATECOS 2010-2012b):

- Orientación sur: más favorable para el acristalamiento al tener mayores ganancias en invierno que en verano.
- Orientación este y oeste: son más desfavorables.

Esos sistemas son los de mayor rendimiento y menor retardo (Zubiri, 2010).

3.4.2.3.2. Captación Solar Indirecta o Diferida Mixta

Son sistemas entre los que existe un periodo de tiempo largo entre el momento de captación de la radiación solar y el momento en el que va a ser aprovechada. Estos elevan las estrategias de aprovechamiento energético de radiación solar, ya que las superficies acristaladas permiten una mayor captación directa de la radiación solar (Zubiri, 2010; ATECOS 2010-2012b).

El control de la distribución de la energía se realiza mediante diferentes mecanismos, mediante elementos de acumulación, por medio de la radiación de los distintos elementos de masa térmica o con una combinación de sistemas (Zubiri, 2010; ATECOS 2010-2012b).

Algunos ejemplos de estos sistemas son:

- *Invernaderos o galerías acristaladas*: son espacios acristalados que separan el interior de la vivienda con el exterior. Tienen un muro másico de color oscuro para dividir este espacio de la vivienda. Por medio de los acristalamientos entra la radiación solar que aumenta la temperatura de la galería, acumulándose en el muro que progresivamente va emitiendo radiación al interior (Zubiri, 2010; ATECOS 2010-2012b; web 24).

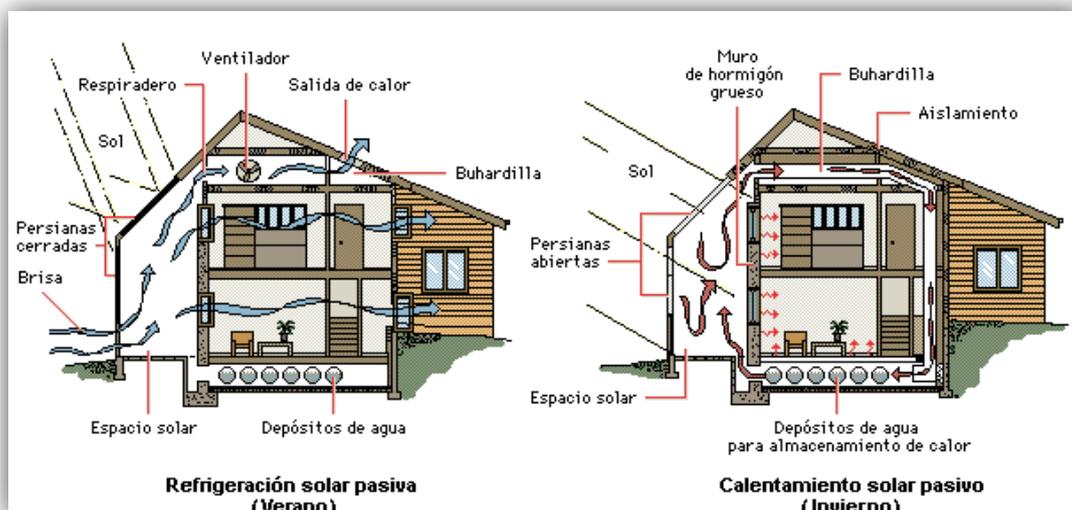


Imagen 3.14. Captación Solar Indirecta por medio de Invernadero Adosado. Fuente: web 20

Ventajas y desventajas del invernadero adosado:

INVERNADERO ADOSADO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Mejora del clima interno de la vivienda	✓ Sobrecalentamientos en verano
✓ Estos espacios ocupan la parte de fachada que se desee, no requiere de ocupar toda su superficie. Por lo que se reduce la obra y las pérdidas por ventilación	✓ Variaciones elevadas de temperatura en su interior
✓ Ahorro energético	✓ Inversión económica con una amortización a largo plazo
✓ Reducción de consumos en climatización	

Tabla 3.20. Ventajas y desventajas de la instalación de un invernadero adosado. Fuente: elaboración propia a partir de Matute, 2014; web 24

- *Muros de Inercia*: son muros macizos que se encuentran orientados al sur, compuestos por piedra, ladrillo macizo, hormigón, etc., con un espesor que varía entre los 25-40 centímetros. La superficie de estos muros es oscura y está protegida con vidrio, de manera que se aprovechan las ventajas del efecto invernadero y la captación solar superior que ofrecen los colores oscuros (ATECOS 2010-2012b).

La captación solar se realiza durante el día, calentándose el muro progresivamente, y cediendo la energía acumulada en el muro al interior con un espacio de tiempo de 8 a 12 horas (ATECOS 2010-2012b).

Hay que tener cuidado en verano y protegerlo para evitar un sobrecalentamiento, para ello se pueden colocar aberturas de ventilación en el muro o protecciones que limiten la captación (ATECOS 2010-2012b).

Existen distintos muros que ofrecen este tipo de captación como son el muro Trombe y el muro de agua (ATECOS 2010-2012b).



Imagen 3.15. Muro Trombe. Fuente: web 21

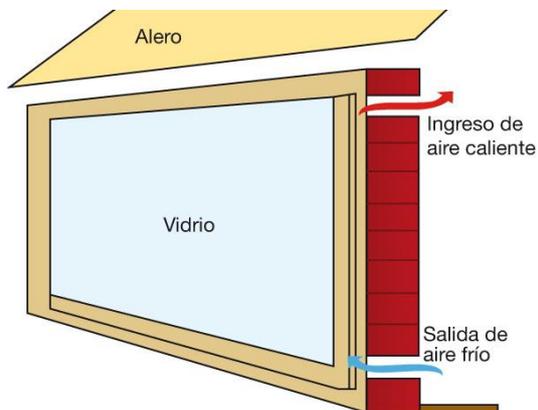


Imagen 3.16. Esquema del muro Trombe. Fuente: web 22

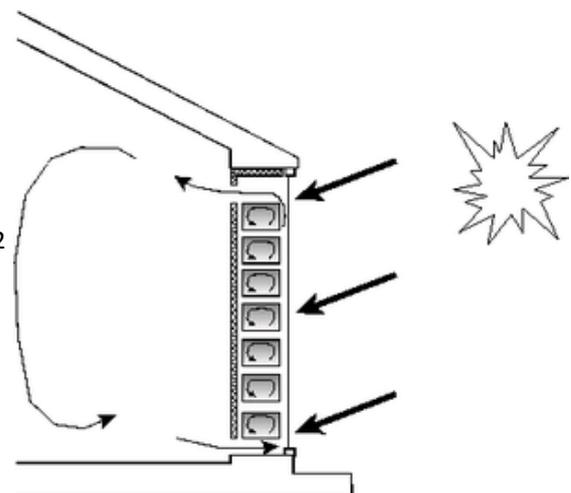


Imagen 3.17. Esquema del muro de agua. Fuente: web 23

3.4.2.3.3. Sistemas de Captación Remota

Son colectores solares o espacios invernaderos que no están adosados a la vivienda. Se conectan a la ésta mediante conductos de aire solamente, que son híbridos ya que necesitan de un sistema de impulsión de aire (ATECOS, 2010-2012b).

3.4.2.3.4. Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Captación Solar Pasivo

A continuación se muestra una tabla resumen indicando las ventajas e inconvenientes de estos sistemas.

SISTEMAS DE CAPTACIÓN SOLAR PASIVO			
SISTEMAS DIRECTOS		SISTEMAS INDIRECTOS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Sistemas de mayor rendimiento y menor retardo	Puede producirse el deslumbramiento interior	Aprovechan entre un 30-45% de la energía solar que incide en el acristalamiento	Sistema inconveniente en lugares donde los veranos son calurosos
No se necesita ningún elemento extra para la captación, solo un adecuado diseño	Dependen de las horas de sol para almacenar energía	Se pueden generar temperaturas superiores a las de confort sin alterar las temperaturas interiores	

Tabla 3.21. Ventajas y desventajas de los sistemas de captación solar pasivo. Fuente: elaboración propia a partir de Matute, 2014; ATECOS, 2010-2012b

3.4.2.4. VENTILACI3N

La ventilaci3n consiste en una renovaci3n del aire interior de las viviendas y edificios para evitar su enrarecimiento, de forma que mediante diferentes m3todos se hace correr el aire por el interior de las estancias (web 25). El t3rmino hace referencia al suministro o extracci3n de aire del interior de las habitaciones por medios naturales o mec3nicos (ATECOS, 2010-2012c).

Los objetivos principales de la ventilaci3n son (Zubiri, 2010):

- Calidad del aire interior mediante renovaciones. Cumpliendo siempre con los m3nimos establecidos por el CTE.
- Conservar de forma estable el nivel de humedad interior y mejorar el confort t3rmico.
- Contribuir a la climatizaci3n.
- Confort ac3stico.
- Ahorro energ3tico.
- Seguridad en caso de incendio.

Seg3n las exigencias del CTE DB-HS3, en su art3culo 13.3 para la calidad del aire interior del resumen:

“Los edificios dispondr3n de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracci3n y expuls3n del aire viciado por los contaminantes.”

As3 pues, el CTE DB-HS3 indica que las viviendas deben de tener un sistema general de ventilaci3n que puede ser h3brido o mec3nico.

El ámbito de aplicación de la normativa en esa sección del Código Técnico abarca a los edificios de viviendas, su interior, los almacenes de residuos, trasteros, garajes y aparcamientos (CTE DB-HS, 2009).

Existen distintos tipos de ventilación, la ventilación natural, forzada e híbrida.

3.4.2.4.1. Ventilación Natural

La ventilación natural es aquella donde la renovación del aire interior de las viviendas se realiza de manera exclusiva por la acción del viento o por la diferencia de temperaturas entre los distintos puntos de entrada y salida. Se trata de diseñar favoreciendo las condiciones adecuadas para que se renueve el aire interior por medio de diferencias de presión o temperatura (ATECOS, 2010-2012d).

A través de las diferencias de presión creadas entre las distintas aberturas de la edificación se producen fuerzas impulsoras del aire en movimiento, haciendo que este discurra por el interior de las estancias (ATECOS, 2010-2012d).

Existen distintos tipos de ventilación natural:

- Ventilación Unilateral

Este tipo de ventilación suele ser la más simple, atendiendo a un único recinto. Consiste en que el aire entre y salga de forma unilateral por la misma abertura u otra que se encuentre el mismo muro a diferente altura, como una ventada, dando ésta al exterior (Dias, 2010).

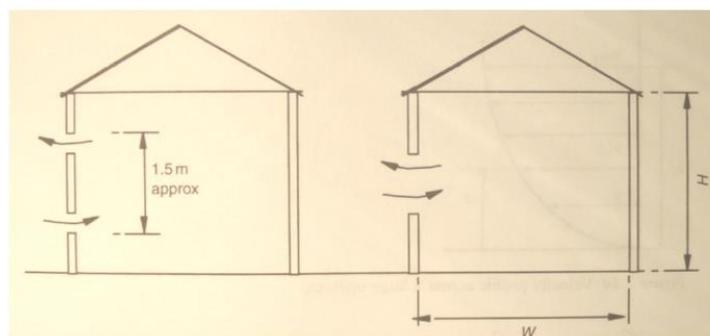


Imagen 3.18. Esquema de Ventilación Unilateral. Fuente: Dias, 2010

Cuando solamente existe una abertura para que se transmita el flujo de aire el movimiento del mismo es consecuencia más por el viento que por el efecto chimenea, particularmente en las aberturas de menor tamaño. Si existen varias aberturas en la misma pared a diferentes alturas puede aumentar el flujo de aire por el efecto chimenea (Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d).

Si se compara con otras soluciones para ventilar, resulta la menos interesante aunque en ocasiones sea la única disponible (Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d).

Se recomienda que si se utiliza este tipo de ventilación el área de las ventanas sea la vigésima que la del recinto, siendo la altura 1,5 metros y una profundidad de habitación máxima de 2,5 veces la altura de suelo a techo (Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d).

– Ventilación Cruzada

La ventilación cruzada se produce cuando el aire entra por huecos practicables situados en una fachada del edificio, discurren por las estancias y salen por los huecos situados en la fachada opuesta (Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d).

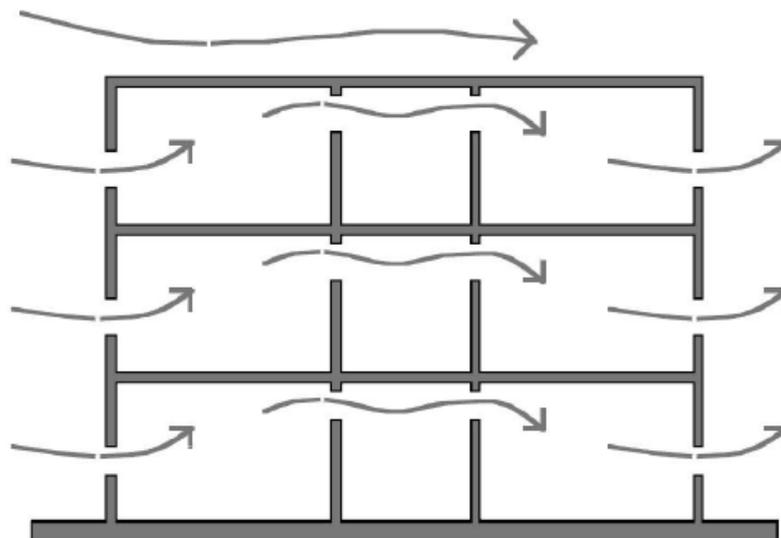


Imagen 3.19. Ventilación Cruzada. Fuente: Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d

Proporciona mejores resultados que la ventilación unilateral, aunque depende principalmente de la dirección e intensidad del viento, por eso es conveniente que se sitúen en la dirección del viento dominante (Dias, 2010).

El viento que golpea el edificio tiende a provocar presiones positivas en la fachada a barlovento y negativas en el lado de sotavento, originándose diferencia de presión por medio de la sección del edificio que conduce el flujo de aire (Dias, 2010).

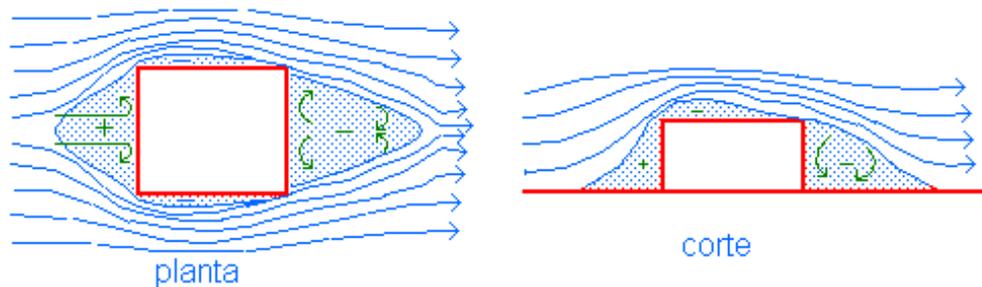


Imagen 3.20. Presiones originadas por el viento. Fuente: web 28

La ventilación cruzada se indica para espacios con una profundidad de 2,5-5 veces la altura del suelo al techo (Dias, 2010).

Para este tipo de ventilación se pueden usar huecos de diferentes tamaños, grandes o pequeños, dado que el aire tiene gran penetración por las habitaciones del edificio. Aunque es conveniente controlar el tamaño de las aberturas pues influyen directamente en el flujo de aire (Dias, 2010).

– Ventilación por Chimenea

La ventilación por efecto chimenea es la que está conducida por el llamado *Efecto Stack*, en el que el aire del interior al ser más cálido tiende a ascender y salir por una abertura en la parte superior. El aire frío tiende al efecto contrario, a descender y mantenerse por la parte inferior del edificio y habitaciones. Se crea una corriente de aire fresco al salir el aire caliente por la

chimenea y entrar el aire de menor temperatura por la parte inferior (Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d, web 29).

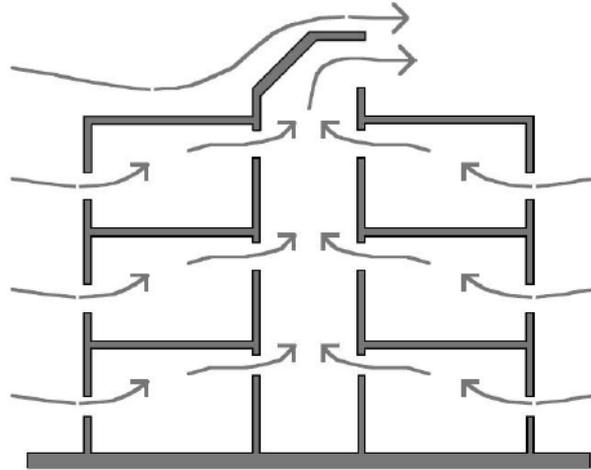


Imagen 3.21. Ventilación por Chimenea. Fuente: Dias, 2010

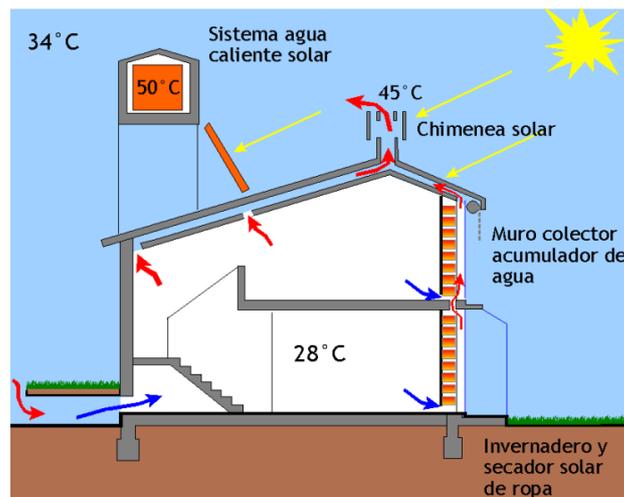


Imagen 2.22. Chimenea Solar. Fuente: web 7b

Se pueden plantear unas estrategias de diseño que mejoren la efectividad de la ventilación cruzada. En la siguiente tabla se muestra a modo de resumen todos aquellos puntos que pueden maximizar este recurso para ventilar.

RECOMENDACIONES DEL DISEÑO DE HUECOS PARA FAVORECER LA VENTILACIÓN NATURAL

Abrir huecos en la cubierta, dado que el aire caliente tiende a acumularse en la parte superior, colocar una abertura en la cubierta de la vivienda ayudará a la creación de estas corrientes de aire.

Colocar salientes en la fachada para originar zonas con distinta presión e inducir el movimiento del aire.

Recircular el aire dentro del edificio mediante la creación de obstáculos, con el objetivo de que el aire recorra el mayor número de espacios posibles.

Colocar huecos de diversos tamaños en la fachada para que gracias al efecto Venturi (Imagen 3.23), cambie la velocidad del aire por la diferencia de presión. La velocidad del aire es un factor importante en la temperatura interior y la sensación de sobrecalentamiento.

Tabla 3.22. Recomendaciones del Diseño de Huecos para favorecer la Ventilación Natural. Fuente: elaboración propia a partir de web 31; Dias, 2010; ATECOS, 2010-2012d

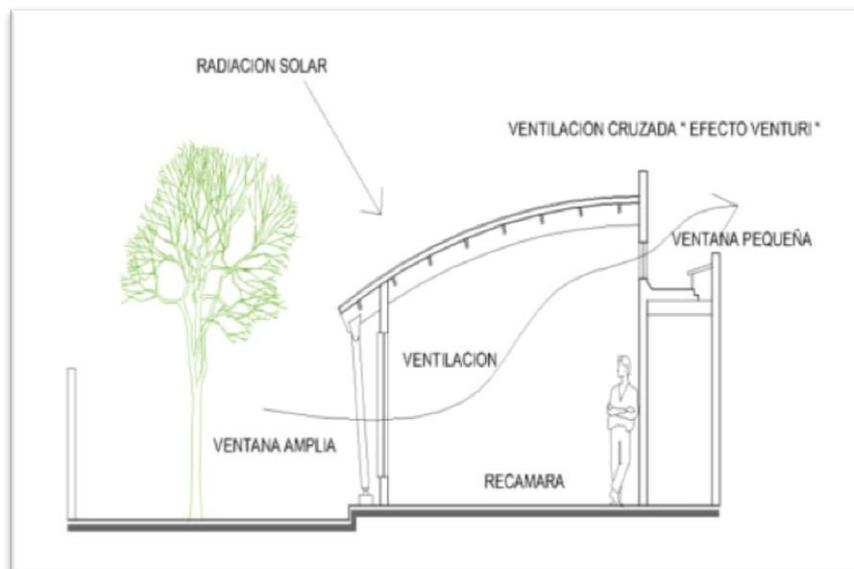


Imagen 3.23. Efecto Venturi en la Edificación. Fuente: web 30

Como todo elemento a tener en cuenta en el diseño de un edificio, la ventilación natural presenta una serie de ventajas y desventajas que hay que valorar para sacar el máximo provecho.

VENTILACIÓN NATURAL	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
No existe el consumo energético	Es complicado cuantificar los efectos que se van a obtener durante el diseño
No hay costes de mantenimiento	El comportamiento de este sistema es variante, no es regular al depender de las condiciones exteriores
Se solucionan los ruidos de la ventilación forzada	No se puede reducir la temperatura por debajo de la temperatura exterior
No contamina ni emite gases	En el caso de contaminación exterior o estar cerca del tráfico resulta una estrategia de ventilación poco viable
Mejora la calidad del aire	En estructuras grandes y complejas se obtienen menos resultados
Es un sistema que no ocupa espacio físico en la edificación	Por el clima en España, no se puede garantizar su correcto funcionamiento todo el año
Mejora el confort térmico	
Se puede llegar a ahorrar hasta un 30% en refrigeración	

Tabla 3.23. Ventajas y desventajas de la estrategia del sistema ventilación natural en edificación. Fuente: elaboración propia a partir de ATECOS, 2010-2012d; web 9b; Alcayna, 2012; Sytemairproducts, 2012

¿REALMENTE SIRVE COMO ESTRATEGIA PARA LA VENTILACIÓN GARANTIZANDO EL CONFORT TÉRMICO EN EL INTERIOR?

La ventilación natural es un diseño a tener en cuenta dentro de las edificaciones bioclimáticas, ya que se aprovecha de las corrientes de aire exteriores para los procesos de renovación del aire sin ningún coste económico ni energético. Es una estrategia basada en el análisis previo del entorno y las necesidades, de las posibilidades, y proyectarlo para conseguir obtener los máximos beneficios posibles.

Sin embargo, es una estrategia que está muy condicionada por el entorno de la edificación. Puesto que se depende de la meteorología del lugar, de las corrientes de aire del exterior de la vivienda, de la contaminación ambiental, etc. Siendo la meteorología un parámetro que aunque se puede analizar no se puede controlar.

Tras lo expuesto, se puede indicar que resulta una estrategia muy interesante y útil sobretodo en edificaciones más aisladas y de tamaño moderado. Siendo esta tipología de construcción la que más se beneficia de ella.

Tal y como se ha analizado como estrategia pasiva para ventilar resulta útil y práctica, si en la etapa de diseño se tienen en cuenta todos los factores influyentes se pueden llegar a conseguir ciertos ahorros energéticos en climatización que mejorarán la eficiencia energética de la edificación.

Hay que tener en cuenta que este sistema funciona mejor en las temporadas frías, por lo que en España no se puede garantizar su funcionamiento óptimo todo el año (Sytemairproducts, 2012). Este tipo de adversidades pueden paliarse mediante un análisis del clima y los sistemas pasivos constructivos adecuados.

3.4.2.4.2. Ventilación Forzada

La ventilación forzada es la extracción del aire caliente de una estructura sustituyéndolo por aire renovado y fresco. Se trata de aportar aire del exterior y extraer el aire interior viciado, de forma que se oxigene y se reduzcan las sustancias perjudiciales.

Existen distintos sistemas de ventilación (ATECOS, 2010-2012d):

- *Ventilación por recirculación de aire:* formada por los ventiladores que mueven simplemente el aire.
- *Ventilación con aportación de aire adicional:* se trata de introducir aire sin tratar del exterior. Por ejemplo las rejillas de ventilación de la cocina.
- *Ventilación con aire adicional pretratado:* se introduce aire del exterior tratando su temperatura previamente, de manera que no se aprecien las diferencias de temperatura.
- *Ventilación con aire acondicionado:* consiste en acondicionar el aire del interior de la habitación mediante mecanismos que mantengan en la humedad y temperatura adecuada.

3.4.2.4.3. Ventilación Híbrida

Es un tipo de ventilación que funciona como la ventilación natural cuando las condiciones meteorológicas son las adecuadas y como mecánica cuando la ventilación natural no es posible (Systemair Products, 2012; web 32).

Para el funcionamiento de un sistema híbrido, se debe realizar un diseño con las mismas exigencias que la ventilación natural, por lo que se tiene que generar la menor pérdida de carga posible y favorecer que las pequeñas diferencias de presión desplacen el aire. Hay que tener en cuenta que las diferencias de presión que producen el movimiento del aire en un sistema de ventilación natural, son menores que las que se necesitan en un sistema mecánico (Systemair Products, 2012).

Las secciones de conductos deben de cumplir (Systemair Products, 2012):

- Ser grandes.
- Disponerse verticalmente, sin elementos que provoque pérdidas de presión.
- Todos los elementos que forman el sistema deben de fabricarse para ventilación híbrida, con garantías del correcto funcionamiento.

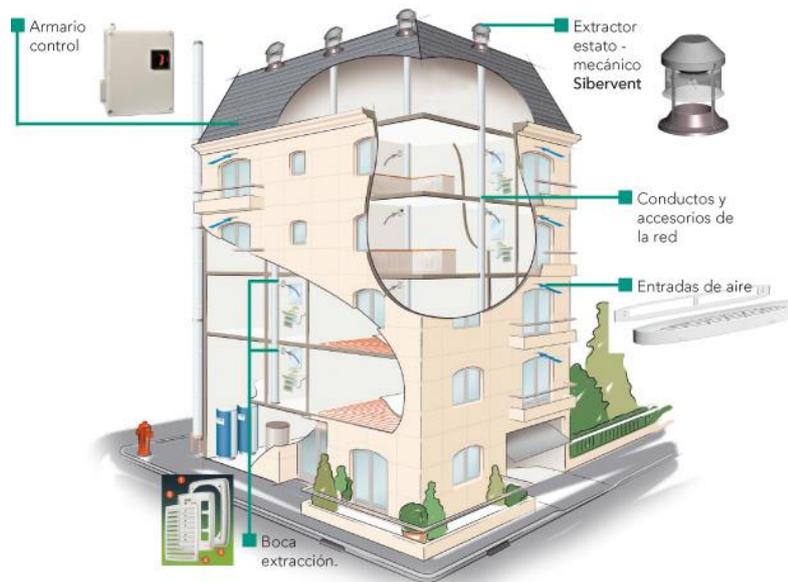


Imagen 3.24. Ventilación híbrida. Fuente: web 32

Es muy importante examinar las condiciones climáticas de cada lugar para garantizar el correcto funcionamiento del sistema híbrido, dado que realizar un sistema de este tipo según el CTE DB-HE carece de sentido si la ventilación natural no puede realizarse de forma eficaz, con las renovaciones mínimas y el caudal de aire exigidos (Systemair Products, 2012).

SISTEMA DE VENTILACIÓN HÍBRIDA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ En situaciones óptimas genera ahorros energéticos al no funcionar el extractor constantemente	✓ Es un sistema caro y complicado
✓ En épocas de frío el sistema funciona mejor naturalmente	✓ La climatología de España no favorece la ventilación natural gran parte del año

Tabla 3.24. Ventajas y desventajas de la estrategia de ventilación híbrida en edificación. Fuente: elaboración propia a partir de Sytemair products, 2012

3.4.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar sobretodo en épocas cálidas hace que aumente la demanda de refrigeración durante el verano. La entrada de radiación solar a través de ventanas provoca un aumento de temperatura interior que conduce al empleo de sistemas de refrigeración que implican un gasto energético (Zubiri, 2010).

Las técnicas de captación solar pasiva ya estudiadas previamente reducen la demanda de calefacción en las épocas frías pero aumentan la necesidad de refrigeración en los momentos de más calor, por lo que es necesario colocar ciertos elementos que limiten la captación solar en verano (Zubiri, 2010).

La colocación los elementos de protección frente a la radiación solar adecuados pueden reducir el consumo de refrigeración **entre un 5% y 30%** (IVE, 2012h)

El ahorro que se puede obtener con estos elementos depende de (IVE, 2012h; Zubiri, 2010; asefave, s.f.):

- El ahorro es mayor si se colocan los elementos por el exterior.
- El ahorro es mayor si los huecos protegidos se encuentran en la fachada sur.
- El ahorro es mayor si el sistema de protección utilizado es permeable al aire.
- El ahorro es mayor empleando colores pastel o blanco.

Estos elementos son capaces de controlar la radiación solar que entra en el interior de los edificios de forma total o parcial. Pueden ser sistemas que se accionen manualmente por medio de sistemas mecánicos o fijos, existiendo la posibilidad de automatizar algunos de ellos (asefave, s.f.).

Sus principales características son (asefave, s.f.):

- Evitar el sobrecalentamiento interior
- Evitar el deslumbramiento
- Permitir la transmisión máxima de luz natural

En verano el sol se encuentra en una posición más vertical, por lo que la utilización de elementos de protección horizontales como aleros o toldos en las fachadas con orientación sur reducirá la cantidad de radiación solar que llega a las mismas. Si los aleros se realizan con una superficie en la que se pueda colocar vegetación de hoja caduca, en verano se cubrirán de hojas generando una superficie opaca que pueda servir de protección solar y en invierno se caerán permitiendo el paso de la radiación solar (Zubiri, 2010).

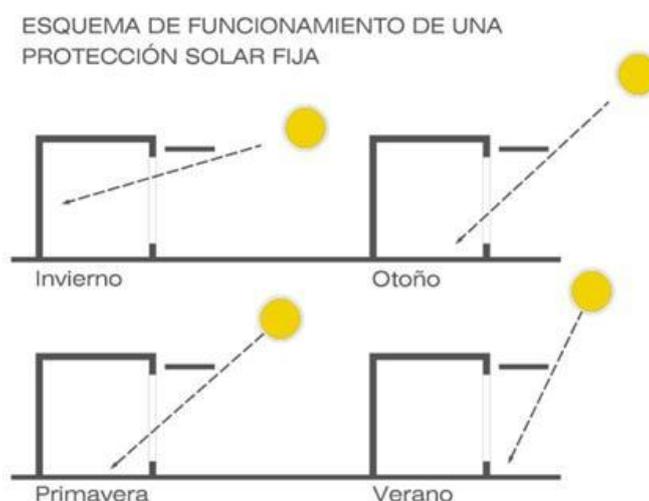


Imagen 3.25. Funcionamiento de una protección frente a la radiación solar fija horizontal según la estación. Fuente: web 62

A la hora de diseñar estos elementos hay que tener en cuenta que los colores claros reflejan la radiación solar por lo que resultan más adecuados para este tipo de situaciones (asefave, s.f.).

Las ventajas de disponer de elementos que sirvan para la protección frente a la radiación solar se pueden resumir en los siguientes:

VENTAJAS
Reducción de los aportes energéticos en el interior de las estancias, por lo que en verano se reduce la necesidad de refrigeración
Control de los aportes energéticos en el caso de los elementos de protección solar móviles
El correcto diseño de las protecciones permite el aprovechamiento de la luz natural, reduciéndose la necesidad de la iluminación artificial
Control de los consumos de calefacción y refrigeración en el interior
Mejora de la eficiencia energética al contribuir en el ahorro energético
Mejora del confort térmico

Tabla 3.25. Ventajas de la colocación de elementos de protección contra la radiación solar. Fuente: elaboración propia a partir de asefave, s.f.; Zubiri, 2010

Los sistemas de protección solar se pueden colocar en el interior y en el exterior, siendo la mejor posición como ya se ha comentado esta última, aunque en muchos casos resulta la opción más complicada puesto que rompe con la estética de la fachada y es en general más costosa (IVE, 2012h).

Los tipos de protecciones solares son diversos según su posición:

POR EL INTERIOR	POR EL EXTERIOR
- Persiana veneciana	- Persiana enrollable exterior
- Persiana enrollable	- Veneciana exterior
- Persiana batiente	- Persiana veneciana exterior
- Persiana vertical	- Toldos de brazos plegables
- Persiana acordeón	- Toldos de brazos proyectantes
- Persianas de panel deslizante	- Toldos de brazos deslizantes

- Cortinas o textiles	- Toldos verticales
	- Toldos para fachadas y lucernarios
	- Parasoles fijos y regulables

Tabla 3.26. Tipos de protecciones según su protección. Fuente: elaboración propia a partir de asefave, s.f.

Es necesario tener una serie de precauciones según el tipo de elemento que se coloque (IVE, 2012h):

- Si se coloca una protección de tipo toldo, hay que tener en cuenta que al colocarlo en la fachada se debe de separar una distancia prudencial de la misma. De manera que cuando el aire caliente salga del interior del edificio no se acumule en él al ascender.
- Al colocar una protección del tipo veneciana, hay que considerar que se puede poner en el hueco y que mejora su actuación si se utiliza un material que no absorba radiación solar, como es el caso de la madera.
- Si se usan protecciones tipo lamas se tiene que tener en cuenta su posición según la orientación y permitir la ventilación interior (web 63).
 - En la orientación sur las lamas horizontales reducen la necesidad de refrigeración con respecto a las verticales.
 - Las orientaciones este y oeste no presentan grandes diferencias entre colocar las lamas verticales u horizontales.

3.4.2.6. ILUMINACIÓN

3.4.2.6.1 Iluminación Natural

La iluminación mediante luz natural es un aspecto muy importante en la concepción de un edificio. Diversos estudios demuestran que la luz natural produce variados efectos sobre el ser humano (Cruz, 2010; CEI-IDAE, 2005):

- Control del reloj biológico.
- Mejora el estado de ánimo, efecto sobre el sueño y las enfermedades.
- Influye sobre la actividad de las personas.

La presencia de luz natural en un recinto dependerá principalmente de (Zubiri, 2010; Cruz, 2010; Manteca, 2012; CEI-IDAE, 2005):

- Época del año.
- Meteorología.
- Momento del día.
- Latitud.
- Tamaño, orientación y localización de huecos.
- Sistema de acristalamiento.
- Posible obstrucción externa.
- Dimensión de los huecos

El empleo de la luz natural puede proporcionar beneficios de distintos tipos (Cruz, 2010):

- Económicos: estos pueden ser directos e indirectos. Directos son los obtenidos por la reducción del consumo de energía eléctrica debido a una buena gestión de la iluminación mediante luz natural, lo que supone también una reducción en los costes de mantenimiento de las luminarias. Los indirectos son aquellos derivados del menor uso de aire acondicionado debido a la reducción del calor aportado por la iluminación artificial por su menor empleo.
- Medioambientales: el uso de sistemas de iluminación natural produce un ahorro del consumo energético, lo que se traduce en un menor impacto sobre el medio ambiente.

Ventanas

La ventana es el elemento clave de los sistemas de iluminación natural, ya que a través de ella la luz entrará en el interior del edificio y los usuarios tendrán contacto con el exterior. De manera que (CEI-IDAE, 2005):

- Permite la entrada de luz natural
- Permite la relación del individuo con el exterior
- Actúa como elemento de ventilación y renovación de aire
- Aislamiento térmico y acústico
- Protege del deslumbramiento

Hay que tener en cuenta que las condiciones de ventilación, térmicas y de iluminación natural en muchas ocasiones entran en conflicto entre sí, puesto que cuanto mayor es el área de las ventanas para favorecer la iluminación natural mayores pérdidas energéticas y ganancias de calor entre el interior y el exterior. Deben de combinarse

con otros sistemas para que el diseño sea equilibrado y eficiente energéticamente (CEI-IDAE, 2005).

La orientación de las mismas resulta fundamental para su correcto funcionamiento (CEI-IDAE, 2005):

- Las ventanas orientadas al sur tienen niveles luminosos altos y constantes, con una ganancia energética alta en verano y media en invierno.
- Las ventanas orientadas al este y el oeste proporcionan niveles luminosos medios que varían a lo largo del día. Con ganancias medias en verano y bajas en invierno.
- Las ventanas con orientación norte tienen un nivel bajo pero constante de iluminación, con una ganancia baja durante todo el año.

Sistemas de iluminación natural

Existen diversos sistemas para conseguir el mayor aprovechamiento de la luz natural y la distribución uniforme de la misma en el interior de un edificio. Dichos sistemas se pueden dividir en (Cruz, 2010):

- Sistemas activos

Se trata de reflectores que se desplazan siguiendo la trayectoria del sol a lo largo del día para conseguir el mayor aprovechamiento de la luz natural. Se componen por unos espejos que mediante la reflexión de los rayos solares los conducen hacia un difusor que distribuye la luz en el interior del recinto de manera uniforme.

Este tipo de sistemas obtienen mayor aprovechamiento que los sistemas convencionales y tienen varias ventajas:

- Aprovechamiento de la luz natural al menos durante 8 horas.
- Evitan el deslumbramiento.

- Distribución uniforme de la luz.
- Elevada iluminación a principio y final del día.

- Sistemas pasivos
Se trata de una cúpula formada por un material compuesto de miles de prismas de un tamaño reducido que refractan la luz solar consiguiendo una difusión y unos niveles de luz natural mayores que otros sistemas. Estos sistemas obtienen las mismas ventajas que los descritos en los sistemas activos.

Para la elección de estos sistemas se debe realizar un estudio en el que se tengan en cuenta los siguientes factores que pueden influir los mismos (Cruz, 2010):

- Situación geográfica donde se va a realizar la instalación: de ello dependerá la cantidad de horas de sol.
- Superficie a iluminar.
- Altura del área a iluminar.
- Tipo de edificio: teniendo en cuenta los horarios de funcionamiento para calcular las horas de uso al año.
- Sistemas de iluminación artificial: potencia y nivel de iluminación requerido.
- Porcentaje de cubierta mínimo que deberá estar ocupado por sistemas de captación natural.
- Reflectancias: elección de colores de suelo, paredes y techo de la zona a iluminar.
- Precio de la electricidad: para el cálculo de los ahorros anuales en iluminación.

3.4.2.6.2. Iluminación Artificial

Cuando se trate de usar iluminación artificial es importante tener en cuenta diferentes aspectos como son las luminarias y los sistemas de regulación y control.

Luminarias

La elección se debe realizar de manera que sea adecuada a las necesidades del recinto. Resulta efectivo el empleo de diferentes tipos, unas que consigan una luz ambiental general y otras una iluminación focalizada. Se tendrá que estudiar el rendimiento de las luminarias teniendo en cuenta la potencia y distribución de la luz (Manteca, 2012).

Sistemas de regulación y control

Resulta conveniente que los circuitos que controlan las luminarias de cada zona sean independientes ya que no todas requieren de las mismas características, por ejemplo las luminarias próximas a un hueco y las restantes (Manteca, 2012).

El empleo de detectores y temporizadores es recomendable para zonas de paso en edificios o estancia de poca duración (Manteca, 2012).

Una opción que resulta muy práctica es la regulación en función de la luz natural mediante un sistema demótico que permitirá (Zubiri, 2010):

- Programación horaria de la iluminación.
- Encendido automático cuando se detecte presencia.
- Limitación de la luz artificial en función de la natural.
- Regulación manual.

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES

4.1. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Se entiende por energía solar térmica el aprovechamiento de la energía solar para generar calor para su posterior empleo en el edificio.

Este proceso se realiza mediante unos elementos llamados captadores solares, encargados de captar la radiación y transformarla en energía térmica de un fluido, generalmente agua.

Elementos de un sistema solar térmico (web 35):

- Sistema de captación: su misión es la transformación de la radiación solar en calor para transmitirla al fluido caloportador.
- Sistema de acumulación: se encarga de almacenar el agua caliente producida por los captadores solares. Son importantes ya que la demanda en muchas ocasiones no coincide con el periodo de radiación.
- Regulación y control: es un elemento de control que sirve para optimizar el funcionamiento del sistema.
- Sistema de energía convencional: se requiere de un sistema convencional que puede ser una caldera o bomba de calor, ya que la instalación solar normalmente servirá de apoyo a esta.



Imagen 4.1. Captadores solares. Fuente: web 58.

Existen diferentes tipos de captadores (IDAE, 2012a):

- Captadores solares planos: son de los más empleados en las instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria.
- Captadores sin cubierta: son los más sencillos y consiguen temperaturas no muy elevadas.
- Captadores solares de aire: son muy similares a los captadores solares planos pero emplean aire como fluido caloportador y ventiladores para forzar la circulación de éste.
- Captadores solares de tubo de vacío y captadores de vacío: en el interior de estos elementos se forma el vacío para conseguir la menor pérdida de calor.
- Captador parabólico compuesto: pretenden rebajar las pérdidas del captador reduciendo el área del absorbedor respecto al área de captación.

Ventajas y desventajas de la energía solar

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Es una energía renovable	✓ Requieren de sistemas de acumulación
✓ Impacto ambiental reducido	✓ Puede afectar a la estética arquitectónica si no se integran adecuadamente en el edificio
✓ Menor dependencia de compañías suministradoras	✓ Coste inicial elevado
✓ Energía distribuida por todo el territorio	✓ Depende del clima
✓ Instalación sencilla y bajo coste de mantenimiento	
✓ No contamina acústicamente	

Tabla 4.1. Ventajas y desventajas de la Energía Solar Térmica. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012a; web 36; web 9c.

Aplicaciones de la energía solar térmica

Agua caliente sanitaria

Es una de las mayores aplicaciones de la energía solar térmica en los edificios ya que el CTE (Código Técnico de la Edificación) obliga a cubrir parte de la demanda mediante este tipo de sistemas en edificios de nueva planta y rehabilitación. Resulta efectivo para este tipo de fin debido a que se trata de una demanda constante independientemente de la época del año.

Calefacción

La cantidad de demanda que se puede cubrir de este tipo es menor que en el caso de ACS, llegando como máximo entorno al 50%, además es necesario instalar un mayor número de captadores. Estas instalaciones no se dimensionan para cubrir el 100% de la demanda ya que requeriría de unos costes muy elevados y sólo se emplearía unos meses al año puesto que la demanda no es constante. Los emisores más adecuados para el uso con energía solar son los de tipo radiante, suelo, muro o similar, ya que requieren de temperaturas menores que los radiadores comunes (web 38a).

Refrigeración

Para conseguir refrigerar a partir de calor se requieren máquinas de absorción o adsorción que consigan este efecto, estos sistemas reemplazan el compresor mecánico que requiere de gran cantidad de electricidad para funcionar por unos elementos que realizan la misma función pero a partir de una cantidad de electricidad reducida y una elevada energía calorífica. Estas máquinas suponen un coste alto pero tienen la ventaja de que coincide el periodo de demanda con la de mayor radiación solar (web 39; Miguez, 2010). De esta manera se consigue una reducción de las emisiones de CO₂ junto con un menor consumo de energía eléctrica.

4.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica es la transformación de radiación solar en electricidad a partir de unos elementos conocidos como paneles fotovoltaicos, según la cantidad que se conecten de estos paneles se podrá obtener mayor diferencia de potencial (web 54).



Imagen 4.2. Paneles fotovoltaicos. Fuente: web 59.

Se pueden diferenciar dos clases de instalaciones fotovoltaicas (web 55):

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica: la energía obtenida se emplea para abastecer consumos eléctricos en la misma localización.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica: en este caso es posible usar la energía para abastecer el mismo edificio y la que resta entregarla a la red.

Los elementos que componen una instalación fotovoltaica son (web 56):

- Generador solar: el grupo de paneles fotovoltaicos encargados de transformar la radiación solar en corriente continua de baja tensión.
- Acumulador: elemento que almacena la energía producida por el generador.
- Regulador de carga: dispositivo encargado del óptimo funcionamiento del sistema y evitar posibles sobrecargas al acumulador.
- Inversor: su misión es transformar la corriente continua producida por el generador en corriente alterna apta para su uso en el edificio.

Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Es una energía renovable	✓ Inversión inicial elevada
✓ Reduce las emisiones de CO ₂ y otros gases	✓ Impacto visual
✓ Reduce la dependencia energética	✓ Dependencia del clima
✓ Instalación silenciosa, sencilla y fácil de instalar	
✓ No genera residuos	
✓ No consume combustible	

Tabla 4.2. Ventajas y desventajas de la Energías Solar Fotovoltaica. Fuente: elaboración propia a partir de: web 55; web 56; web 57.

Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

La aplicación de la energía fotovoltaica en un edificio es la de suministrar electricidad a todos los elementos que requieran de ella: electrodomésticos, equipos para climatizar, iluminación, etc (web 56).

4.3. ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es aquella que se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor, la temperatura aumenta con la profundidad, existe un gradiente térmico y un flujo de calor desde el interior hacia el exterior (web 40).

Existen diferentes tipos de energía geotérmica según su entalpía (IDAE, 2012b):

- Alta entalpía: temperaturas mayores de 150 °C.
- Media entalpía: temperaturas comprendidas entre 90 °C y 150 °C.
- Baja entalpía: entre 30 °C y 90 °C.
- Muy baja entalpía: temperaturas menores de 30 °C.

Estas temperaturas dependerán de los yacimientos geotérmicos, que son los que proporcionan las características geológicas para el aprovechamiento del recurso (IDAE, 2012b).

Para las aplicaciones térmicas en edificios se suele emplear la energía geotérmica de muy baja entalpía. Esta energía se encuentra disponible en cualquier punto de la tierra, a partir de una cierta profundidad, entorno a los 10 - 15 m, la temperatura se estabiliza sobre los 15 °C independientemente de la estación anual, por lo que se dispone de una fuente constante de energía durante todo el año (web 41a).

El funcionamiento de estas instalaciones consiste en la conexión de un sistema de captación geotérmica a una bomba de calor geotérmica que proporcionara la temperatura adecuada según las necesidades a partir de la aportada por el subsuelo.

Las bombas de calor geotérmicas obtienen un rendimiento elevado al emplear energía térmica del subsuelo, la cual es menos fría que la del exterior (IDAE, 2012b). Como se comenta en el párrafo anterior la temperatura que se obtiene del terreno puede estar alrededor de los 15 °C por lo que el salto térmico para las distintas aplicaciones es menor que en el caso de bomba de calor convencional.

Existen varios tipos de instalaciones para el aprovechamiento geotérmico:

- Colectores horizontales enterrados: Se colocan a poca profundidad sobre la superficie y están formados de tubos de polietileno por los cuales circula agua con anticongelante y se conectan a la bomba de calor geotérmica. Este sistema está muy influenciado por el clima debido a que se encuentra próximo a la superficie y requiere de una extensión amplia de terreno pero su coste de instalación no es elevado (IDAE, 2012b).



Imagen 4.3. Colectores horizontales enterrados. Fuente: web 43

- Sondas geotérmicas: se trata de tubos colocados en posición vertical en cuyo interior se encuentra el fluido caloportador, pueden alcanzar profundidades mayores de los 100 metros y se emplean cuando no se dispone de espacio o se requiere una demanda mayor de la que pueden producir los colectores horizontales (Llopis y Rodrigo, 2008).

Las sondas geotérmicas ocupan menor espacio y obtienen mayor rendimiento que los colectores horizontales pero requieren de un mayor conocimiento de las características del suelo y una mayor inversión económica (Llopis y Rodrigo, 2008).



Imagen 4.4. Sonda geotérmica. Fuente: web 48.

- Sondeos de captación de agua someros: se trata de la explotación de la capa freática donde se encuentran las aguas subterráneas, este sistema se compone de un sondeo de producción mediante una bomba que conduce el agua hasta la bomba de calor y otro para la devolución de dicha agua ya cuando se le ha extraído la energía calorífica (IDAE, 2012b).
- Cimientos geotérmicos: cuando se insertan en el interior de elementos de cimentación una red de tubos por los que circula agua con anticongelante y se conectan al circuito de la instalación. Los pilotos o muros pantalla crean las condiciones adecuadas para el aprovechamiento de este recurso (ATECOS, 2010-2012e). Estos sistemas sólo pueden emplearse en edificios de nueva construcción y no se podrán reparar en el caso de que algún tubo resulte dañado pero suponen un ahorro de trabajo al ejecutarse junto con la cimentación (Llopis y Rodrigo, 2008).



Imagen 4.5. Losa con conductos. Fuente: web 49

Ventajas y desventajas de la energía geotérmica

ENERGÍA GEOTÉRMICA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Fuente de energía renovable y constante que no depende del clima	✓ Requiere de espacio para la ejecución de perforaciones
✓ Menor dependencia de compañías suministradoras	✓ Posible contaminación de aguas próximas con sustancias como amoníaco o arsénico
✓ Reducción de las emisiones de CO ₂	
✓ Costes de explotación bajos	
✓ Elevada durabilidad de la instalación, entre 25 - 50 años	

Tabla 4.3. Ventajas y desventajas de la Energía Geotérmica. Fuente: elaboración propia a partir de: IDAE, 2012b; web 42; web 41b.

Aplicaciones de la energía geotérmica

Con una instalación mediante bomba de calor geotérmica se puede proporcionar ACS, calefacción y refrigeración sin necesidad de ningún equipo adicional.

ACS

Se puede cubrir la demanda de agua caliente sanitaria mediante bombas de calor geotérmicas de alta temperatura que alcanzan hasta los 65 °C (Gissolar, 2011).

Calefacción

La bomba geotérmica aumenta la temperatura a partir de la energía que le transfiere el sistema de captación y así poder calefactar un espacio. Los emisores óptimos para combinar con una instalación geotérmica son los de tipo radiante porque necesitan menor temperatura para proporcionar el estado de confort. Estos sistemas tienen la ventaja de que la temperatura de partida es más elevada ya que se obtiene del interior de la tierra, no requieren de un salto térmico tan elevado y puede emplearse en climas fríos (web 44; Gissolar, 2011).

Refrigeración

Se puede realizar de dos maneras, la refrigeración pasiva que consiste en utilizar la temperatura del subsuelo directamente sin ayuda de la bomba de calor geotérmica, sería apta para climas no muy calurosos. Y la refrigeración activa a través de una bomba de calor geotérmica reversible que invierte el proceso de calefacción. Los emisores adecuados para refrigeración pueden ser el techo o muro radiante (web 45).

4.4. BIOMASA

Se denomina biomasa a cualquier producto obtenido a partir de materia orgánica para producir energía, estos productos pueden tener origen en residuos agrícolas o forestales entre otros. La combustión de esta biomasa no produce un aumento del efecto invernadero, a diferencia del gas o petróleo, el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual, es el que absorben y liberan las plantas durante su crecimiento (IDAE, 2012c).

El funcionamiento de estas instalaciones se realiza a través de una caldera de biomasa que emplea este tipo de combustibles para generar calor, existen calderas en el mercado que aceptan varios tipos de biomasa y otras que son específicas de alguno de ellos, además dependiendo de las necesidades se dispone de una gama de potencias (IDAE, 2012c).

La biomasa empleada para usos térmicos en muchos casos pasa por un proceso de densificación para compactar y disminuir el espacio entre las partículas que lo forman (IDAE, 2012c). Existen diferentes productos compactados:

- Pellets: producto natural en forma de cilindro de tamaño pequeño elaborado a partir de serrín seco sin aditivos comprimidos a gran presión. De esta manera se consigue un producto duro y denso con una alta capacidad calorífica. Se pueden emplear para alimentar instalaciones tanto pequeñas como grandes. Los pellets son un combustible económico, no ocupan demasiado espacio, produce poco humo y no caduca mientras se conserve en lugares secos (web 46).



Imagen 4.6. Pellets. Fuente: web 51.

- Briquetas: son productos compactados similares a los pellets pero con un tamaño mayor, proceden de desechos de origen vegetal y residuos forestales (IDAE, 2012c).



Imagen 4.7. Briquetas. Fuente: web 60.

También pueden emplearse otro tipo de combustibles no compactados como las astillas, virutas, huesos de aceituna, cascaras de frutos secos, etc. (IDAE, 2012c)

Existen distintos métodos para el almacenaje de la biomasa (web 47a):

- Contenedor o tolva exterior: para casos en los que no se disponga de mucho espacio, se puede almacenar hasta 3000kg lo que supone periodos aceptables de autonomía de la caldera.
- Silo flexible: con una capacidad entre 2 y 5 toneladas son una buena opción cuando se dispone de espacio y no se quieren hacer obras.
- Depósito subterráneo: se pueden utilizar estos depósitos en el exterior y alimentar la caldera con un sistema neumático o un tornillo sin fin.
- Tolva o almacenamiento integrado: viene junto con la caldera y ocupa poco espacio pero su capacidad no es elevada.

- Almacenamiento de obra: son salas que se emplean como silos de biomasa, deben mantener una humedad adecuada.

Ventajas y desventajas de la biomasa

BIOMASA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Empleo de un combustible renovable	✓ Requiere de espacio para el almacenaje de combustible
✓ No aumenta el CO ₂ de la atmosfera, al quemar el combustible se libera CO ₂ pero durante el crecimiento de la materia orgánica vegetal se absorbe este CO ₂ por lo que el balance de emisiones es neutro	✓ Menor densidad energética que los combustibles fósiles
✓ Menor dependencia de combustibles fósiles	✓ Rendimientos menores respecto a las calderas de combustibles fósiles
✓ Menor coste de combustible	
✓ Aumenta el reciclaje y la disminución de residuos	
✓ Instalaciones con amplia vida útil y prácticamente silenciosas	

Tabla 4.4. Ventajas y desventajas de la Biomasa. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012c; web9d; web 47b.

Aplicaciones de la biomasa

A partir de las calderas de biomasa se puede proporcionar agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración.

Agua caliente sanitaria

Las calderas de biomasa son capaces de obtener las temperaturas adecuadas para satisfacer las necesidades de ACS (IDAE, 2012c).

Calefacción

Se pueden emplear cualquier tipo de sistemas con las calderas de biomasa, tanto de radiadores como suelo radiante. En las instalaciones de calefacción con biomasa sólo se diferencia la caldera y su combustible, el resto es igual que en una instalación convencional (web 50). Cuando se requieran potencias menores pueden utilizarse también las estufas de biomasa, éstas pueden alimentarse con pellets u otros combustibles (web 38b).

Las instalaciones de biomasa son capaces de calefactar edificios de todo tipo de dimensiones (IDAE, 2012c).

Refrigeración

Al igual que en las instalaciones solares para obtener refrigeración a partir de una caldera de biomasa es necesario el apoyo de una máquina de absorción o adsorción (IDAE, 2012c).

4.5. COGENERACIÓN

La cogeneración es un proceso en el que se obtiene simultáneamente electricidad y calor útil, todo ello a partir de una fuente de energía primaria. La clave de la cogeneración consiste en el aprovechamiento del calor residual de un proceso que genera electricidad. Los equipos de cogeneración pueden alimentarse de combustibles fósiles, gasóleo, gas natural y también de biogás o biomasa (web 52a).

Según la potencia la cogeneración se pueden clasificar en (web 52b):

- ✓ Micro-cogeneración: potencia máxima no mayor de 50 kW.
- ✓ Cogeneración a pequeña escala: potencia máxima hasta 1 MW.

El término de micro-cogeneración habitualmente se emplea también para denominar la cogeneración a pequeña escala. En edificación estos son los equipos que normalmente se usan (web 52b).

Los sistemas de generación que se usan en micro-cogeneración son (web 52b):

- ✓ Micro-motores alternativos de combustión interna: están diseñados para trabajar una gran cantidad de horas maximizando el rendimiento eléctrico. Se recupera el calor que disipan los motores debido a sus circuitos de agua de refrigeración y los gases de escape.
- ✓ Micro-turbinas de gas: similar a las turbinas comunes pero con un ciclo de regeneración para mejorar el rendimiento eléctrico. Se recuperan los gases de escape para obtener energía útil.

Ventajas y desventajas de la cogeneración

COGENERACIÓN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Menor consumo de energía primaria	✓ No es energía renovable.
✓ Menor consumo de la red eléctrica	✓ Coste inicial elevado.
✓ Generación simultánea de electricidad y calor	✓ Incertidumbre en la política de precios energéticos
✓ Reducción de emisiones de gases efecto invernadero	✓ Riesgo de posibles cambios en la normativa
✓ Alta eficiencia energética, alto aprovechamiento del combustible	✓ Coste de combustible elevado
✓ Evita pérdidas de transporte en energía eléctrica	✓ Número alto de horas de funcionamiento para obtener rentabilidad

Tabla 4.5. Ventajas y desventajas de la cogeneración. Fuente: elaboración propia a partir de web 52a; web 53; Rodríguez, 2011.

Aplicaciones de la cogeneración

Térmicas

Se puede emplear la micro-cogeneración para satisfacer las diferentes aplicaciones térmicas, agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración.

Agua caliente sanitaria

El CTE (Código Técnico de la Edificación) contempla la cogeneración como una opción para sustituir la contribución solar mínima en el aporte energético para cubrir un porcentaje de la demanda de ACS, lo que supone un punto a favor para su uso en este tipo de aplicación.

Calefacción

Los equipos de cogeneración proporcionan una temperatura suficiente para combinar con cualquier tipo de emisores, desde los sistemas radiantes hasta los radiadores convencionales (web 61).

Refrigeración

Como en otros sistemas mencionados anteriormente es necesario el apoyo de una máquina de absorción o adsorción para poder refrigerar. Cuando se genera simultáneamente electricidad, calor y frío se denomina micro-trigeneración, esto supone alargar el periodo de uso de la cogeneración y las ventajas que ello conlleva, además cuanto más uso se hace de la instalación de cogeneración mayor rentabilidad se obtiene (web 52b).

Eléctricas

La energía eléctrica generada puede emplearse para alimentar cualquier elemento que requiera de ella en el edificio, electrodomésticos, equipos de climatización, etc.

5. ESTUDIO DE CASO

Existen ejemplos reales de edificaciones o incluso complejos de viviendas que se han diseñado y construido bajo los criterios bioclimáticos desarrollados durante el trabajo.

Casos que se han concebido con la premisa de la “eficiencia”, intentando minimizar los consumos energéticos al mínimo cumpliendo siempre con las condiciones de confort básicas que marca la normativa.

Se trata de las siguientes edificaciones:

- BedZED (BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT). Londres, Inglaterra
- Vivienda en Moraleda de Zafayona, Granada. España
- Torre Hsbc, Nuevo México
- Departamento de Vivienda del Gobierno Vasco (Durango, Bizkaia). España

Estos edificios o barrios han sido diseñados con el objetivo de mejorar su eficiencia energética y reducir sus consumos, el más interesante es sin duda el proyecto BedZED, un planteamiento de construcción que exprime al máximo todos los criterios desarrollados durante este trabajo, desarrollando al máximo las posibilidades de los criterios pasivos en la construcción para la obtención de los mayores beneficios.

5.1. BEDZED (BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT), LONDRES

Este proyecto desarrollado por el arquitecto Bill Dunster en Londres en 1999, se presenta como uno de los pioneros en materia de sostenibilidad. Mediante la combinación de la eficiencia energética y las medidas pasivas se ha creado un barrio que reduce las emisiones de CO₂.

Los siguientes datos se han extraído del artículo escrito en la revista Sustentabit 9 por Alejandro Pávez.



Imagen 5.1. Villa ecológica BedZED, Londres. Fuente: web 14

Características del barrio:

- Superficie: 1,8 hectáreas
- Número de viviendas: 83 viviendas con tres plantas cada una
- Oficinas: 2500 m² de oficinas
- Departamentos: 17 departamentos
- Zonas verdes, supermercado, campos de deporte, planta de reciclaje de agua, áreas de reciclado, etc.

Desarrollo sostenible según las necesidades:

- Viviendas orientadas al sur para garantizar la máxima ganancia solar.
- Oficinas y zonas mixtas de trabajo y ocio se ubicaron en la cara norte con un jardín.
- Unión de los bloques por medio de pasarelas para fomentar las relaciones sociales.

Factor económico

- Coste de la construcción incluyendo los procesos de investigación y desarrollo: 15 millones de libras (19 millones de euros).
- Según BioRegional la compra o alquiler de una vivienda es superior al de una de similares características en 5,20%, aunque los gastos comunes se ven reducidos en un 50%.

Materiales

Este proyecto fue concebido para que fuera eficiente desde su construcción, eligiendo meticulosamente los materiales y valorando su transporte para reducir las emisiones producidas.

- Preferencia de los consumos locales para reducir el transporte, intentando que todos aquellos elementos que tuviesen que adquirir fuera estuviesen lo más cerca posible de la obra. Se consiguió una reducción de un 25% por el ahorro en el transporte de materiales.
- El uso de acero fue reducido, evitándolo en forjados usando losas alveolares y de hormigón pretensado in situ. En el caso de utilización de acero se dio prioridad al reciclado.

Para los forjados se emplearon losas alveolares de hormigón pretensado in situ, evitando así la utilización de acero y otros materiales.

- La iluminación es eficiente, utilizando elementos de bajo consumo con una reducción de demanda del 80%.
- Mediante el empleo de diferentes técnicas pasivas se ha conseguido que la temperatura interior media de las viviendas no baje de 18°C. Esto sumado a la adecuada captación solar ha conseguido un consumo por inquilino de 2579 kWh/año cada departamento, con un 34% de ahorro.

Energías Renovables

Este complejo se alimenta totalmente de energías renovables. Tiene 777 m² de paneles fotovoltaicos instalados en los tejados de cada bloque que proporcionan un ahorro de demanda eléctrica de un 25% (297.000 kW.h/año). De forma que se reducen 46 toneladas de CO₂.

Agua

Tiene un consumo medio de agua por residente de 72 litros, un 58% menos que la media de Londres. Sin contar la reutilización de 15 litros de agua de lluvia que se recicla para uso sanitario. Siendo un total de 87 litros por persona.

Los grifos son eficientes con un ahorro de 16.700 litros /año.

Utilizan el agua de lluvia mediante cubiertas de recogida, 472 m² de cubierta, con la que recogen 537 m³ de agua anualmente.

Transporte

Reducidas plazas de transporte para fomentar el uso de otros servicios. Como alternativa, tiene organizado un sistema de alquiler de vehículos con una reserva previa de 24 horas.

El residente medio recorre con automóvil 2318 km/año, un 64% menos que la media de una persona en Inglaterra.

Este complejo funciona prácticamente de forma autosuficiente, es un ejemplo claro del aprovechamiento de las medidas pasivas y energías renovables con claros resultados. Resulta interesante encontrarse con un planteamiento tan “ecoficiente” desde la primera concepción de él mismo, puesto que para reducir emisiones incluso durante los procesos de construcción más básicos se buscaron las alternativas menos contaminantes.

5.2. VIVIENDA EN MORALEDA DE ZAFAYONA, GRANADA

Este caso es una vivienda unifamiliar construida en Moraleda de Zafayona por Ecoholística, empresa del Grupo Assyce en 2010 (web 11; web 12).

Obtuvo el primer certificado Passivhaus otorgados a una vivienda en España, por lo tanto está acreditada con el cumplimiento de los principios de eficiencia energética estándar marcados por Passivhouse. Reduciendo las necesidades energéticas (web 11; web 12).



Imagen 5.2. Vivienda unifamiliar de Moraleda de Zafayona. Fuente: web 12

Los datos siguientes se han extraído de web 11 y web 12.

Consumo energético

- Reducción del consumo energético por calefacción: menos de 15kW·h por m² de superficie habitable y año.
- Demanda de calefacción, agua caliente sanitaria, ventilación y otros dispositivos eléctricos: inferior a 120 kW·h por m² de superficie habitable y año.
- Ahorro del 90% en climatización

- El 80% de la energía consumida total se encuentra por debajo de los mínimos marcados por el Código Técnico de la Edificación.
- Balance energético positivo: genera más energía de la que consume por medio de módulos fotovoltaicos.
- Estanqueidad de la envolvente del edificio inferior a 0.6 m³/h (presión de 50 Pa).

Confort

- Elevado confort acústico
- Sistema de ventilación: instalación de filtros anti-polución que aseguran el aire interior de la vivienda, reduciendo la generación de aire viciado.

Coste económico

- Respecto al coste de una vivienda convencional se incrementa de un 3-5%.
- Amortización en un plazo inferior a 2 años (Ecoholística).

5.3. TORRE HSBC, NUEVO MÉXICO

La torre HSBC se encuentra en el Paseo de la Reforma en la ciudad de Nuevo México. Se construyó en 2006 bajo los principios bioclimáticos y la conservación del medio ambiente (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33).

Obtuvo la certificación Gold del sistema LEED por contribuir con el desarrollo sustentable y con la conservación del medio ambiente (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33).



Imagen 5.3. Edificio eficiente HSBC en Nuevo México. Fuente: web 33

Datos del edificio (Green Building Council Bolivia, 2009)

- Altura: 136 metros. 34 pisos
- Área total inmueble: 3171 m²
- Área planta tipo: 1725 m²
- Helipuerto
- 12 niveles de estacionamiento

- 2 sótanos

Financiación (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33)

- Costo Total del Proyecto: 160.000.000 USD
- Financiamiento: HSBC
- Costo por m²: 190 USD
- Sobre-costos para los materiales y las instalaciones verdes: 1.6% de todo el costo
- Sobre costos para recursos humanos: 6,7% de todo el costo
- Beneficios
 - Reducción del 20% en el consumo de energía
 - Reducción del 76% en el consumo de agua potable
 - Reducción de emisiones de CO₂: 1229 toneladas al año.

Ahorro Energético y Contaminación (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33)

- Aire acondicionado eficiente sin uso de fluidos refrigerantes.
- Máximo empleo de la iluminación natural para reducir el consumo de energía eléctrica.
- Sistema de control de iluminación con un sistema regula la intensidad de iluminación dependiendo de la cantidad de luz natural que haya.

Eficiencia en el empleo del agua (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33)

- Almacenamiento de aguas pluviales para su reutilización en las torres de enfriamiento, en el sistema mecánico y en los inodoros.

- El uso del agua se mantiene al mínimo y es reciclada en todos los servicios donde es posible.
- Reducción del 55% del gasto de agua potable utilizada respecto de otros edificios de similares dimensiones.
- Aprovechamiento del sistema natural de drenaje.

Materiales (Green Building Council Bolivia, 2009; web 33)

- Plan de reciclaje: durante la demolición para la construcción los residuos se separaron para su reutilización.
- Mobiliario con certificado de Green-Guard.
- Cubierta verde que actúa como aislante.

Premios recibidos (web 33)

- Premio 2006 del IMEI (Instituto Mexicano del Edificio Inteligente)
- Premio Nacional de Interiorismo 2007 de la Asociación Mexicana de Diseñadores de Interiores.
- Premio IESNA, cat The Energy & Environmental design de la Illuminating Energy Society. USA 2007

5.4. DEPARTAMENTO DE VIVIENDA DEL GOBIERNO VASCO (DURANGO, BIZKAIA)

Promoción de 26 viviendas de protección oficial en las que se han incorporado los conceptos de sostenibilidad para mejorar su eficiencia energética.

Descripción

Estas promociones de viviendas iniciadas por el Departamento de Vivienda pretenden:

- Subir el ahorro energético.
- Mejorar la sostenibilidad de la edificación.
- Viabilidad y rendimiento del diseño aplicado para analizar si es adecuado para futuras construcciones.
- Obtener datos reales en fase de uso.
- Concienciar a los usuarios de la vivienda del valor de la sostenibilidad.

Demanda energética

- Fachada sur con mayores aberturas que la norte para potenciar la captación solar.
- Muros Trombe en la fachada sur para el aporte energético.
- Colocación de elementos de sombreado para evitar el sobrecalentamiento en verano.
- Parasoles horizontales de aluminio en fachada sur
- Parasoles verticales de aluminio en la fachada este y oeste.
- Se han reducido las transmitancias de las fachadas y cubierta con respecto al límite establecido en el CTE DB HE 1:

- Transmitancia de fachada: 0,37 W/m²·k (máximo valor permitido por el CTE 0,95 W/m²·k)
- Transmitancia cubierta: 0,38 W/m²·k (máximo valor permitido por el CTE 0,53 W/m²·k)

Ventilación

- Ventilación natural combinada con mecánica de doble flujo con recuperadores de calor en cada vivienda.
- Reducción en un 70% de pérdidas asociadas a la ventilación.

Carpintería exterior

- Carpinterías con RPT.
- Cajas de persiana tipo monobloc y aisladas térmicamente.
- Acristalamiento 6+12+4.

Instalación de alumbrado en zonas comunes

- Bombillas de bajo consumo y alto rendimiento lumínico.
- Con interruptores de presencia.

Instalaciones de calefacción y de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

- Sistema de generación bivalente.
- La potencia base se cubre con un sistema de intercambio de calor geotérmico de baja entalpía y con bomba. La carga puntal se alimenta mediante una caldera de condensación de gas natural.
- Control individual de demandas y termostatos individuales programables

Elementos de grifería

- Grifos con reductores de caudal.

Instalación domótica

- Preinstalación domótica.
- Cada vivienda posee un contador de consumo eléctrico que asocia consumos con emisiones de CO₂ con el objetivo de sensibilizar al usuario.

Instalaciones de energías renovables

- Sistema de intercambio geotérmico
- Sistema de monitorización para realizar diagnósticos de las instalaciones y del comportamiento del usuario con el objetivo de mejorar constantemente la eficiencia energética

Resultados del proyecto

- 40% de la energía primaria consumida para calefacción y ACS aportada por geotermia.
- La recuperación de calor en la ventilación, en un día de invierno, eleva la temperatura del aire exterior en 15 °C para impulsarla en las viviendas.
- El muro Trombe puede aportar 2 horas de calefacción en un día soleado.

6. CONCLUSIONES

El trabajo ha sido elaborado con el objetivo de analizar las técnicas de construcción pasivas y las instalaciones que más eficientes son y mejores resultados obtienen, indicando las ventajas que ofrece cada una de ellas, cuando resulta más útil su utilización y en que climas funcionan mejor.

Se ha centrado en mayor medida en la mejora del parque inmobiliario existente, que al no regirse por las normativas actuales en materia de eficiencia y ahorro, suponen auténticos depredadores de energía. Se han estudiado distintas guías y estudios energéticos que evalúan el consumo energético, con el fin de sintetizar en cada estrategia pasiva su uso más efectivo según los diferentes condicionantes.

Un edificio está sometido a varios parámetros principalmente: ubicación, clima, materiales empleados para su construcción, diseño y normativa de aplicación durante su desarrollo ya que marcará los mínimos exigibles de la época.

Estos aspectos influyen directamente en la efectividad de los sistemas pasivos analizados. Es necesario el análisis de cada uno de ellos para determinar si con su desarrollo en el diseño de la construcción se van a obtener los resultados esperados. Con las obras de rehabilitación ocurre lo mismo, la decisión de dar el paso hacia la eficiencia y reducción de consumos debe meditarse, analizar cada situación en particular para que la inversión resulte rentable y eficaz.

Conclusiones sobre la importancia del Aislamiento Térmico

El aislamiento térmico se presenta como un aspecto fundamental para la reducción del consumo energético. Tras lo estudiado resulta una medida muy efectiva en la que se consiguen tres premisas básicas en la eficiencia energética:

- Es una medida eficiente energéticamente, con reducciones de hasta el 40% dependiendo del estado del edificio y el aislamiento del que disponga.
- Resulta una acción respetuosa con el entorno.
- Mejora el confort térmico de los usuarios.

RECOMENDACIÓN DE COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN USO			
	AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR	POR INYECCIÓN EN CÁMARA
Vivienda Permanente	RECOMENDABLE	MUY RECOMENDABLE	MENOS RECOMENDABLE
Vivienda Vacacional	MUY RECOMENDABLE	RECOMENDABLE	MENOS RECOMENDABLE

Tabla 6.1. Recomendaciones de la colocación del aislamiento según el uso de la vivienda. Fuente: elaboración propia

La disposición del aislamiento reduce el consumo energético, aunque el porcentaje variará según el clima; el espesor de aislamiento y material, y la orientación del edificio; resulta una inversión que genera ahorro y reducción de emisiones.

En una rehabilitación la disposición del aislamiento en fachada resulta siempre beneficiosa. Generando un coste que se amortizará a corto o medio plazo según climas.

La colocación del aislamiento por el exterior alarga el tiempo en el que se alcanza la temperatura de confort en el interior de la vivienda al tener que calentar la masa

térmica, pero una vez se alcanza la temperatura aporta grandes beneficios al conservarse esa temperatura por más tiempo. Así pues es recomendable en zonas frías y cuando la vivienda no es esporádica.

- En invierno se minimizan las pérdidas de calor
- En verano minimiza la entrada de calor
- Bien colocado no crea puentes térmico

Por el contrario si se busca acondicionamiento térmico rápido, como en las viviendas vacacionales, el aislamiento por el interior reduce el tiempo en el que alcanza la temperatura de confort.

La inyección en cámara no es la solución más recomendable si se puede utilizar alguna de las anteriores como consecuencia de su difícil puesta en obra. Su correcto funcionamiento depende en mayor media de la puesta en obra y su distribución homogénea por la cámara.

Amortización del aislamiento en fachada según climas:

AMORTIZACIÓN ECONOMICA DE LOS AISLAMIENTO SEGÚN EL CLIMA Y POSICIÓN		
	CLIMÁS FRÍOS	CLIMÁS CÁLIDOS
Aislamiento por el Interior	MÁS RENTABILIDAD	MENOR RENTABILIDAD
Aislamiento por el Exterior	MÁS RENTABILIDAD	MENOR RENTABILIDAD
Inyección en Cámara	MÁS RENTABILIDAD	MENOR RENTABILIDAD

Tabla 6.2. Amortización de los aislamientos según el clima y la posición del mismo: por el interior de la masa térmica, por el exterior o por inyección en cámara. Fuente: elaboración propia

La amortización económica es un aspecto importante a valorar para tomar la decisión de rehabilitar la fachada con objeto de colocar el aislante, si no existe, o cambiarlo si es necesario.

El caso de colocar el aislamiento por el interior resulta más rentable y se produce un mayor ahorro energético en las localizaciones donde el clima es más frío. Obteniendo mayores beneficios energéticos y económicos a corto plazo.

Lo mismo sucede si se coloca el aislamiento por fuera de la fachada o se inyecta en la cámara, aunque cuesta más dinero la instalación, la amortización se realiza en un tiempo muy inferior a los sitios cálidos. Se ahorra más energéticamente lo cual repercute en la factura económica y reducción de emisiones. Esta amortización en un tiempo inferior se debe a que térmicamente el aislamiento en fachadas resulta más eficiente en climas fríos que en cálidos.

Aislamiento en cubiertas

Para las cubiertas la colocación del aislamiento es igualmente necesaria y provechosa en el caso de querer reducir el gasto energético. La solución más eficiente es colocar el aislamiento por el exterior que aunque al tener más inercia térmica tarde más tiempo en calentarse, conserva la temperatura durante más tiempo y reduce la posibilidad de puentes térmicos al ser continuo.

Aislamiento en ventanas

El cambio de los acristalamientos y marcos es una solución energética con menos obra que otras y con beneficios cuantiosos. Se reduce el consumo energético al reducirse las filtraciones de aire.

Según los distintos materiales que se emplean para los perfiles se obtienen distintos resultados energéticos.

TIPO DE MARCO	EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AISLAMIENTO TÉRMICO
MARCO METÁLICO	MENOS EFICIENTE
MARCO METÁLICO CON RPT	MUY EFICIENTE
MARCO DE MADERA	EFICIENTE
MARCO DE PVC	MUY EFICIENTE

Tabla 6.3.comparativa de los materiales de los marcos en ventanas según su eficiencia energética.

Fuente: elaboración propia

El metal tiene una transmitancia térmica elevada, y si no se trata con acabados adecuados para aislarlo, resulta un foco de transmisión de calor importante.

La madera sin embargo tiene una “U” baja, lo cual la convierte en un excelente aislante. Pero su mantenimiento es necesario para su correcta actuación, ya que en contacto con la humedad la madera se degrada. Por eso resulta un perfil eficiente siempre que se mantenga bien conservado.

Resulta fundamental en las ventanas, la combinación del aislamiento térmico adecuado con la combinación de aislamientos móviles: contraventanas, persianas, toldos, etc.

Conclusiones de sobre la importancia de la Masa Térmica

Dependiendo de la orientación del edificio y principalmente del clima y las variaciones de temperatura, una elevada masa térmica puede resultar una técnica de ahorro energético útil o no ser efectivo para mantener el confort térmico en el interior de la edificación.

Así pues, la utilización de materiales con elevada masa térmica en muros resulta más provechoso en climas extremos como el desértico, es decir, climas donde las temperaturas entre el día y la noche varían de forma considerable. De forma que durante el día el muro almacene radiación solar y por la noche cuando las temperaturas descienden, gracias al retraso térmico que se produce, se radia el calor almacenado en el interior alcanzando la temperatura adecuada.

Los climas que son cálidos durante la mayor parte del año de manera regular tampoco son los más adecuados para tener muros con una elevada masa térmica, puesto que al no existir una variación de temperatura notable los muros tienden a mantener la temperatura media exterior, que al ser elevada puede provocar que el confort térmico no esté en el límite deseable del confort.

EMPLEO DE FACHADA DE ELEVADA MASA TÉRMICA				
	MEDITERRÁNEO	OCEÁNICO	CONTINENTAL	SUBTROPICAL
FACHADA INERCIA TÉRMICA ELEVADA	Recomendable (según zonas)	Menos recomendable	Recomendable	Menos recomendable

Tabla 6.4. Utilización de fachadas con elevada inercia térmica en España según climas. Fuente: elaboración propia

En España la utilización de fachadas con una inercia térmica muy elevada puede ser útil en los lugares con clima continental donde la variación de temperaturas entre el día y la noche, así como entre el verano y el invierno, son más elevadas. La posición recomendable de las fachadas con mayor masa térmica son las orientadas al sur.

En el clima oceánico las temperaturas suelen ser moderadas y con pocas variaciones durante el año, por lo que muros de inercia térmica elevada pueden resultar contraproducentes para el confort térmico. De igual manera que en el clima oceánico ocurre en el clima subtropical, que tiene poca variación de temperaturas durante el año.

En el clima mediterráneo dependiendo de la zona geográfica sería recomendable su uso. Hay zonas más cercanas a la meseta donde la variación de temperaturas es mayor aun siendo clima mediterráneo, por lo que plantear una estrategia de elevada masa térmica en las fachadas con mayor recepción de radiación solar resulta recomendable.

Conclusiones sobre la importancia de los Sistemas de Captación Solar Pasiva, la Ventilación y el uso de Protecciones para la Radiación Solar

Realizar aberturas en la fachada es un recurso que bien utilizado resulta muy útil en materia de ahorro energético.

En España, es la orientación sur la que recibe mayor radiación solar, por lo que la abertura de huecos a en esta fachada proporciona un incremento de temperatura al ser absorbida por elementos con inercia térmica como muros y suelos.

La ventilación de las viviendas es un sistema pasivo fundamental para la renovación del aire y la reducción de la temperatura interior, sin embargo, el sistema funciona mejor en las temporadas frías, por lo que no se puede garantizar su efectividad al 100% en España durante todo el año. Y será en el clima oceánico, donde las temperaturas son suaves todo el año y los cambios moderados, donde su efectividad es mayor.

La ventilación natural depende totalmente de la orientación del edificio, de su tamaño, del entorno, clima y dirección de los vientos. Por lo tanto, un edificio de varias alturas, con un sistema de distribución de espacios en el interior complejo, rodeado de ruido y contaminación, no se puede servir plenamente de este sistema, aunque recibe más flujo de aire por su altura.

Las viviendas unifamiliares de pocas alturas, aisladas y con vegetación cercana, son los tipos de edificios que se sirven de este sistema pasivo de manera más exitosa.

Al abrir huecos en la fachada sur para mejorar la captación solar pasiva en invierno para reducir el consumo en calefacción se produce el efecto contrario en verano, cuando la temperatura es mayor y la radiación solar más intensa, por lo que aumenta la necesidad de refrigeración. Por estas aberturas se produce una ganancia de calor

que hay que minimizar en verano mediante el empleo de elementos de protección frente a la radiación más adecuados según las necesidades.

Hay que tener en cuenta que las protecciones exteriores son más eficaces que las interiores, y que en la fachada orientada al sur la colocación de las lamas en horizontal reduce de forma superior los consumos de refrigeración.

Mediante esta actuación en conjunto, la colocación de elementos para la protección de la radiación solar y los sistemas de captación solar pasiva, se consiguen reducir las necesidades de calefacción y refrigeración según cada estación.

Un cuidado diseño facilitará la reducción de emisiones y el ahorro energético al reducirse las necesidades energéticas.

Conclusiones sobre la Iluminación

La iluminación es un parámetro fundamental para el buen desempeño de la actividad humana. Tratarlo de forma adecuada permite reducir gastos energéticos por lo que resulta una medida a considerar desde el punto de vista de la eficiencia.

Como ya se ha explicado en el punto sobre “iluminación” un adecuado diseño de las ventanas permite la entrada de luz natural lo que no sólo reduce el gasto energético sino que mejora el estado de ánimo y el buen desempeño del ser humano. El mejor diseño para aprovechar al máximo la iluminación natural es la colocación de grandes ventanales orientados al sur, que reciben ganancias luminosas mayores, en combinación con sistemas de protección adecuados para impedir el calentamiento de la estancia por la radiación solar. La orientación norte es la que menos luz natural recibe a lo largo del año.

En el momento de la utilización de luz artificial, un correcto uso de la misma y un diseño que aproveche al máximo las posibilidades de la natural resulta el planteamiento más eficiente para el ahorro energético en este campo.

En cuanto al empleo de energías biomasa y cogeneración, no dependen de los climas. Mientras que las tecnologías basadas en la energía solar y geotérmica, en el caso de

colectores enterrados, dependen de la acción del sol para que su funcionamiento sea el adecuado.

Conclusiones sobre las Instalaciones Eficientes Energéticamente

De las distintas energías estudiadas en el proyecto casi la totalidad de ellas sirven para cubrir la demanda de calefacción y refrigeración. Aunque algunas necesitan equipos adicionales, como máquinas de absorción o adsorción, para el proceso de refrigeración.

La evaluación de utilización de cada una de ellas depende de las necesidades a cubrir, la inversión que se quiere hacer y el espacio disponible para el almacenamiento de materias primas para el combustible en algunos casos. Ya que algunas de ellas como la geotermia precisan de espacio para hacer las perforaciones, o la biomasa que necesita almacenamiento de para el combustible renovable.

También es un factor condicionante el hecho de si la edificación es de nueva construcción o es una rehabilitación, puesto que hay instalaciones que requieren de empleo de equipos, y en edificios construidos se dispone de un espacio limitado o inexistente.

Esto sucede con la energía solar térmica y fotovoltaica, que se pueden colocar en un edificio rehabilitado pero deben de tener el espacio adecuado para ello. En edificios nuevos no es un problema al estar regulado por el Código Térmico de la Edificación la obligatoriedad de instalar placas solares para cubrir una demanda mínima de ACS.

Para decantarse por una energía u otra el clima es un aspecto fundamental, puesto que hay tecnologías, como la energía solar térmica y fotovoltaica, que requieren de la radiación solar para poder abastecerse, de forma que un clima con poca radiación solar resulta poco rentable. El clima de España favorece su adecuado rendimiento en prácticamente toda la península.

Otras tecnologías como biomasa, cogeneración y geotermia, no está influidas por factores ambientales.

Comparación de los distintos sistemas y tecnologías estudiadas según distintos parámetros

	TIPOS DE CLIMAS EN ESPAÑA			
	MEDITERRANEO	OCEÁNICO	CONTINENTAL	SUBTROPICAL
Aislamiento Térmico	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Masa Térmica	EFFECTIVO	MENOS EFFECTIVO	EFFECTIVO	MENOS EFFECTIVO
Sistemas de Captación Solar Pasiva	MENOS EFFECTIVO	EFFECTIVO	MENOS EFFECTIVO	EFFECTIVO
Ventilación Natural	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Protección contra la Radiación Solar	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Iluminación	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Energía Solar	EFFECTIVO	MENOS EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Geotermia	EFFECTIVO	MENOS EFFECTIVO	EFFECTIVO	EFFECTIVO
Biomasa	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA
Cogeneración	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA	NO AFECTA

Tabla 6.5. Efectividad de los sistemas y tecnologías explicados según los climas en España. Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se muestra de manera visual como de efectivos son los sistemas o tecnologías desarrollados durante el trabajo según los diferentes climas en España.

El aislamiento térmico como ya se ha comentado es una técnica eficaz desde el punto de vista del ahorro energético, pero su mejor resultado depende de la posición del aislamiento como se ha descrito en las conclusiones del aislamiento térmico. Sin embargo, se puede afirmar que su colocación en fachadas, cubiertas e instalaciones siempre va a beneficiar la reducción del consumo.

La masa térmica no resulta una solución tan viable en los climas con una variación de temperatura moderada. Siendo más efectivo en aquellos climas con variaciones de temperatura superiores.

La ventilación natural siempre es eficiente si se realiza de manera adecuada, al igual que los sistemas pasivos de captación solar, aunque estos se aprovechan más en climas frescos o con variaciones de temperatura bajas, como el clima oceánico y el subtropical.

La iluminación es un parámetro del que se beneficia un edificio en cualquier clima, con la diferencia de que aquellos climas más soleados y con menos precipitaciones se beneficiarán más de ella que los climas como el oceánico con un nivel de precipitaciones elevado y repartido de forma regular a lo largo del año.

En cuanto al empleo de energías biomasa y cogeneración, no dependen de los climas. Mientras que las tecnologías basadas en la energía solar y geotérmica, en el caso de colectores enterrados, dependen de la acción del sol para su efectivo funcionamiento.

La siguiente tabla muestra los ahorros energéticos para cada una de las tecnologías e instalaciones estudiadas, y tiene por objetivo resumir de manera visual que energías y criterios son más eficientes y producen mayor ahorro energético.

Todo lo expuesto en la tabla se ha desarrollado con mayor amplitud durante el trabajo, pero se han unido en una misma tabla para poder comparar de forma sencilla la efectividad de cada una de ellas. Cuáles se ajustan de forma más sencilla a los objetivos de ahorro buscados.

	AHORRO ENERGÉTICO
Aislamiento Térmico	De todos los sistemas analizados la colocación del aislamiento térmico necesario en un edificio supone un ahorro energético elevado e importantes reducciones de gases contaminantes. Además de que mejora el confort térmico del interior afectando de manera positiva al confort de los usuarios.
Masa Térmica	Es una estrategia eficiente si se utiliza en los lugares adecuados. Si se emplea en la ubicación o clima menos apropiado puede provocar el efecto contrario al deseado, disconfort térmico en el interior.
Sistemas de captación Solar Pasiva	Eficientes si se utilizan bajo los parámetros explicados.
Ventilación Natural	La ventilación natural siempre es necesaria, las renovaciones de aire en el interior son clave para el confort de los usuarios. Pero son más efectivas las localizaciones más frías y con temperaturas estables.
Protección contra la Radiación Solar	Estos elementos de protección son necesarios siempre para completar los beneficios de la captación solar pasiva. La abertura de huecos en la fachada sur reduce el consumo energético en invierno pero lo aumenta en verano si no existen las protecciones adecuadas. En los climas donde la radiación solar es elevada estos elementos resultan imprescindibles.
Iluminación	El aprovechamiento de la iluminación natural en combinación con las estrategias adecuadas de iluminación artificial beneficia la reducción del consumo energético. Un diseño adecuado permite la reducción del consumo de luz y contribuye al ahorro energético y económico.
Energía Solar	Obligatoria para cubrir parte de las necesidades de ACS según el CTE. Son instalaciones que funcionan con energía limpia y renovable. Tiene un coste elevado de instalación que se amortiza en localizaciones con una elevada radiación solar media.

Geotermia	Instalación eficiente que no depende del clima (salvo los colectores enterrados). Con una durabilidad larga y poca dependencia de las suministradoras
Biomasa	Las instalaciones de biomasa son muy eficientes dado que el combustible que utilizan no desprende gases contaminantes al utilizarse. Permite conseguir la máxima calificación en eficiencia energética
Cogeneración	La cogeneración es una tecnología eficiente pero con un coste elevado inicial. Se debe de estudiar su colocación.

Tabla 6.6. Ahorro energético de las distintas tecnologías y criterios de diseño pasivo estudiados. Fuente: elaboración propia.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcayna Orts, Juan José (2012). *Estudio de las Necesidades de Ventilación Natural desde el Punto de vista Higiénico mediante el Análisis de la calidad de aire en la ciudad de Valencia*. Aplicación a la Lonja de la Seda. Universidad Politécnica de Valencia.

ANDIMA (Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes) (2008a). "Rehabilitación de Fachadas con Aislamiento Térmico". En: FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). *Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas*, (p. 27-62).

ANDIMA (Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes) (2008b). "Rehabilitación de cubiertas con aislamiento térmico". En: FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid) .*Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas*, (p. 63-104).

ANDIMA (Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes); IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) (2008a). *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución*.

ANDIMA (Asociación Nacional de Industriales para Materiales Aislantes); IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía) (2008b). *Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado*.

ANDIMAT (Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes) (2010). "Aislamiento Térmico en Edificios". En: FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). *Soluciones Energéticamente Eficientes en la Edificación*, (p. 49-70)

asefave (Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas) (s.f.). *Eficiencia Energética mediante Sistemas de Protección Solar.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012a). *Aislamiento Térmico Interior de Muros.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012b). *Sistemas Pasivos: Captación Solar.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012c). *Técnicas Básicas de Ventilación*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012d). *Sistemas Pasivos: Ventilación Natural.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012e). *Aislamiento Térmico de Cubiertas.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012f). *Aislamiento Térmico de las Instalaciones.*

ATECOS (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2010-2012g). *Energía Geotérmica.*

Bonilla Hernández, Sergio (2009). *Construcción de Edificios Energéticamente Eficientes.*

CEI (Comité Español de Iluminación); IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) (2005). *Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*.

Cruz Chaves, Rocío (2010). "Iluminación Natural". En: FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). *Soluciones Energicamente Eficientes en la Edificación*, (p. 95-104).

Dias Borfalo Junior, Hamilton (2010). *Estrategias de Ventilación Natural en Edificios para la mejora de la Eficiencia Energética*. Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya.

ENFORCE (European Network for the Energy Performance Certification of Buildings) (2009). *Guía Práctica sobre el Ahorro y la Eficiencia Energética en Edificio*.

Fundación Gas natural (2013). *La eficiencia energética en el uso de la vivienda*.

Galindo Paz, Marta; García Rivas, Roberto; Pérez Rodríguez Jaime (2013). *Guía de la Eficiencia Energética en los Edificios Residenciales*.

García, Aurelio (2010). "Criterios para un consumo responsable con el clima". En: Gobierno de Aragón, Dpto de Salud y Consumo Dirección General de Consumo. *Consumo responsable y cambio climático. Criterios y propuestas para la mitigación del cambio climático desde el consumo responsable en Aragón*, (p. 15-20)

GISsolar Instalaciones (2011). *La instalación geotérmica para climatización y producción de ACS*.

Green Building Council Bolivia (2009). *Caso de Estudio. Torre HSBC*. Disponible en:
http://www.gbcbolivia.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/Caso_estudio1_LEED%20_Torre_HSBC.pdf

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012a). *Área tecnológica: Energía Solar Térmica*.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012b). *Área tecnológica: Geotermia*.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012c). *Área tecnológica: biomasa y residuos*.

IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) (2011). *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020*

Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental) (2014). *Edificación y Rehabilitación Ambientalmente Sostenible de Euskadui. 13 casos prácticos de excelencia ambiental*.

ISOVER Saint-Gobain (2013). *Aislamiento de Fachadas. Soluciones ISOVER para Obra Nueva y Rehabilitación*.

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012a). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente las fachadas de su edificio por el interior de la vivienda*.

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012b). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente las fachadas de su edificio por el interior de la vivienda*.

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012c). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente las fachadas de su edificio por el interior de la vivienda.*

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012d). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la cubierta de su edificio por el interior.*

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012e). *Como elegir una vivienda con calidad. Cubiertas.*

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012f). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la cubierta de su edificio por el exterior.*

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012g). *Cómo Elegir una Vivienda de Calidad. Instalación de Ventilación.*

IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) (2012h). *Cómo ahorrar energía colocando protecciones solares en los huecos de su vivienda.*

Llopis Trillo, Guillermo y Rodrigo Angulo, Vicente (2008). *Guía de la energía geotérmica.* Fenercom (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Manteca, Florencio (2012). *Diseño de edificios de elevada eficiencia energética en Construcción sostenible.*

Maqueira Yamasaki, Ángeles (2011). *Sostenibilidad y ecoeficiencia en arquitectura.* Ingeniería Industrial, 29, 125-152. Universidad de Lima.

Matute Oleas, María José (2014). *Tecnología Sostenible y Eficiencia Energética Aplicada al Diseño de una Vivienda*. Trabajo Fin de Carrera, Universidad de Cuenca.

Miguez, Juan Andrés (2010). *Energía solar térmica para refrigeración. Fundamentos de la energía solar térmica*.

Pastormerlo, Juan; Souza, Edgardo (2013). *Aprovechamiento de la masa térmica del hormigón para la construcción de Viviendas Sostenible*. Instituto del Cemento Portland Argentino.

Pávez V., Alejandro (2011). "Barrio Sustentable BedZED Londres. La vida en verde". *Sustentabit 9* (p. 32-35).

Rocha-Tamayo, Eduardo (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA1. *Nodo*, 11, 99-116.

Rodríguez Charlon, Santiago (2011). *Eficiencia energética de las instalaciones: La cogeneración*. Fundación Instituto Tecnológico de Galicia.

Suarez Díaz, Jorge (2009). *¿Sostenibilidad y Eficiencia Energética en la Arquitectura-Construcción?*

Systemair Products (2012). *¿Ventilación híbrida o mecánica?*

VV.AA. (2009). *Documento Básico Hs: Salubridad*. CTE (Código Técnico de la Edificación)

VV.AA. (2013). *Documento Básico HE: Ahorro Energético*. CTE (Código Técnico de la Edificación).

VV.AA. (2013). *Libro Verde de sostenibilidad urbana y local en la era de la información*.

Zubiri Arqueta, Edurne (2010). "Arquitectura Bioclimática". En: FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). *Soluciones Energicamente Eficientes en la Edificación*, (p. 25-48).

	WEB	REFERENCIA WEB
web 1	europa.eu	Eficiencia energética de los edificios. (s.f.). Europa. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0021_es.htm
web 2	fomento.gob.es	Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. (s.f.). Fomento. https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/ARQ_VIVIENDA/APOYO_EMANCIPACION/PLAN_ESTATAL.htm
web 3	eficiencia.hcenergia.com	Ventajas de la Eficiencia Energética. (s.f.). Eficiencia Energética. http://eficiencia.hcenergia.com/eficiencia/portal.do?IDM=3&NM=2
web 4	idae.es	Calificación Energética de Edificios. (s.f.). IDAE. http://www.idae.es/index.php/id.25/mod.pags/mem.detalle
web 5a	construmatica.com	Técnicas Bioclimáticas. (s.f.). Construmática. http://www.construmatica.com/construpedia/T%C3%A9cnicas_Bioclim%C3%A1ticas
web 5b	construmatica.com	Rehabilitación de Fachadas con Aislamiento por el Interior. (s.f.). Construmática. http://www.construmatica.com/construpedia/Rehabilitaci%C3%B3n_de_Fachadas_con_Aislamiento_por_el_Interior
web 5c	construmatica.com	Rehabilitación de Cubiertas con Aislamiento por el Interior. (s.f.). Construmática. http://www.construmatica.com/construpedia/Rehabilitaci%C3%B3n_de_Cubiertas_con_Aislamiento_por_el_Interior
web 6	construction21.eu	Sala, Isabel. (2013). Las energías renovables en edificación, ventajas y viabilidad en eólica, solar y biomasa. Construcción21. http://www.construction21.eu/espana/articulos/es/las-energias-renovables-en-edificacion-ventajas-y-viabilidad-en-eolica-solar-y-biomasa.html
web 7a	es.wikipedia.org	De la cuna a la luna. (2014). Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/De_la_cuna_a_la_cuna
web 7b	es.wikipedia.org	Chimenea Solar. (2013). Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Chimenea_solar
web 8	faircompanies.com	Productos de-la-cuna-a-la-cuna (Cradle to Cradle, C2C). (s.f.). Fair companies. http://faircompanies.com/news/view/productos-la-cuna-a-la-cuna/
web 9a	twenergy.com	De la cuna a la cuna (Cradle to cradle). (2012). Twenergy. http://twenergy.com/a/de-la-cuna-a-la-cuna-cradle-to-cradle-283
web 9b	twenergy.com	Ventilación natural. (2013). Twenergy. http://twenergy.com/a/ventilacion-natural-878
web 9c	twenergy.com	Desventajas de la energía solar (2012). Twenergy. http://twenergy.com/a/desventajas-de-la-energia-solar-528
web 9d	twenergy.com	Ventajas de la biomasa (2012). Twenergy. http://twenergy.com/a/ventajas-de-la-biomasa-767
web 10	thermabead.com	Aislamiento por inyección en cámara para la rehabilitación energética de viviendas. (s.f.). http://www.thermabead.com/como-funciona/
web 11	ecoticoas.com	Ecología presenta la vivienda más eficiente de España.

		(2010). Ecoticias. http://www.ecoticias.com/bio-construccion/36301/rss.php
web 12	granadanews.es	Ecologista presenta la vivienda más eficiente de España. (2010). Granada News. http://www.gradanews.es/2010/11/ecologista-presenta-la-vivienda-mas.html
web 13	certificadosenergeticos.com	Serrano Yuste, Paula. (2014). Tipos de vidrios y marcos en la certificación energética de inmuebles. Certificados energéticos. http://www.certificadosenergeticos.com/repaso-vidrios-marcos-certificacion-energetica-inmuebles
web 14	ecoosfera.com	6 Modernas y Ecológicas Construcciones que Combaten el Calentamiento Global. (s.f.). Ecoosfera. http://www.ecoosfera.com/2012/09/6-modernas-y-ecologicas-construcciones-que-combaten-el-calentamiento-global/
web 15	dintelo.es	EFICIENCIA ENERGÉTICA. El concepto de Rehabilitación Energética. (s.f.). Dintelo. http://www.dintelo.es/el-concepto-de-rehabilitacion-energetica/
web 16	instalacionesyeficienciaenergetica.com	Rivas, Paulino. (2013). Ahorro Energético con Aislamiento Térmico para Tuberías. Instalaciones y Eficiencia Energética. http://www.instalacionesyeficienciaenergetica.com/2013/10/ahorro-energetico-con-aislamiento-termico-para-tuberias.html#.U_VNY_I_vyU
web 17	pedrojhernandez.com	Hernández, Pedro J. (2014). Espacios Tapón. Pedro J. Hernández. http://pedrojhernandez.com/2014/03/26/espacios-tapon/
web 18	miliarium.com	Criterios utilizados en Construcción Verde. (s.f.). Milliarium. http://www.miliarium.com/bibliografia/Monografias/Construccion_Verde/criterios.asp
web 19	empresaeficiente.com	
web 20	gabrielgarciaci.blogspot.com.es	Invernaderos Adosados. (2013). Fotociudad. http://gabrielgarciaci.blogspot.com.es/2013/04/invernaderos-adosados.html
web 21	mimbrea.com	De Ayarra, Juan Manuel. (2014). El Muro Trombe: aprovechando la luz del sol como calefacción. Mimbrea. http://www.mimbrea.com/el-muro-trombe-aprovechando-la-luz-del-sol-como-calefaccion/
web 22	0grados.com	El muro de Trombe. (s.f.). Cero Grados Celsius. http://0grados.com/el-muro-de-trombe/
web 23	es.wikipedia.org	Muros de Agua. (2013). Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Muros_de_agua
web 24	esacademic.com	Sistemas solares pasivos. (s.f.). Academic. http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1095604
web 25	lema.rae.es	Ventilación. (s.f.). Real Academia Española. http://lema.rae.es/drae/?val=ventilaci%C3%B3n
web 26	andimat.es	El nuevo CTE multiplica por dos el aislamiento. (s.f.). ANDIMAT. http://www.andimat.es/el-nuevo-cte-multiplica-por-dos-el-aislamiento
web 27	reinvac.net	Informe de evaluación de edificios y certificación de eficiencia energética. (s.f.). Reinvac. http://www.reinvac.net/informe-de-evaluacion-de-edificios-y-certificacion-de-eficiencia-energetica/
web 28	bvsde.paho.org	Ventilación interior y exterior. (s.f.). Bvsde. http://www.bvsde.paho.org/arquitectura/clase42/clase42.htm
web 29	cener.com	Chimenea Solar. (s.f.). CENER.

		http://www.cener.com/documentacion/chimenea_solar.pdf
web 30	elcerramiento.mx	Fernández, Oscar. (2011). Ventilación cruzada y efecto Venturi. El cerramiento. http://elcerramiento.mx/notas.php?id_nota=729221306&id_sec=14
web 31	construccion-y-reformas.vilssa.com	Estrategias de ventilación, ventilación natural, ventilación cruzada. (s.f.). Edificae Vilssa. http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/ventilacion-natural-ventilacion-cruzada
web 32	siberzone.es	Sistema de Ventilación Híbrida. Concepto y principio de funcionamiento. (s.f.). Siber. http://www.siberzone.es/?page_id=25
web 33	conciencia-sustentable.abilia.mx	Torre HSBC. (s.f.). Conciencia Sustentable. http://conciencia-sustentable.abilia.mx/torre-hsbc/
web 34	csostenible.net	Microclima y orientación. (s.f.) Agenda de la construcción sostenible. http://www.csostenible.net/index.php/es/temes_clau/microclima-orientacio
web 35	bioenergysolar.com	Sistema de Captación: Panel solar. (s.f.). Bioenergy. http://www.bioenergysolar.com/index.php/es/componentessolartermica.html
web 36	dforcesolar.com	Los beneficios de la energía solar (s.f.). Mundo Solar. http://twenergy.com/a/desventajas-de-la-energia-solar-528
web 38a	soliclima.es	Calefacción solar (s.f.). SoliClima. http://www.soliclima.es/calefaccion-solar
web 38b	soliclima.es	Estufas de biomasa (s.f.). SoliClima. http://www.soliclima.es/estufas-de-biomasa
web 39	mundohvacr.com	La refrigeración solar (s.f.). Mundo HVAC&R. http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2007/10/la-refrigeracion-solar/
web 40	igme.es	La energía geotérmica (s.f.). Instituto geológico y minero de España. http://www.igme.es/internet/geotermia/La%20energ%EDa%20geot%E9rmica.htm
web 41a	girodgeotermia.com	Que es la energía geotérmica (s.f.). GIROD Geotermia. http://www.girodgeotermia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=134
web 41b	girodgeotermia.com	Cuáles son las ventajas de la geotermia (s.f.). GIROD Geotermia. http://www.girodgeotermia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=250:icuales-son-las-ventajas-de-la-geotermia&catid=56:preguntas-sobre-la-
web 42	erenovable.com	Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica (2014). Erenovable. http://erenovable.com/ventajas-e-inconvenientes-de-la-energia-geotermica/
web 43	icarus-solar.com	Sistemas geotérmicos con captador horizontal (s.f.). Icarus Solar. http://www.icarus-solar.com/Geotermia/Geotermia-Horizontal.html
web 44	lacasasostenible.com	Calefacción geotérmica (s.f.). La Casa Sostenible. http://www.lacasasostenible.com/calefaccion-geotermica.html

web 45	terraterm.es	Refrigerar con geotermia (s.f.). Terra Term. http://www.terraterm.es/como.html
web 46	tiendabiomasa.com	Que son los pellets (s.f.). Tienda Biomasa. http://tiendabiomasa.com/pellet
web 47a	todosbiomasa.com	Almacenamiento de la biomasa (s.f.). Todosbiomasa. http://www.todosbiomasa.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=20637794&refcompra=
web 47b	todosbiomasa.com	Ventajas e inconvenientes del uso de la biomasa (s.f.). Todosbiomasa. http://www.todosbiomasa.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=20637742&refcompra=
web 48	totalclima.es	Geotermia (s.f.). Totalclima. http://www.totalclima.es/php/geotermia.php#
web 49	ingeosolum.blogspot.com.es	Medición de la temperatura del terreno para la explotación de la energía geotérmica superficial - aplicación a cimentaciones activas en climatización (2011). Ingeosolum. http://ingeosolum.blogspot.com.es/2011_11_01_archive.html
web 50	calefaccionbiomasa.com	Calefacción de biomasa (s.f.). Calefacciónbiomasa. http://www calefaccionbiomasa.com/
web 51	forestaldelmaestrazgo.com	Pellet (s.f.). Forestal del maestrazgo. http://www forestaldelmaestrazgo.com/biomasa/pellet/
web 52a	cogenspain.org	Que es la cogeneración (s.f.). COGEN España. http://www.cogenspain.org/index.php/Que-es/que-es-cogeneracion.html
web 52b	cogenspain.org	Micro-cogeneración (s.f.). COGEN España. http://www.cogenspain.org/index.php/Microcogeneracion/microcogeneracion.html
web 53	acogen.org	Características de la cogeneración (s.f.). ACOGEN (Asociación Española de Cogeneración. http://www.acogen.org/que-es.php)
web 54	appa.es	Que es la energía solar fotovoltaica (s.f.). APPA(Asociación de Empresas de Energías Renovables). http://www.acogen.org/que-es.php
web 55	energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es	Aplicaciones energía solar fotovoltaica (s.f.). Energía solar fotovoltaica. http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html
web 56	miliarium.com	Energía solar fotovoltaica (s.f.). Millarium. http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarFotovoltaica.asp
web 57	sunedison.es	Ventajas de la energía solar fotovoltaica (s.f.). SunEdison. http://www.sunedison.es/energia-solar-fotovoltaica/ventajas.html
web 58	efiteks.com	Aprovechamiento del calor del sol para producción de agua caliente sanitaria (s.f.). Efiteks. http://www.efiteks.com/productos/energia-solar-termica-granada/
web 59	etsist.upm.es	Panel fotovoltaico (s.f.). Etsist. http://www.etsist.upm.es/estaticos/catedra-coitt/imagenes/panel_fotovoltaico/pages/Panel1_JPG.htm
web 60	tumejorenergia.com	Cuanto se puede ahorrar al cambiar un quemador de Gasóleo por uno de Pellet (2013). TuMejorEnergía.

		http://www.tumejorenergia.com/blog/2013/09/
web 61	morisarroes.es	Micro-cogeneración y suelo radiante (S.f.) Morris Arroes Instalaciones y Proyectos. http://www.morisarroes.es/microcogeneracion/suelo-radiante/
web 62	dosdearquitectura.blogspot.com.es	Ahorros energéticos: aspectos bioclimáticos (2013). 2D'Arquitectura. http://dosdearquitectura.blogspot.com.es/2013_02_01_archive.html
web 63	certificacion-energetica.net	Protecciones solares en la demanda energética. 2. Lamas horizontales y verticales (2013). Red de certificadores energéticos. http://www.certificacion-energetica.net/protecciones-solares.html

El presente Estudio se ha realizado respetando siempre la autoría de las entidades y autores que se han consultado para su redacción. En caso de existir por error alguna ausencia en las referencias o falta de crédito en algún punto, ponerse en contacto para corregir el fallo.