

Guía de

EDIFICIOS RESIDENCIALES

DE ALTA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

e integración de energías renovables

Fundación HABITEC

Guía de Edificios Residenciales de Alta Calificación Energética e integración de energías renovables

Fundación HABITEC

Autores:

Lorena Druet
M^a del Carmen Bocanegra Yáñez
Nicolás Ordóñez Ordóñez
José Santiago Villar

Edición:

Fundación HABITEC
29590 Málaga
Marie Curie, 22

Subvencionado por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía.

Impresión:

Siagraf
Cuernavaca, 12
29006 Málaga

Málaga, 2011

Prólogo

El libro “Guía de Edificios Residenciales de Alta Eficiencia Energética” que la Fundación HABITEC pone en sus manos es el resultado de más de un año de investigación y trabajo de un equipo de ingenieros del Centro Tecnológico HABITEC, instrumento para la innovación en los campos de la energía y la construcción creado por la Fundación. El libro es un servicio más de los varios que desde su constitución en enero de 2009 ha prestado la Fundación al sector de la construcción de Andalucía.

Porque la Fundación HABITEC nace de la iniciativa de un grupo de entidades andaluzas con el objetivo de colaborar en la necesaria transformación del tejido empresarial de la construcción de la región hacia un modelo más sostenible en términos económicos, sociales y de medio ambiente. Actualmente son dieciocho las entidades que forman el patronato de la Fundación entre empresas, públicas y privadas, y las universidades de Sevilla y Málaga, todas ellas comprometidas con esa transformación del sector mediante la generación y transferencia de tecnologías y la aplicación de la innovación a los procesos constructivos donde hay un enorme camino por recorrer.

Esta guía, que recoge el estudio detallado del comportamiento energético de muchos edificios españoles, es un instrumento de consulta muy válido para técnicos y profesionales del sector, pudiendo constituirse en un manual de referencia sobre la calificación energética de los edificios de viviendas.

Finalmente quiero agradecer la colaboración prestada por la Consejería de Economía, Investigación y Ciencia de la Junta de Andalucía que ha financiado este trabajo a través de un proyecto del Programa de Incentivos a los Agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento.



Francisco Vera Díaz
Presidente
Fundación HABITEC

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Europa	1
1.2.1. Directiva 2002/91/CE	2
1.2.2. Directiva 2010/31/UE	3
1.3 España	5
1.3.1. Transposición de la Directiva Europea.....	5
1.3.2. Herramientas de calificación	6
1.3.3. Comparación de los Procedimientos Simplificados	10
1.3.4. Otras herramientas	13
1.4 Comunidades Autónomas	15
1.5 Ayudas a la eficiencia energética en edificación	19
1.5.1. España	19
1.5.2. Andalucía.....	20
CAPÍTULO 2. INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA EDIFICACIÓN	21
2.1 Introducción	21
2.1.1. Europa	21
2.1.2. PER 2010 - 2020	26
2.1.3. Andalucía.....	28
2.1.4. Bibliografía	31
2.2 Fotovoltaica en la edificación	32
2.2.1. Mercado solar fotovoltaico.....	32
2.2.2. Recurso energético	36
2.2.3. Marco legislativo y regulatorio	37
2.2.4. Implantación	41
2.2.5. Bibliografía	46
2.3 Mini-eólica en la Edificación.....	47
2.3.1. Tipos de turbinas.....	48
2.3.2. Tipos de conexión	50

2.3.3.	Recursos Energéticos	51
2.3.4.	Implantación de la mini-eólica en España	54
2.3.5.	Estadísticas.....	57
2.3.6.	Análisis de Viabilidad	60
2.3.7.	Recomendaciones.....	61
2.3.8.	Bibliografía	62
2.4	Solar Térmica en la edificación	65
2.4.1.	Aprovechamiento de la energía solar térmica.....	65
2.4.2.	Elementos principales de una instalación.....	66
2.4.3.	Integración arquitectónica.....	70
2.4.4.	Marco legislativo y regulatorio	73
2.4.5.	Implantación	75
2.4.6.	Bibliografía	78
2.5	Biomasa en la Edificación	79
2.5.1.	¿Qué es la Biomasa?	79
2.5.2.	Tecnología	80
2.5.3.	Implantación de la Biomasa.....	99
2.6	Energía Geotérmica en la Edificación.....	105
2.6.1.	¿Qué es la Geotermia?.....	105
2.6.2.	Tecnología.....	110
2.6.3.	Implantación de la Geotérmica de Baja Temperatura.....	121
2.6.4.	Bibliografía	127
2.7	Subvenciones.....	128
2.7.1.	ESPAÑA	128
2.7.2.	Andalucía.....	133
CAPÍTULO 3.	IMPORTANCIA DE LAS MEDIDAS PASIVAS	135
3.1	Introducción	135
3.1.1.	Bloque de Vivienda	135
3.1.2.	Vivienda Unifamiliar.....	137
3.1.3.	Climatologías.....	138
3.2	Demanda	141
3.2.1.	Demanda inicial.....	141

3.2.2.	Orientación	143
3.2.3.	Compacidad	145
3.2.4.	Cerramientos Opacos.....	147
3.2.5.	Puentes térmicos	153
3.2.6.	Ventanas	155
3.2.7.	Protección de los huecos	160
3.2.8.	Renovación de Aire	164
3.3	Potencial de ahorro en demandas.....	166
3.3.1.	Bloque de Viviendas.....	166
3.3.2.	Vivienda Unifamiliar.....	170
3.4	Calificación Energética	174
3.4.1.	Presentación de los sistemas considerados.....	174
3.4.2.	Bloque de viviendas	175
3.4.3.	Vivienda Unifamiliar.....	179
3.4.4.	Integración de electricidad renovable	181
CAPÍTULO 4.	CASOS DE BUENAS PRÁCTICAS.....	183
4.1	Introducción	183
4.1.1.	Edificios comprobados por HABITEC.....	183
4.1.2.	Edificios presentados en esta guía.....	184
4.2	Abreviaturas	185
4.3	Edificios residenciales	187
4.3.1.	<i>Edificios contruidos.....</i>	<i>187</i>
	Casa unifamiliar Lleida	187
	Edificio Barea, Sevilla	197
4.3.2.	<i>Edificios en construcción</i>	<i>207</i>
	Bloque de viviendas en el 22@, Barcelona.....	207
	Vivienda unifamiliar en Loja.....	217
	Viviendas unifamiliares en Murchante	227
	Vivienda unifamiliar en Carcedo de Burgos.....	235
4.3.3.	<i>Edificios en proyecto</i>	<i>243</i>
	Viviendas VPO en Ripagaina	243

4.4 Edificios terciarios.....	251
4.4.1. <i>Edificios construidos.....</i>	<i>253</i>
Hotel en Pulianas, Granada.....	253
Centro de salud en Coria, Cáceres	263
Edificio administrativo en Marín, Pontevedra	273
ANEXO I – BLOQUE DE VIVIENDAS – CASO DE PARTIDA	287
ANEXO II – VIVIENDA UNIFAMILIAR – CASO DE PARTIDA	291
ANEXO III. CARACTERÍSTICAS DE LAS VENTANAS SIMULADAS.....	295

Capítulo 1. Introducción

1.1 INTRODUCCIÓN

En este primero capítulo, se presenta el estado del arte de la calificación energética en la edificación. En particular, se repasarán las normativas aplicables, las herramientas disponibles y el estado de la implementación de la calificación energética en España.

1.2 EUROPA

En 2006, la Comisión Europea, en el “Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial” determinó el considerable potencial de ahorro energético en el sector de los edificios; 27 % en viviendas y 30 % en edificios terciarios.

Ante el continuo incremento del consumo energético en el sector de la edificación (con un 40 % del consumo total de energía en la Unión Europea) era necesario actuar y promover la integración de las energías procedentes de fuentes renovables en este sector.

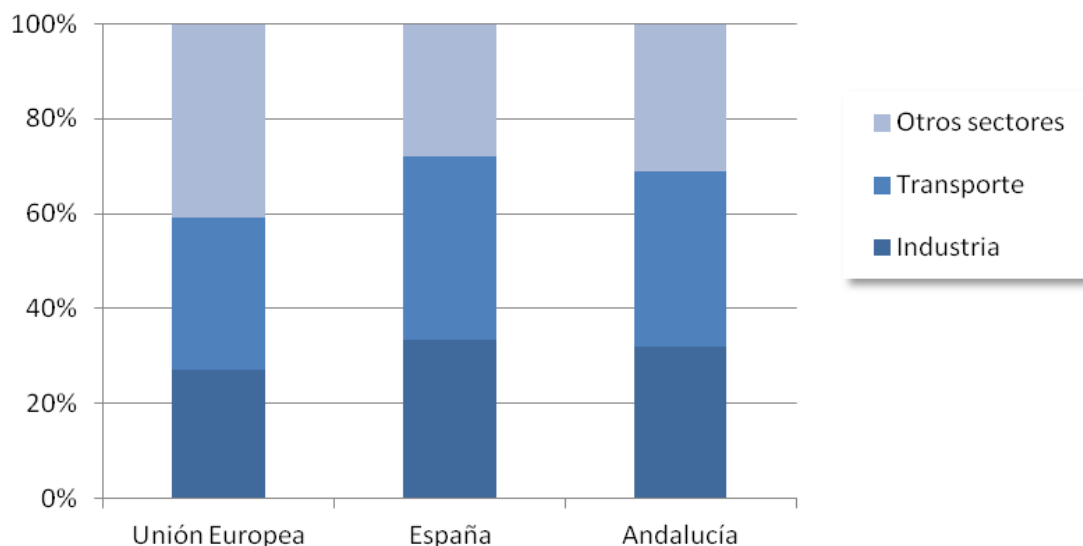


Gráfico 1. Consumo de energía por sectores de actividad en la Unión Europea, España y Andalucía. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.

1.2.1. DIRECTIVA 2002/91/CE

Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

La directiva europea 2002/91/CE es la directiva que inicia el camino hacia la eficiencia energética en la edificación.

Es la primera vez que desde Europa se exige que los países miembros establezcan unos **requisitos mínimos de eficiencia energética** de los edificios y defina una **metodología** para medir esta eficiencia energética.

En particular para los **edificios nuevos**, la directiva obliga a los estados miembros a tomar las medidas necesarias para garantizar que los edificios nuevos cumplan unos requisitos mínimos de rendimiento energético.

Para los **edificios existentes**, la normativa exige la garantía de que, cuando se realizan reformas importantes en edificios de superficie útil total superior a 1000 m², se mejore su eficiencia energética para cumplir con unos requisitos mínimos, siempre que sean técnicamente, funcionalmente y económicamente viable.

Otra novedad muy importante de esta directiva es la introducción del **Certificado de Eficiencia Energética** que el propietario tiene que poner a disposición del posible comprador o inquilino cuando los edificios se construyen, venden o alquilan.

La directiva establece también requisitos relativos a la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

En la Tabla 1 se encuentran los plazos fijados por Europa para la transposición de esta directiva.

Tabla 1. *Plazos de implementación – Directiva 2002/91/CE.*

4 Enero 2006
Adopción de una metodología de cálculo de eficiencia energética en edificios. Definición de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios según el clima. Edificios nuevos. Tienen que cumplir con los requisitos definidos. Edificios existentes. Los edificios de más de 1.000 m ² sujetos a reformas importantes tienen que cumplir con los criterios de eficiencia energética mínimos si a nivel técnico, económico y funcional se puede realizar.
4 Enero 2009
El Certificado de Eficiencia Energética se tiene que facilitar a la construcción, venta o alquiler de edificios.

1.2.2. DIRECTIVA 2010/31/UE

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

La Directiva 2010/31/UE amplía y completa la directiva anterior citada avanzando en la realización de los objetivos europeos de reducción de consumo energético en un 20 % para 2020 a través de la mejora de la eficiencia energética e integración de las energías renovables en el sector de la edificación.

La directiva establece nuevos requisitos en relación con:

- la metodología común de cálculo de la eficiencia energética de los edificios en los distintos estados miembros,
- la aplicación de nuevos requisitos mínimos de eficiencia energética en edificación; edificación existente, instalaciones técnicas de los edificios, planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo, certificación energética, inspección de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado, los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética.

Metodología de cálculo

En cuanto a la **metodología de cálculo** de la eficiencia energética, la nueva directiva exige que, aparte de incluir un indicador de eficiencia energética, se exprese la eficiencia energética con un indicador numérico del **consumo de energía primaria**.

Se introduce el concepto de **niveles óptimos de rentabilidad** cuyos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios deberán alcanzarse. Estos niveles óptimos se calcularán según el marco metodológico establecido y facilitado por la Comisión (a más tardar el 30 de junio de 2011 según mencionado en la directiva).

“Nivel de eficiencia energética que conlleve el coste más bajo durante el ciclo de vida útil estimada.”

Edificios de consumo de energía casi nula

La normativa introduce el concepto de **Edificio de consumo de energía casi nulo**.

“la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedentes de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.”

Sin duda, el concepto más novedoso de esta normativa es el de edificio de consumo de energía casi nulo.

Certificados de Eficiencia Energética

La nueva directiva intenta incidir en la **calidad de los certificados** a través de las exigencias requeridas a los expertos independientes que realizan las certificaciones y el sistema de control independiente.

La directiva anterior ya mencionaba la necesidad de que los autores de la certificación fuesen **expertos cualificados o acreditados**. La nueva, en cambio, obliga a que los expertos acreditados lo sean teniendo en cuenta su competencia y obliga a que la información relativa a los programas de formación y acreditación así como los registros de expertos estén a disposición del público.

Por primera vez, la directiva obliga los estados miembros a establecer un **sistema de control** independiente de los certificados. Este sistema de control implica la verificación de una proporción estadísticamente significativa de los certificados de eficiencia energética de parte de las autoridades competentes o entidades en las que estas hubieran delegado la responsabilidad de ejecución de estos controles. Esta disposición es un paso muy adelante en el proceso de certificación, implica que a partir de 2013 cualquier certificado será susceptible de ser comprobado.

Implantación de la Directiva

En la Tabla 2 se encuentran los principales plazos fijados por Europa relativos a los temas tratados anteriormente.

Tabla 2. *Plazos de implementación – Directiva 2010/31/UE.*

9 Julio 2012
Establecimiento del sistema de control independiente de los certificados de eficiencia energética. Determinación del régimen sancionador.
9 Enero 2013
Elaboración de los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo: Definición de edificios de consumo de energía casi nulo, Fijación de objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos.
9 Julio 2013
Cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética.

2015

Aplicación de los objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos.

31 Diciembre 2018

Los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas tienen que ser de consumo de energía casi nulo.

31 Diciembre 2020

Todos los edificios nuevos tienen que ser de consumo de energía casi nulo.

De julio 2012 a julio 2013, los estados miembros tienen que adoptar y publicar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas relativas al sistema de control de los certificados, al régimen sancionador, a los planes nacionales y a los resultados del cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética.

A partir de 2015 los edificios nuevos tendrán que cumplir con los objetivos intermedios de mejora de la eficiencia energética definidos en los planes nacionales.

A partir de 2019, los edificios públicos nuevos tendrán que ser de consumo de energía casi nulo mientras será obligatorio a partir de 2021 para todos los edificios nuevos.

1.3 ESPAÑA

1.3.1. TRANSPOSICIÓN DE LA DIRECTIVA EUROPEA

En España, el estado de transposición de la directiva europea 2002/91/CE aún es parcial. El procedimiento de certificación de eficiencia energética para edificios nuevos se publicó a finales de enero de 2007 mientras se sigue a la espera de la publicación del procedimiento para edificios existentes.

La Tabla 3 presenta la relación de normativas y programas oficiales desarrollados para trasponer e implementar esta directiva.

Real Decreto 47/2007

El Real Decreto 47/2007 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, establece la obligación de que, a partir del 1 de noviembre de 2007, todos los edificios de nueva construcción y aquellos que se modifiquen o reformen dispongan de un certificado de eficiencia energética.

Para facilitar el cumplimiento del procedimiento de certificación de eficiencia energética, este real decreto define y crea el Registro general de documentos reconocidos que tiene carácter público e informativo. Los documentos reconocidos son documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que deben contar con el reconocimiento conjunto del Ministerio

de Industria, Turismo y Comercio y del ministerio de Vivienda. Existen tres tipos de documentos reconocidos:

Programas informáticos de calificación de eficiencia energética,

Especificaciones y guía técnicas o comentarios sobre la aplicación de la certificación de eficiencia energética,

Cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia energética.

Tabla 3. *Transposición de la Directiva Europea 2002/91/CE a nivel Español.*

Normativa Española		Herramienta Oficial
Requisitos mínimos de Eficiencia Energética		
RD 314/2006	Código Técnico de la Edificación (CTE) HE1, HE3, HE4, HE5	LIDER Opción simplificada
RD 1027/2007	Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) - HE2 (CTE)	-
Calificación Energética		
RD 47/2007	Edificios nuevos	CALENER VYP - GT Procedimientos reconocidos
-	Edificios existentes	Pendiente

1.3.2. HERRAMIENTAS DE CALIFICACIÓN

El Real Decreto 47/2007 especifica que la calificación de la eficiencia energética se puede realizar mediante dos opciones:

la **opción general**, a través de un programa informático, bien programa de referencia (CALENER), o bien un programa informático alternativo que cumpla con las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo y esté validado y reconocido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda.

- La **opción simplificada**, que desarrolla la metodología de cálculo de una manera indirecta, bien mediante un procedimiento de referencia, o bien alternativo, que cumpla con la metodología de cálculo y esté validado y reconocido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda.

A fecha de julio de 2011 no existe programa informático alternativo que cumpla con la opción general, en cambio varias herramientas se han desarrollada según la opción simplificada (Tabla 4).

Tabla 4. *Herramientas de Calificación Energética de Edificios reconocidas. España.*

Herramienta	Método		Calif. que se puede obtener	Tipología Edificio		
	General	Simpl.		Residencial	Pequeño Terciario	Grande Terciario
Calener VYP	✓		A - G	✓	✓	
Calener GT	✓		A - G		✓	✓
Opción Simplificada Ministerio		✓	D - E	✓		
Ce2		✓	A - G	✓		
CERMA		✓	A - G	✓		
CES		✓	A - G	✓		

La mayoría de las herramientas se han desarrollado para la edificación residencial ya que el método de calificación está claramente definido para este sector. La calificación se obtiene comparando las demandas (calefacción y refrigeración) y emisiones de CO₂ del edificio estudiado con las demandas y emisiones de CO₂ de referencia que, en el caso de edificación residencial, sólo dependen de la climatología y del tipo de edificio (unifamiliar o bloque).

En el sector terciario, además de variar en función de la geometría del edificio y del clima, las demandas y consumos usados como referencia también varían en función de los sistemas empleados para un mismo edificio, lo que dificulta mucho el procedimiento de calificación.

CALENER VYP

Calener VYP es la herramienta oficial para calificar según la opción general, el único hoy en día. El Ministerio puso a disposición del público esta herramienta en 2007 para calificar los edificios de viviendas y los pequeños terciarios.

El Calener amplía las capacidades del programa LIDER (empleado para comprobar la limitación de la demanda según el HE1) añadiendo la información relativa a los sistemas. Calificar con Calener VyP requiere por lo tanto un buen manejo del LIDER. En cambio, si el aprendizaje de LIDER es costoso, incluir los sistemas de climatización en Calener VyP es bastante fácil.

De las distintas herramientas disponibles, Calener VyP es el más preciso puesto que considera la geometría real del edificio y realiza los cálculos de demandas de forma horaria siguiendo los criterios de la opción general. Lógicamente es el programa que consigue las mejores calificaciones ya que los demás programas, siendo métodos simplificados, usan coeficientes de seguridad conservadores.

Calener VyP lleva usándose desde el año 2007 varias versiones haciéndose públicas hasta la fecha. La última versión del programa, publicada en septiembre de 2011, incluye una nueva funcionalidad muy útil que permite recoger los datos horarios de demandas. Aún

así, hay que usar esta herramienta con cautela y analizar los resultados algunas configuraciones proporcionando resultando erróneos.

CALENER GT

Calener GT es el único programa disponible a la fecha para calificar grandes edificios de uso terciario. La diferencia entre Calener VyP y Calener GT no reside en el tamaño de los edificios sino en los sistemas que se pueden simular, los tipos de sistemas siendo mucho más limitados en Calener VyP. Por ejemplo, no se puede usar equipos de VRV refrigerado por agua ni un sistema con *fan-coil*.

CE2

El Ce2 es el primer procedimiento simplificado que permitió conseguir altas calificaciones energéticas. La opción simplificada facilitada por el Ministerio en 2007, sólo permitía obtener calificación D o E.

Ha sido promovido por ANDIMAT y la Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía.

Lo más destacado del Ce2 es su sencillez y rapidez. Su uso requiere la comprobación previa de la limitación de demanda con la opción simplificada. Así que una vez realizados los cálculos necesarios a esta comprobación, sólo hay que rellenar la hoja Excel del Ce2.

Aunque no dispone de soporte oficial, el manual de la herramienta es claro y detallado, y permite entender cómo se realiza la calificación y cuáles son los parámetros tenidos en cuenta en el procedimiento. Las dudas que puedan surgir están más relacionadas con la comprobación de la limitación de la demanda que con la propia herramienta.

Se echa en falta un documento reconocido donde quede constancia de la precisión de los resultados respecto a la opción general puesto que con este procedimiento es bastante difícil conseguir una calificación energética A (excepto con el uso de caldera de biomasa).

CES

Este procedimiento se publicó el 15 de abril de 2011, año y medio después de que lo hiciera el Ce2.

Ha sido promovido por MIYABI Espacios Urbanos Bioclimáticos.

La herramienta CES es clara y sencilla, y dispone de un foro para consultas técnicas. Aunque no es oficial, en el foro y en la página web se hacen continuas referencias a la corrección de errores en próximas versiones, por lo que se entiende que la aplicación sigue desarrollándose.

Es el único procedimiento que dispone de una opción para comprobar el cumplimiento de limitación de la demanda. También tiene en cuenta la inercia de los distintos cerramientos que componen el edificio.

Uno de sus puntos negativo es la falta de detalle de los resultados obtenidos. CES se limita a proporcionar información general del edificio (transmitancias de los cerramientos, puentes térmicos, huecos, etc.), la calificación y los datos de emisiones.

Pero el principal de los inconvenientes de CES es que **la herramienta informática aún no está depurada**. A fecha de hoy se han identificado varios problemas con la librería de materiales, errores al guardar y en los valores de conductividad de algunos materiales.

De momento la herramienta no permite realizar análisis de sensibilidad, aunque se espera que se incluya en la próxima versión (V8).

CERMA

CERMA se publicó en la misma fecha que CES, el 15 de Abril de 2011.

Ha sido promovida por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR).

Los resultados obtenidos con CERMA son muy cercanos a los obtenidos con Calener VyP por lo que este procedimiento es el que permite obtener la máxima calificación energética (según el documento reconocido "Precisión de CERMA.pdf").

En comparación con el resto de procedimientos, CERMA es el que ofrece el mayor detalle de los resultados. No sólo muestra la etiqueta, los datos de emisiones y el comportamiento energético del edificio (en formato *.doc, lo que facilita la integración en una memoria o proyecto) sino también dispone de una herramienta de análisis de soluciones para la reducción de emisiones, y mejora de la calificación energética.

Es de destacar la opción del programa para guardar los materiales y cerramientos creados en una librería.

CERMA permite la introducción de los puentes térmicos con gran flexibilidad; se pueden cargar directamente los valores de LIDER, dejar los valores por defecto, o especificar la transmitancia térmica lineal.

De la misma forma, esta herramienta permite una definición muy detallada de las sombras, equipos y sistemas de climatización, ofreciendo gran variedad de soluciones. En el documento de ayuda se indica que CERMA tiene en cuenta la inercia térmica en el cálculo de la demanda energética (medianeras, forjados interiores, tabiques, muebles, etc.).

El mayor inconveniente de este procedimiento es que no dispone de soporte para solucionar las dudas, aunque la ayuda de la aplicación es bastante completa.

También se echa en falta una comprobación de la limitación de la demanda, una vez introducidos todos los datos del edificio. La interfaz, por su mayor grado de detalle, es la menos clara de todas, aunque se domina en poco tiempo.

1.3.3. COMPARACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS SIMPLIFICADOS

Precisión según los documentos reconocidos

Como documento reconocido, anexo al CERMA y CES, se presentan los resultados de 12.455 simulaciones de 9 edificios en las 12 climatologías españolas. En la Tabla 5 se indica el porcentaje de casos en los que la letra obtenida coincide, gana o pierde letra respecto al resultado obtenido por CALENER VyP.

Tabla 5. *Precisión de CES y CERMA respecto a la opción general.*

Porcentaje (%)		Gana 1 letra	Letra coincide	Pierde 1 letra	Pierde 2 Letras
CES	Unifamiliar	0	68,23	31,77	0
	Bloque	0	56,47	43,47	0
	Media	0	63,55	36,42	0
CERMA	Unifamiliar	0	84,86	15,14	0
	Bloque	0,01	86,68	13,29	0
	Media	0,01	85,77	14,22	0

CERMA obtiene mejores resultados que CES. También se puede apreciar que, por tratarse de procedimientos simplificados, siempre son conservadores, y la calificación obtenida siempre es inferior a la conseguida por Calener VyP.

El análisis de los resultados mostrados en el documento reconocido pone de evidencia que el **CES** está mejor calibrado para las **viviendas unifamiliares y las climatologías frías**. Es de destacar los resultados obtenidos en la climatología E1 consiguiendo para el 94,44 % de las viviendas unifamiliares la misma letra en emisiones y 93,99 % para los bloques de viviendas. Los resultados en demanda muestran esta misma tendencia obteniendo casi en el 100% de los casos (99 % en vivienda y 98 % en bloque) la misma letra en demanda de calefacción en la zona D1 mientras en la zona C4 el 78,9% de los casos pierde una letra en la demanda de refrigeración en viviendas (58,9 % en bloque).

El análisis de los resultados por climatologías en **CERMA** lleva a las mismas conclusiones, las climatologías frías (E1, D1, C1 y D2) son las que obtienen el porcentaje más alto de casos consiguiendo la misma letra que Calener VyP hasta obtener el 100% en viviendas unifamiliares en la zona D1.

No se dispone de este estudio para el Ce2.

Precisión de las herramientas según los casos de estudios

Para poder comparar los resultados obtenidos con las distintas herramientas y corroborar lo comentado en el apartado anterior, HABITEC ha realizado varias simulaciones, con distintas climatologías y tipología de edificio.

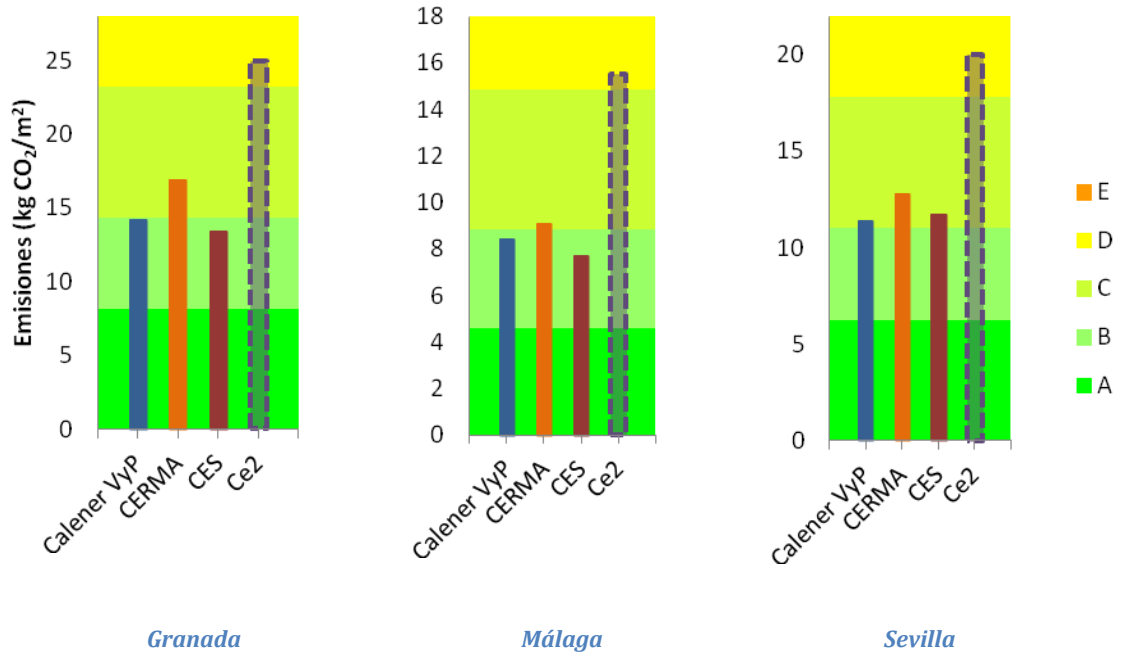


Gráfico 2. Calificación de la vivienda unifamiliar. Calener VyP – CERMA – CES – Ce2.

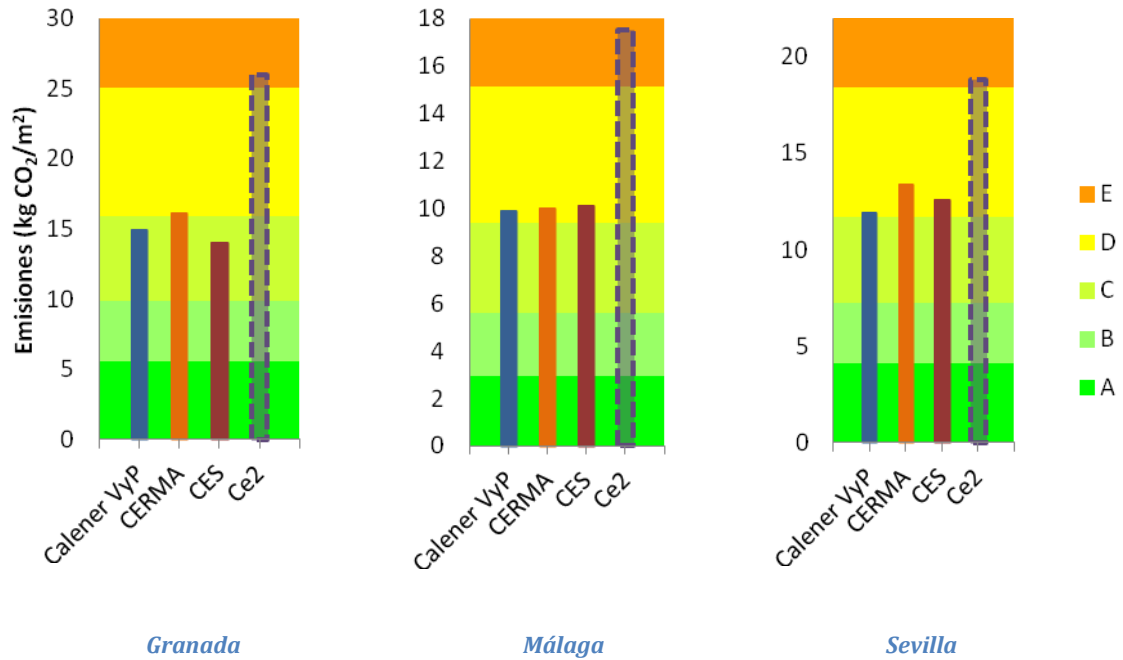


Gráfico 3. Calificación del bloque de viviendas. Calener VyP – CERMA – CES – Ce2.

Una de las conclusiones de este estudio es que los resultados obtenidos son diferentes a lo indicado en el apartado anterior.

El trabajo con **CERMA y CES** ha permitido observar que los resultados de diversas simulaciones discrepan más (respecto a los resultados con Calener VyP) cuando existen espacios no habitables. La explicación podría estar en el modo de cálculo de la transmitancia equivalente de los cerramientos en contacto con espacios no habitables, CALENER VyP afinando más el cálculo que CERMA y CES.

La comparación que se presenta a continuación se ha realizado con los edificios descritos en el Capítulo 4. Para poder cumplir la opción simplificada y comparar las tres herramientas simplificadas se ha aumentado el espesor de los aislamientos y para evitar los problemas encontrados por la presencia de espacios no habitables se han considerado todos los espacios habitables.

El Ce2 no proporciona resultados numéricos de emisiones de CO₂, sólo muestra el IEE (Índice de Eficiencia Energética) y la letra final obtenida. Por esta razón en los gráficos se presenta en línea discontinua el resultado puesto que no se conoce el valor exacto de emisiones pero sólo la letra.

Se observa que en todos los casos, CERMA obtiene emisiones de CO₂ ligeramente mayores que los calculados por CALENER VyP.

Las emisiones calculadas por CES en general son mayores que las de Calener VyP. Sin embargo se observa que para el clima de Granada son un poco inferiores.

En los ejemplos estudiados, Ce2 no facilita en ningún caso la misma calificación que la calculada por Calener VyP. El 50% de los resultados, Ce2 obtiene una letra peor que la de CALENER VyP, en el otro 50% pierde dos clases.

Si la referencia es la opción general, y la fiabilidad de los distintos procedimientos se evalúa en función de la cercanía de los resultados con respecto a los dados por CALENER VyP, se entiende que CERMA ha sido el más fiable en las simulaciones realizadas, ya que se aproxima mucho a CALENER VyP, con un pequeño margen de seguridad. El comportamiento de CES es variable, pudiéndose arrojar mejor calificación que CALENER VyP.

Es importante destacar que en el caso de Málaga la escala de calificación usada por CES es errónea, y se dan calificaciones equivocadas. Existen en CES pequeños detalles como éste, que deberían pulirse para tener una herramienta más sólida y estable.

Valoración de los procedimientos simplificados

Se han valorado los aspectos más importantes de estos procedimientos, valorando cada característica como positiva (+), negativa (-) o normal (±). La evaluación queda como muestra la Tabla 6.

Tabla 6. *Valoración de los procedimientos simplificados CES, CERMA y Ce2.*

Criterios	CERMA	CES	Ce2
Introducción de datos Claridad de la interfaz de usuario Facilidad de recopilación de datos a introducir Facilidad de introducción de datos relativos a los equipos Versatilidad en la introducción de puentes térmicos Versatilidad en la introducción de sombras Exportación de librerías y reutilización de trabajo anterior	+	+	±
Soporte técnico Calidad del manual sobre el procedimiento Calidad de la ayuda en la misma aplicación	±	+	-
Facilidad de aprendizaje Curva de aprendizaje	±	±	+
Precisión de los resultados en relación a la opción general Documento reconocido Comparación propia	+	±	-
Limitaciones Estado de la herramienta informática	+	-	+
Opción simplificada de la limitación de la demanda Portabilidad del edificio desde la opción simplificada Comprobación de la limitación de la demanda	-	±	±
Resultados Formato del archivo de resultados Comparación de la calificación entre distintas soluciones	+	±	-

CERMA destaca por la fiabilidad de sus resultados, por ser una herramienta muy depurada y por la presentación de resultados. En la introducción de datos es el que mayor detalle exige.

CES aún no está del todo depurado. Tiene una fácil introducción de datos y un buen soporte técnico.

Ce2 es una herramienta de muy fácil uso. Por ser la precursora de todos los procedimientos de calificación simplificados, ha sido superada en algunos aspectos por CERMA y CES.

Globalmente, CERMA es el que mejores características ofrece, teniendo una puntuación muy buena, seguido de CES y Ce2.

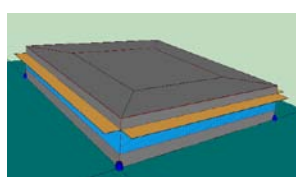
1.3.4. OTRAS HERRAMIENTAS

HACE

HACE es una nueva herramienta que permite calificar de manera independiente espacios de un edificio previamente modelado con Calener VyP. La aplicación realiza las

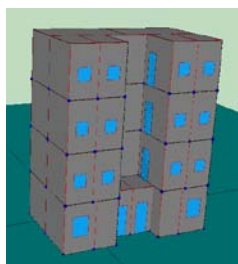
modificaciones necesarias sobre el archivo de entrada, avisando de los posibles errores, y genera un fichero de salida que puede ser calificado de nuevo CALENER VyP.

La herramienta es útil para realizar la calificación separada de una vivienda o un local en un bloque de viviendas, individualizar la calificación en viviendas adosadas o pareadas, o dividir rápidamente la zona residencial y terciaria dentro de un mismo edificio. Tanto la Directiva 2010/31/UE, como el R.D. 47/2007 y el Decreto 169/2011, dan la posibilidad de calificar el conjunto del edificio o parte del mismo, siempre y cuando la zonificación e instalaciones lo permitan. A continuación se muestran los resultados obtenidos en dos casos; un edificio de oficinas y un bloque de viviendas.



Oficinas

Localidad	Sevilla (B4)
Orientación	Fachadas simétricas al N-S-E-O
Calificación	(kg CO ₂ /m ²)
Edificio completo	47,3 / B
Sólo espacio norte	28,7 / B
Sólo espacio este	33,8 / C
Sólo espacio sur	34,6 / C
Sólo espacio oeste	39,8 / C
Sólo espacio central	19,8 / B



Bloque de viviendas

Localidad	Orense (C2)
Orientación	Sur
Calificación	(kg CO ₂ /m ²)
Edificio completo	26,9 / E
Sólo Planta Baja	24 / D
Sólo 1ª planta	22,9 / D
Sólo 2ª planta	22,3 / D
Sólo 3ªplanta	29,1 / E

Ilustración 1. Calificación de edificios en conjunto y separados por espacios.

Estos ejemplos ponen de evidencia que la calificación del conjunto no siempre corresponde a la calificación de los espacios por separados, beneficiando o perjudicando según las circunstancias. El local comercial orientado al sur de la oficina, tendrá una letra B si ha sido calificado con el conjunto del edificio, cuando por sí solo tiene una calificación C.

Por el contrario, en el caso del bloque de viviendas, el conjunto obtiene una letra E cuando todas las plantas obtienen una D, excepto la última que consigue una letra E. En este caso el efecto negativo de las pérdidas de calor a través de la cubierta queda puesto en evidencia por el cambio de letra de la calificación.

Estos dos ejemplos demuestran la utilidad de esta herramienta, no sólo para el cálculo de la calificación energética sino también para ayudar a entender el comportamiento energético de los edificios.

POSTCALENER

Este programa permite el modificar componentes, equipos o sistemas no incluidos en los programas de calificación Calener-VyP o Calener-GT. Además, aporta una información más completa de los resultados de calificación, pudiendo obtenerse datos horarios.

1.4 COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Tabla 7. *Transposición de la Directiva Europea 2002/91/CE a nivel Español.*

CCAA	Regulación Existente	Registro			Control externo
		Definido	Público	Público y accesible	
Andalucía	Orden 25 junio 2008	✓	✓	✓	
	Decreto 169/2011				✓
Extremadura	Decreto 136/2009	✓			✓
Galicia	Decreto 42/2009	✓	✓	Fase de comprobación de los certificados	✓
Canarias	Decreto 26 / 2009	✓			
Comunidad Valenciana	Decreto 112/2009 DRD 06/10	✓	✓	✓	✓
Cataluña	-	No oficial			
Navarra	Orden Foral 7/2010	✓	✓	✓	
Castilla La Mancha	Decreto 6/2011	✓	✓		✓

El Real Decreto 47/2007 delega a las comunidades la aplicación de la calificación energética en edificios. En particular, las Comunidades Autónomas tienen la posibilidad de regular los siguientes aspectos:

- **El Registro de certificados de Eficiencia Energética;** creación de un registro público o no,
- **El Control Externo;** definición del alcance del control externo, de su procedimiento y del procedimiento de acreditación de los agentes,
- **Las Inspecciones** necesarias a la comprobación y vigilancia del cumplimiento de la certificación energética de edificios.

En España, aunque la mayoría de las Comunidades Autónomas están trabajando en la redacción de la normativa, el nivel de implementación de este Real Decreto es muy variado. Se encuentran tanto comunidades autónomas que lo empezaron a trasponer hace varios años cuyo registro de certificado es público y funciona desde hace varios meses (como Andalucía) como comunidades autónomas que aún no lo han traspuesto.

La Tabla 7 muestra las comunidades autónomas que, a fecha de julio de 2011, han desarrollado la normativa y los aspectos regulado para cada una.

Todas las comunidades autónomas que han desarrollado la normativa han creado el Registro de certificado de eficiencia energética. Sin embargo, sólo cinco de las siete comunidades decidieron hacerlo accesible al público y finalmente sólo tres de estas cinco comunidades (Andalucía, Navarra y la Comunidad Valenciana) tienen a fecha de hoy el registro accesible al público.

En cuanto al control externo de los certificados, cinco de las comunidades autónomas lo han regulado, sin embargo ninguna ha llegado a ponerlo en marcha.

Andalucía

DECRETO 169/2011, de 31 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía

En marzo de 2007 se aprobó en Andalucía la Ley 2/2007, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética. El Decreto 169/2011 se dictó para desarrollar esta Ley. Este documento remarca lo ya exigido por la reglamentación nacional, como el CTE o el RITE, pero incluye matices y mayores requerimientos.

A diferencia de la normativa estatal, que exige el Certificado de Eficiencia Energética como herramienta puramente informativa, el Certificado Energético Andaluz es un requisito indispensable previo a la construcción, primera ocupación o puesta en funcionamiento del edificio. Es necesario que este certificado contenga tanto la calificación del proyecto como del edificio terminado, y que sea dado de alta en un registro.

Las medidas dictadas por el Decreto se orientan de modo que no supongan un sobrecoste para los implicados, sino una oportunidad de ahorro energético y económico.

El reglamento es de aplicación a los edificios en general, analizados en el Título I, y las industrias y grandes centros de consumo, analizados en el Título II. El ámbito de aplicación del Título I es el mismo que el del DB HE del CTE y para los edificios existentes cuando, por motivos de su ampliación, modificación, reforma o cambio de uso, incrementen su consumo previo de energía primaria en más de un 30%.

Calificación de eficiencia energética

Respecto a la calificación energética en edificación, el decreto define una nueva clase de calificación A EXCELENTE cuyos rangos se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. *Nuevos rangos del índice de eficiencia energética para categorías A y A – EXCELENTE.*

	A	A - EXCELENTE
Edificios destinados a viviendas	$0,12 \leq C1 < 0,15$	$C1 < 0,12$
Edificios destinados a otros usos	$0,32 \leq C < 0,4$	$C < 0,32$

Cuando se disponga de instalaciones térmicas individuales, la calificación podrá ser única para el conjunto del edificio, o independiente para cada una de las viviendas o locales. Si alguna de las instalaciones térmicas es común, sólo podrá realizarse una calificación. En edificios con más de un uso, se tendrán tantas calificaciones como usos diferentes.

A partir de la entrada en vigor del Decreto no se dará podrá construir edificios nuevos que obtengan una calificación por debajo de D, o sea se prohíbe la construcción de edificios con calificación energética E.

Si el titular, el responsable de la certificación energética, el gestor energético, la empresa mantenedora o una inspección determinan que ha variado la calificación energética del edificio, se deben tomar medidas correctoras según el caso:

Si la calificación continúa siendo mayor que D, se deberán tomar las medidas necesarias para devolver al edificio a la calificación recogida en el certificado de eficiencia energética, o se deberá proceder a la actualización del certificado con la nueva calificación.

Si la calificación es menor que D, se deberán tomar las medidas necesarias para situar al edificio en una calificación D, y actualizar el certificado de eficiencia energética.

Como medida administrativa es importante destacar la obligación de los municipios de exigir el certificado de eficiencia energética, con una calificación no menor que D, como condición indispensable para la concesión de las licencias de ocupación y primera utilización del edificio. De este modo se asegura el cumplimiento de la obligación de realizar la calificación.

Por otro lado, se indica la necesidad de que la Administración de la Junta de Andalucía, sus agencias, así como las entidades instrumentales privadas que de ella dependan, tengan en cuenta criterios de eficiencia energética para la adquisición o compra de inmuebles, arrendamientos, nuevas construcciones, concursos públicos, etc. Del mismo modo, se indica que ha de ser primado el alcance de las categorías «A» y «A-Excelente».

Plan de gestión de la energía

En el reglamento se define el plan de gestión de la energía como el conjunto de medidas técnicas y organizativas encaminadas a determinar:

- a) La estructura energética del edificio.
- b) La eficiencia energética del edificio durante su vida útil.
- c) El mantenimiento en el tiempo de la eficiencia energética del edificio.
- d) Las posibilidades de ahorro energético del edificio.

La vida útil del plan ha de ser la misma que la de edificio, y es obligatorio cuando la potencia térmica instalada sea superior a 70 kW. El modo de implementación depende de la potencia de los equipos, siendo distinta según sea mayor o menor que 600 kW.

Para la realización del plan se parte de los datos expresados en el certificado de eficiencia energética andaluz, cuyo modelo se encuentra en el Anexo VI del Decreto, junto con la información obtenida mediante un sistema de adquisición y almacenamiento de datos.

El seguimiento y control del plan es llevado a cabo por la figura del **gestor energético**, que tiene como obligaciones: adoptar las medidas necesarias para mantener el índice de eficiencia energética mínimo de la instalación; gestionar e implementar el plan de gestión de la energía; remitir, con periodicidad anual, un informe sobre el cumplimiento del plan; informar de la detección de una disminución de la eficiencia energética superior al diez por ciento respecto del índice de eficiencia energética expresado en el Certificado Energético Andaluz; comunicar al responsable de la instalación cualquier otra medida que estime adecuada para mejorar su eficiencia energética.

Por último, el Decreto hace responsables de la correcta implementación del reglamento, en distinto grado, a las personas físicas o jurídicas que promuevan las obras de edificación, a las personas, entidades o comunidades titulares del edificio, y a los usuarios del mismo. Todo lo anterior independientemente de las responsabilidades que contraigan las empresas instaladoras o de mantenimiento y, en su caso, la persona responsable del plan de gestión de la energía.

Implementación de la calificación energética

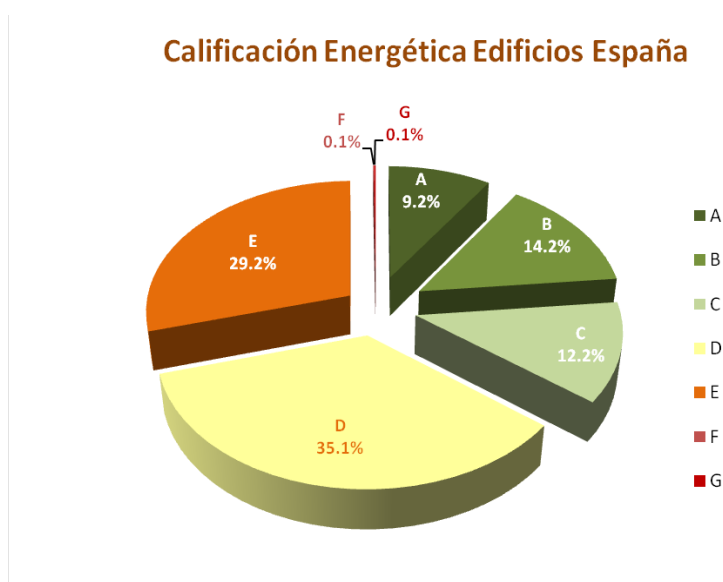


Gráfico 4. Porcentaje de clase de Calificación Energética en España.

En el Gráfico 4 se observa la repartición de los certificados energéticos por clase de calificación energética. Esta repartición corresponde a la suma de las estadísticas de las

comunidades autónomas a las cuales se ha podido tener acceso (Andalucía, Cataluña y Navarra).

Se puede observar que, por la falta de control, se registraron tres certificados de calificación energética errónea; uno de letra F y dos de letra G. Efectivamente, las calificaciones energéticas F y G están reservadas para los edificios existentes, siendo la calificación energética E, la peor calificación permitida para los edificios de nueva construcción.

Procedimientos de control

Hoy en día, se están desarrollando distintos procedimientos de control.

Se destaca el procedimiento de la Comunidad Valenciana, el DRD 06/10 "Criterios Técnicos para el Control Externo de la Certificación Energética de Edificios de Nueva Construcción". Este documento establece el procedimiento para realizar el control externo de la certificación. Es un Documento Reconocido por la Generalitat Valenciana, de carácter discrecional (no es de obligado cumplimiento). Sin embargo las empresas acreditadas actualmente han demostrado que tenían la capacidad para desarrollarlo por lo que ha sido condición indispensable para obtener la autorización de la Administración en esta comunidad.

1.5 AYUDAS A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN

1.5.1. ESPAÑA

Plan estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009 – 2012

Ayuda RENOVE a la rehabilitación de viviendas y edificios de viviendas existentes

Actuaciones subvencionables

Mejora de la eficiencia energética, la higiene, salud y protección del medio ambiente en los edificios y viviendas, y la utilización de energías renovables.

Para garantizar la seguridad y la estanqueidad de los edificios.

Para la mejora de la accesibilidad al edificio y/o a sus viviendas.

Condiciones de las ayudas

Préstamos convenidos, con o sin subsidiación, acompañados en este último supuesto de subvenciones destinadas a los promotores, que se abonarán a través de las comunidades autónomas o de la forma que se acuerde con las mismas.

Presupuesto protegido, en las actuaciones sobre edificios

Coste total de las obras a realizar sobre los elementos comunes e instalaciones generales, incluidas las necesarias sobre las partes afectadas en viviendas y locales comerciales.

1.5.2. ANDALUCÍA

Orden de Incentivos

Orden de 7 de diciembre de 2010, por la que se modifica la de 4 de febrero de 2009, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009 – 2014.

Actuaciones subvencionables

Actuaciones para mejorar el envolvente y cumplir con el CTE,

Sustitución o mejora de equipos e instalaciones térmicas (ascensores, equipos de climatización),

Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior,

Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria.

Incentivo

- Intensidad máxima del incentivo: 60 %
- Intensidad media concedida: 25 % (del coste incentivable)

Capítulo 2. Integración de las Energías Renovables en la Edificación

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1. EUROPA

Contexto Energético

La elaboración de una política energética común en Europa es una difícil tarea. Sin embargo la crisis del petróleo de 1979 obligó los Estados miembros a unirse en este tema tan crítico. Desde entonces la Unión Europea ha realizado un esfuerzo continuo por promocionar las fuentes de energías renovables, con dos objetivos principales; disminuir las emisiones de CO₂ y reducir la dependencia energética del exterior. Diversas Recomendaciones y Resoluciones del Consejo y del Parlamento Europeo se han sucedido, varios Libros Verde y Libros Blanco se publicaron con el objetivo de proponer ideas y suscitar el debate sobre las energías renovables y la reforma del mercado energético comunitario. Todas estas propuestas sirvieron para orientar y definir la adopción de medidas concretas por parte del Consejo o el Parlamento, y para la redacción de las directivas que a continuación se presentan.

Dependencia Energética

La dependencia energética de Europa no ha dejado de crecer en las últimas décadas. De 1995 a 2009, en apenas 15 años, esta dependencia hacia el exterior ha aumentado de 10,6 %, pasando de 43,3 % a 53,9 %.

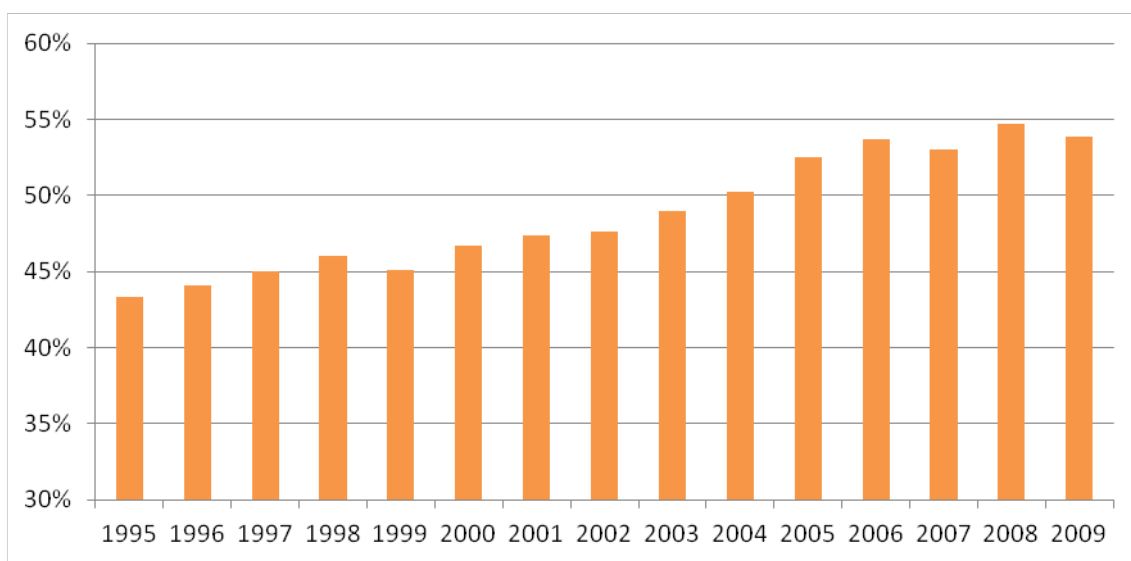


Gráfico 5. Dependencia energética de la UE27 en el periodo 1998 – 2009. Fuente: Eurostat.

En los últimos años, a consecuencia de la crisis económica mundial, sólo se ha notado un ligero descenso en 2007 y 2009 correspondiendo con la disminución global del consumo de energía.

En el Gráfico 6 se observa la situación en 2009 de los distintos Estados miembros. Durante este año, la dependencia energética de los 27 alcanzaba un poco más del 50 % (53,9 %) mientras en España el suministro energético procedente del exterior casi llegaba al 80 % (79,4 %). Por lo tanto España, tiene una dependencia energética mucho mayor que la media europea, sólo superada por Italia y Portugal, y por países pequeños e islas como Luxemburgo, Malta, Irlanda y Chipre. Esta alta dependencia energética supone un riesgo para la seguridad de abastecimiento, ya que el suministro depende de terceros países, y para la economía las importaciones de productos energéticos representando un alto porcentaje del PIB (a principios de 2008 la importación de petróleo representaba un 4 % del PIB)¹.

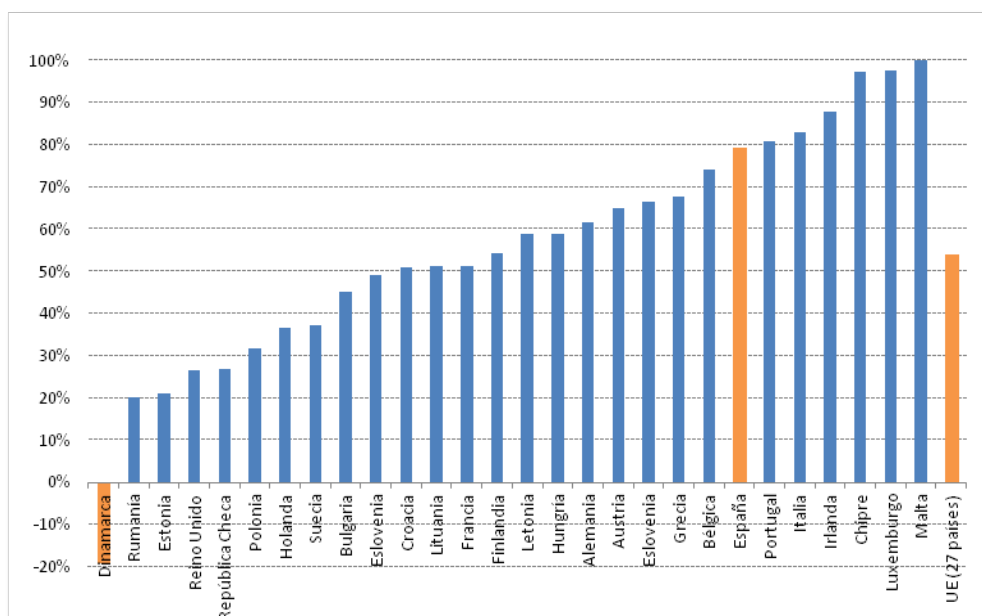


Gráfico 6. Dependencia energética en 2009 en Europa (27). Fuente: Eurostat.

A nivel internacional, los distintos países hacen esfuerzos cada vez mayores por reducir la dependencia energética, ya que no trabajar en este sentido supone un gran problema económico y político.

En EEUU el presidente Obama declaró, en marzo de 2011, su intención de reducir en un tercio la importación de petróleo en la próxima década. En Japón, tras el desastre medioambiental que afectó a varias centrales nucleares en la primavera de 2011, el primer ministro Yoshihiko Noda ha manifestado su intención de evolucionar hacia un modelo energético basado en energías renovables, reduciendo su dependencia de la energía nuclear. En Europa, después de la catástrofe de Fukushima, Alemania ha aprobado el plan que prevé la desconexión de todas las centrales nucleares de aquí a 2022, y ha apostado

¹ Según el borrador de la “Planificación de los sectores de electricidad y gas 2012-2020”.

fuertemente por el uso de energías renovables. En la primavera de 2011 ya se habían desconectado ocho reactores, y antes de 2022 se tendrán que parar los nueve restantes.

Directiva 2009/28/CE

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables

La última directiva aprobada a nivel europeo para fomentar el uso de fuentes de energía autóctonas y disminuir la dependencia energética de Europa es la Directiva 2009/28/CE. Esta directiva, que modifica y amplía las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE, establece como objetivos que, en 2020, el 20 % del consumo final bruto de energía de los 27 países de la Unión Europea, se cubra con energías renovables, y alcance el 10% del consumo en el transporte.

Es la primera vez que se fijan objetivos de contribución de energías renovables sobre el consumo global de energía en la Unión Europea. Anteriormente, en 2001, la Directiva 2001/77/CE fijaba un objetivo de 29,4 % en la generación de electricidad para 2010. Luego, en 2003, la Directiva 2003/30/CE, introducía el primer objetivo en el sector transporte fijando una contribución de energías renovables en este sector a 5,75 % para 2010.

Los objetivos se han distribuido entre los estados miembros teniendo en cuenta el consumo en renovables que cada uno tenía en 2005, su potencial en recursos renovables, su PIB per cápita y el incremento necesario entre los distintos estados para alcanzar el objetivo común de la Unión Europea en 2020. En general, cada país debe incrementar la contribución de las renovables en torno a un 10 % respecto a la situación en 2005, exigiéndose un mayor esfuerzo a los países con mayores recursos económicos (ver Gráfico 7).

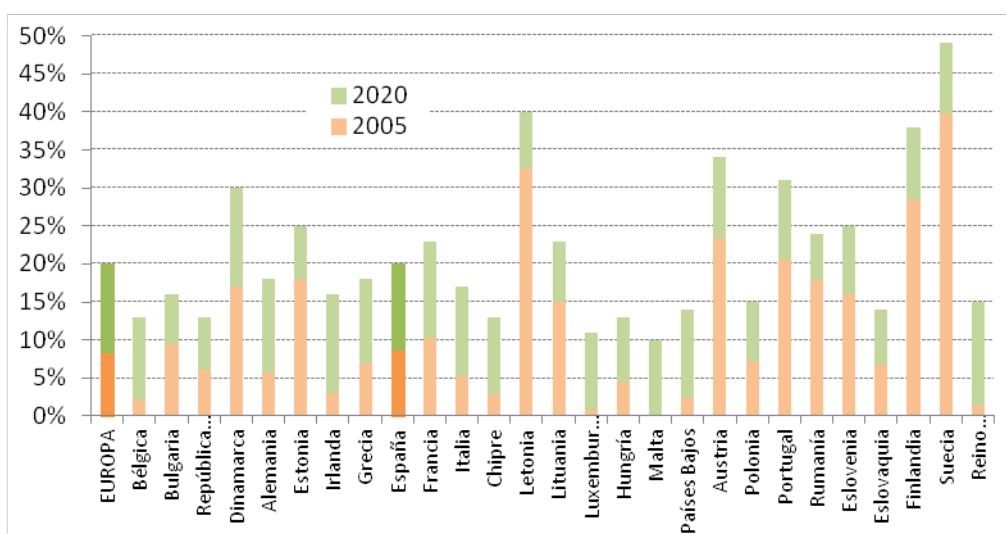


Gráfico 7. Objetivos globales nacionales en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía final en 2020.

En el caso de España, la contribución de las energías renovables tiene que llegar a un 20 % del consumo final bruto, objetivo que casualmente coincide con la meta establecida para el conjunto de la UE.

La Directiva también fija normas que promueven la cooperación entre países, bilateral o multilateralmente, en aspectos como la realización de proyectos, la implantación de sistemas de ayuda conjuntos, la transferencia de estadísticas, o la colaboración para el cumplimiento de los objetivos mediante la transferencia de cuotas. Asimismo, define criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos, y establece medidas para facilitar los procesos administrativos y asegurar la garantía de origen de la energía. Cada país debe adoptar un plan, con el visto bueno de la Comisión Europea, para el desarrollo de los objetivos a nivel nacional (el Anexo VI de la Directiva especifica los requisitos mínimos de este plan).

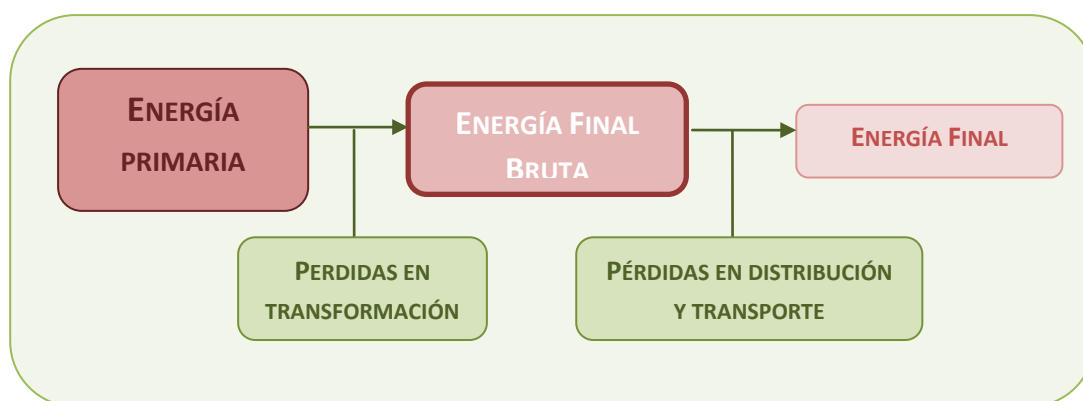
Evolución de los objetivos

Los primeros objetivos de cuota de energías renovables en el consumo de energía se fijaron en 1993 en la "Decisión del Consejo de 13 de septiembre de 1993 relativa fomento de las energías renovables en la Comunidad" (programa ALTENER). Entonces, esta decisión fijaba objetivos, sólo indicativos, de aumento de la contribución de las energías renovables en la cobertura de la demanda total de energía al **8 % en 2005**.

Desde entonces estos objetivos se ampliaron por varias veces. En el Libro Blanco "Energía para el futuro: Fuentes de energía renovables", en 1997, el objetivo para 2010 duplica la contribución real del 6 % en 1997 pasando a un objetivo del **12 % para 2010**. Finalmente en 2009, en la Directiva 2009/28, se fija el objetivo actual del 20 % para 2020.

Metodología de cálculo

Aparte de la ampliación de los objetivos, la Directiva introduce un **cambio metodológico** respecto a las anteriores directivas que deroga. La principal de las novedades es que los cálculos se basan en el consumo final bruto de energía, y no en el consumo de energía primaria como se hacía anteriormente.



Para producir una unidad de **energía final bruta**, es necesario procesar y transformar una determinada cantidad de energía inicial (en estado puro), como el carbón, el gas natural, el petróleo, la biomasa, la radiación solar o el viento, conocida como **energía primaria**. La nueva Directiva Europea define la cuota de energías renovables respecto al consumo final bruto de energía (correspondiendo a esta energía final bruta), incluyendo por lo tanto las pérdidas en la distribución y el transporte.

Contabilizar los objetivos en función de la energía primaria, es injusto para las tecnologías de generación directa de electricidad, como la eólica, la solar (fotovoltaica y termoeléctrica) y la hidráulica. Si para producir una unidad de energía final bruta se parte, por ejemplo, de biomasa, se requiere cerca de cinco veces más energía primaria que si se parte de energía fotovoltaica². Efectivamente la transformación de biomasa en energía final genera unas pérdidas importantes, mientras que para la fotovoltaica se consideran nulas las pérdidas en el proceso de transformación. Lo mismo ocurre (en otras proporciones) cuando se produce electricidad a partir de combustibles fósiles (gas, carbón o petróleo).

Por esta razón la nueva directiva realiza este cambio. De esta forma se calculará la contribución de las energías renovables sobre la energía final bruta y no la energía primaria.

Otro aspecto novedoso de esta directiva es que las energías aerotérmica, geotérmica e hidrotérmica, capturadas por las bombas de calor, se consideran como energías renovables. El Anexo VII de esta normativa define la metodología para calcular la cantidad de energía que se puede considerar como procedente de fuentes renovables y el valor mínimo del rendimiento medio estacional que tiene que tener el equipo.

Para calcular el consumo final bruto de energía de origen renovable, la Directiva distingue tres términos; la contribución de las energías renovables en la electricidad, en calefacción y refrigeración y en el sector transporte.

$$\begin{aligned}
 & \text{CONSUMO FINAL BRUTO DE ENERGÍA} \\
 & \text{PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES} \\
 & = \\
 & \text{CONSUMO FINAL BRUTO DE ELECTRICIDAD} \\
 & \text{PROCEDENTE DE FUENTES DE EERR} \\
 & + \\
 & \text{CONSUMO FINAL BRUTO DE ENERGÍA} \\
 & \text{PROCEDENTE DE FUENTES DE EERR} \\
 & \text{PARA LA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN} \\
 & + \\
 & \text{CONSUMO FINAL DE ENERGÍA} \\
 & \text{PROCEDENTE DE FUENTES DE EERR} \\
 & \text{EN EL SECTOR TRANSPORTE}
 \end{aligned}$$

Ilustración 2. Procedimiento de cálculo del consumo final bruto de energía con EERR.

² Dato del borrador del PER 2011-2020.

Los distintos estados miembros tienen que transponer esta Directiva en sus planes nacionales fijando los objetivos parciales en estos tres sectores.

Previsión de consecución de los objetivos a nivel Europeo

Según los últimos datos de la Comisión Europea, se espera que diez de los estados miembros superen los objetivos de cuota de energías renovables y cinco vayan a necesitar los mecanismos de cooperación (compra - venta entre estados) para conseguir su objetivo. Para 2020, se prevé que se exceda la cuota de energías renovables global para toda Europa consiguiendo **20,3 %** en lugar de 20 %, los mecanismos de cooperación usándose sólo para una pequeña cantidad de energía (2-3 mtep).

En cuanto a los objetivos por sectores, según la COM 2011(31), los planes de los estados miembros indican que las energías renovables deberían llegar a una contribución de **37 % en la producción de la electricidad en 2020**.

En cuanto a la calefacción y refrigeración, la biomasa se mantendrá como tecnología predominante asumiendo el 50 % del incremento en el sector de 2010 a 2020.

Control y revisión de los objetivos

Para el control y revisión de los objetivos, la Directiva europea fija un programa que incluye metas bianuales, que permiten analizar la evolución y el grado de cumplimiento por cada Estado miembro.

En contra de la voluntad del sector renovable europeo, no hay mecanismos sancionadores para los estados que no consigan los objetivos marcados. En 2014, la Comisión evaluará, informará y propondrá medidas correctoras, si procede. Pero en ningún caso se podrá modificar el objetivo global del 20 %, ni afectar al control de los Estados miembros sobre sus propios mecanismos nacionales de apoyo.

2.1.2. PER 2010 - 2020

En este reparto comunitario definido en la Directiva 2009/28/CE, a España le corresponde el objetivo de cubrir, al menos, el 20 % del consumo de energía final bruta con fuentes de energía renovables.

Para el 30 de junio de 2010 los Estados miembros tenían que remitir a la Comisión un plan de acción nacional en materia de energías renovables que desarrolle las medidas para alcanzar las cuotas fijadas para 2020. El borrador del PER 2011-2020 (Plan de Energías Renovables), publicado a finales de julio de 2011, al cual se refiere varias veces este documento, se basa en el PANER (Plan de Acción Nacional de Energías Renovables), enviado por España a finales de junio y lo desarrolla en mayor profundidad. En este caso, el PER modifica algunos objetivos del PANER el objetivo global de cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía pasando de una

cuota de 22,7 % en el PANER a 20,8 % en el PER. Aún así este objetivo global triplica la contribución de las renovables de 2004 de 6,3 %.

El borrador del PER desgrena los objetivos en metas anuales y por sectores (electricidad, calefacción, refrigeración y transporte). Cada objetivo es el cociente entre el consumo final bruto de energías renovables y el consumo final bruto total de energía del sector. Finalmente el objetivo global es el cociente entre la suma de las contribuciones de las energías renovables en los tres sectores y el total de la energía bruta final consumida en España.

Tabla 9. *Objetivos de cuota de EERR en España. Fuente: PER 2005-2010, Borrador del PER 2011-2020.*

Cuota de energía procedente de fuentes renovables	PER 2005-2010	Borrador PER 2011-2020	
	Objetivo 2010	Situación 2010	Objetivo 2020
Electricidad	30,3 %	29,2 % ³	38,9 %
Calefacción y Refrigeración	Sin Objetivo ⁴	10,9 %	17,3 %
Sector transporte	5,83 %	4,99 %	11,3 %
Consumo final bruto de energía	12,1 %	13,2 %	20,8 %

La Tabla 9 presenta un resumen de los objetivos fijados por el anterior y nuevo PER así como los datos reales de 2010.

En cuanto a los **datos reales**, el borrador del PER 2011-2020 facilita los datos de 2010 demostrando que España consigue los objetivos fijados anteriormente con una cuota global de 13,2 %, superior a los 12,1 % fijados. Hay que reseñar que estos datos han sido calculados según la nueva metodología (energía final bruta) mientras los objetivos fijados en 2004 se estimaron según la vieja metodología (energía primaria). Si se hubiese calculando la cuota según la metodología anterior, España sólo llegaría a una cuota de **11,3 %** de energía renovables en lugar del 13,2 % mencionado.

En cuanto al papel de las renovables en la **generación eléctrica**, el porcentaje pasa de 18,5% en 2004 al 29,2 % en 2010. Para 2020, se prevé que este porcentaje siga subiendo hasta conseguir una cuota de 38,9 %.

Por primera vez, se menciona la contribución de las energías renovables en el **sector de la calefacción y refrigeración** con un objetivo de 17,3 % para 2020 que casi dobla la cuota actual de energía renovable en este sector (10,9 %). El calor renovable tiene un gran potencial de crecimiento que, por falta de legislación promoviendo su uso hasta ahora, no ha sido explotado. El PER 2011-2020 así como los últimos programas de subvenciones y ayudas tratan de paliar a esta carencia.

³ Eólica e hidráulica normalizadas según un año de referencia, tal y como marca la Directiva 2009/28/CE.

⁴ El PER 2005-2010 no especifica el objetivo parcial en calefacción y refrigeración.

En el **sector transporte**, que representa el 40 % del consumo de energía en España, el objetivo establecido en 2004 se ha visto doblar en 2011 pasando de 5,83 % a 11,3 % para 2020. Una de las estrategias para conseguir este ambicioso objetivo es aumentar el uso de la electricidad en el sector transporte. Efectivamente, la contribución de las energías renovables en la generación de electricidad sigue aumentando y alcanzará casi un 40 % en 2020 por lo que se puede contabilizar esta contribución en la movilidad eléctrica. La Directiva 2009/28 incluso prevé la posibilidad de poder modificar este porcentaje si se justificase otra contribución de energía renovable en la generación eléctrica durante ciertos periodos, como la noche, periodo propicio a la carga de los vehículos eléctricos y durante los cuales la eólica suele contribuir con un alto porcentaje en la generación. En este sentido el desarrollo de los vehículos eléctricos e híbridos aumentarán el potencial de almacenamiento de la red a través del concepto de V2G (*vehicle to grid*). Almacenando electricidad procedente de fuentes renovables en los periodos de baja demanda y devolviéndola en los picos de demandas estos vehículos aumentarán todavía más la contribución de las fuentes renovables en la generación eléctrica.

Aparte de fijar los objetivos por sectores, el PER 2010-2020 también propone modificaciones en el marco legislativo y una serie de medidas económicas encaminadas principalmente a fomentar la I+D y la subvención de proyectos no acogidos a régimen especial, como la energía solar térmica, la repoblación forestal, el biogás y la biomasa. El presupuesto del conjunto de estas subvenciones se valora en 1068 M€, mientras el coste de las líneas de financiación alcanza 961,2 M€.

España ha sancionado recientemente la Ley de Economía Sostenible, relacionadas con esta nueva directiva y otras, incorporando a la legislación española el objetivo europeo 20-20-20. De la misma forma, en Abril de 2011 se publicó el borrador de la futura Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

2.1.3. ANDALUCÍA

DECRETO 169/2011, de 31 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía

Como comentado anteriormente, el Decreto 169/2011 desarrolla la Ley 2/2007, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética.

Respecto a la integración de las energías renovables en la edificación este decreto aumenta la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables en la demanda de ACS (10).

En los mismos supuestos señalados por el documento básico HE4 del CTE, los aportes mínimos se podrían disminuir cuando se justifique debidamente (por sombras, dificultades arquitectónicas en la rehabilitación de edificios, criterios de conservación histórico-artísticos, etc.).

Tabla 10. *Contribución mínima a la demanda de ACS con energías renovables.*

Contribución mínima de EERR en la cobertura de demanda de ACS	
Instalaciones solares térmicas para ACS	70 %
Otras fuentes de energías renovables, cogeneración o aprovechamiento de calores residuales	85 %
Sustitución por otras fuentes de EERR, cogeneración o aprovechamiento de calores residuales	70 %

El Decreto establece unas exigencias particulares para la climatización de edificios nuevos e instalaciones de uso y servicio **público** propiedad de la Junta de Andalucía y de sus entidades instrumentales. Dependiendo del uso del edificio, se exige una contribución solar mínima, que puede ser complementada o sustituida por otras fuentes de energías renovables, por cogeneración o mediante el aprovechamiento de calores residuales (Tabla 11).

Tabla 11. *Contribución EERR mínima para climatización en edificios públicos de la Junta de Andalucía.*

Uso	Contribución mínima EERR
Oficinas, edificios de usos múltiples y singulares	10 %
Hospitales, residencias, centros de salud y otros usos sanitarios	10 %
Locales y vaso de piscinas cubiertas	70 %
Instalaciones deportivas	50 %
Agua caliente en piscinas no cubiertas	100 %

Situación energética de Andalucía

Andalucía tiene una dependencia energética bastante alta. En 2009 el grado de autoabastecimiento era de 10,4%, respecto al 20,6 % de España y 46,1 % de la Unión Europea de los 27.

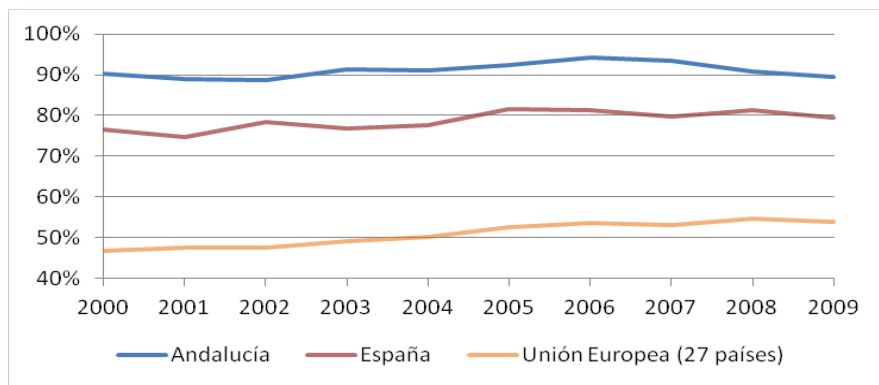


Gráfico 8. Dependencia energética de Andalucía, España y la UE (27 países). Fuente: AAE y Eurostat.

En cuanto a la participación de las energías renovables en la estructura primaria de consumo, en 2009, han alcanzado el 9,7 % del total de consumo primario.

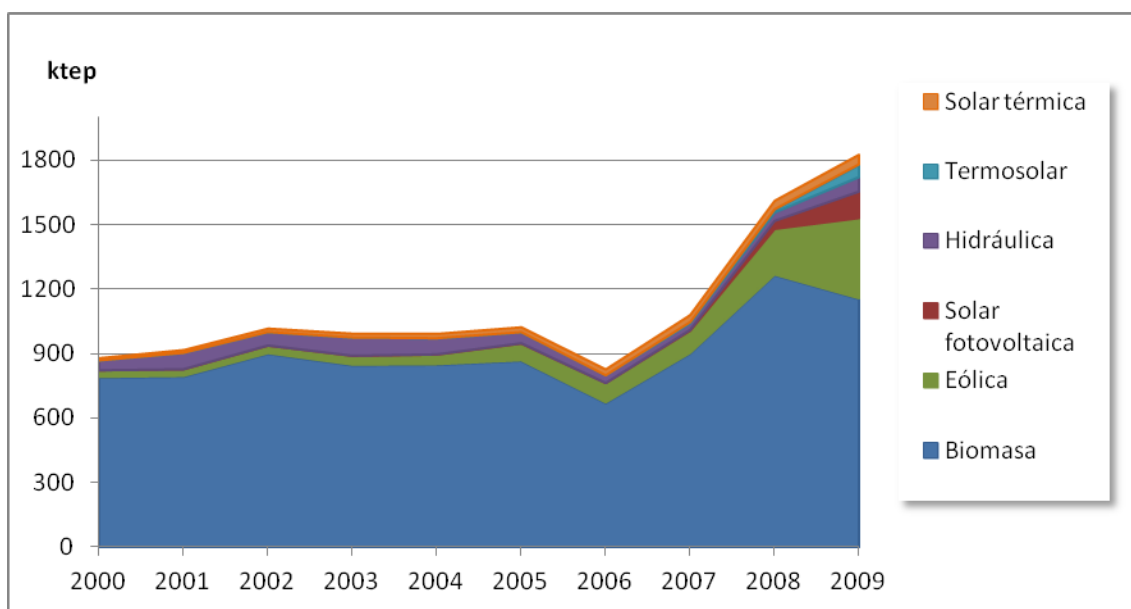


Gráfico 9. Evolución del consumo de energías renovables en Andalucía. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.

La biomasa domina ampliamente. También se aprecia la cada vez mayor presencia de la energía eólica y fotovoltaica, y la incorporación de la termosolar al *mix* energético en los últimos años.

En el **sector residencial** el consumo energético ha aumentado un 42 % desde el año 2000, mientras el consumo de energía térmica procedente de fuentes renovables (biomasa y solar térmica) ha aumentado en 80 %, pasando de 87 ktep a 156 ktep.

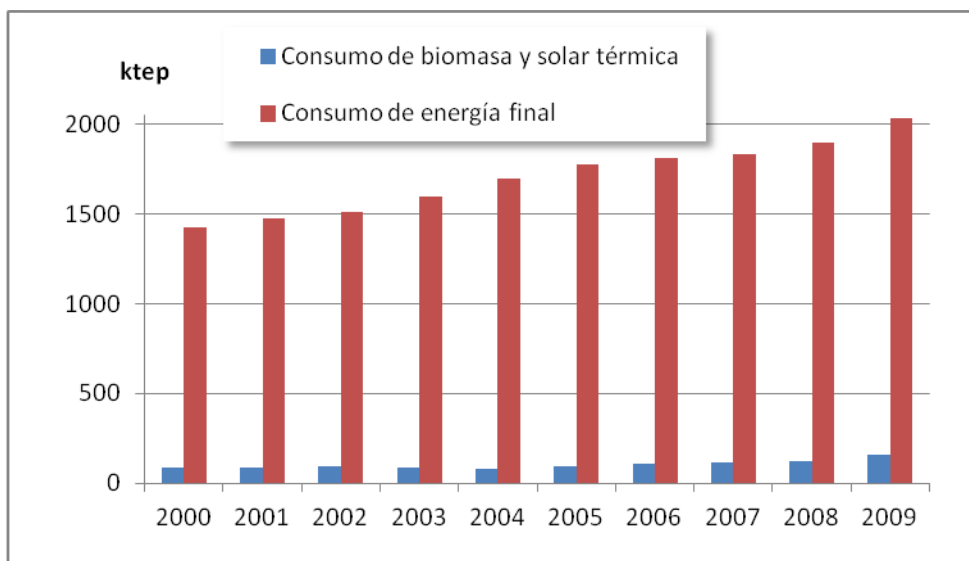


Gráfico 10. Consumo de energía en el Sector Residencial. Andalucía (2000-2009). Fuente: AAE.

2.1.4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Eurostat. (2011). "Energy dependency".
- [2] IDAE. (2010). Borrador del "Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PER) 2011-2020". Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- [3] IDAE. (2005). "Plan de Energías Renovables 2005-2010 / PER 2005-2010". Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- [4] EuroObserv'ER. (2010). «État des énergies renouvelables en Europe. Édition 2010». 203 p.
- [5] "DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE." Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea.
- [6] COM(2011) 31 final. (31.01.2011). "Energías renovables: En marcha hacia el objetivo de 2020." Comisión Europea.
- [7] Agencia Andaluza de la Energía. (2010). "Estadística energética en Andalucía. Año 2009". Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.

2.2 FOTOVOLTAICA EN LA EDIFICACIÓN

2.2.1. MERCADO SOLAR FOTOVOLTAICO

Tecnología

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de células, interconectadas entre sí, que producen electricidad cuando incide sobre ellas la luz solar. Vienen caracterizados por la potencia pico, que es la potencia máxima que podrían entregar en unas determinadas condiciones de alta irradiancia y baja temperatura.

La electricidad se produce por el efecto fotoeléctrico, por el cual ciertos metales sensibles a la luz emiten electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Estos electrones liberados en las distintas células conectadas en serie, se transforman en un flujo de corriente continua. En la mayoría de los casos el material que constituye las células fotovoltaicas es el silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno. Para mejorar el rendimiento se recubre la superficie de las células con una capa anti reflectante.

En la actualidad, el mercado solar fotovoltaico está dominado por tres tipos de módulos:

- **Silicio monocristalino.** Están constituidos por células fotovoltaicas que han cristalizado en una sola pieza, siendo los de mayor eficiencia. Visualmente tienen un aspecto homogéneo y, por el proceso de producción, tienen una forma circular o hexagonal (Ilustración 3).

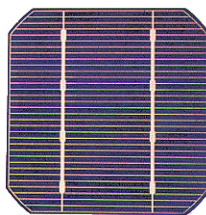


Ilustración 3. Célula de silicio monocristalino.

- **Silicio policristalino.** Las células policristalinas forman cristales desordenados, lo que baja ligeramente el rendimiento. Visualmente es fácil distinguir los distintos cristales en la célula (Ilustración 4).

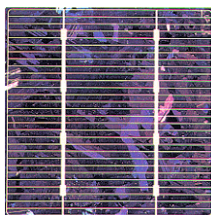


Ilustración 4. Célula de silicio policristalino.

- **Amorfos o capa fina.** Esta tecnología se basa en rociar una pequeña cantidad de una sustancia absorbente solar sobre una capa que puede ser rígida o flexible. Estos módulos son menos eficientes que los cristalinos, y sufren una importante degradación inicial. A cambio, trabajan mejor a altas temperaturas, aprovechan mejor la radiación difusa y ofrecen mayor flexibilidad para la integración arquitectónica. Pueden ser de silicio amorfo, telurio de cadmio (CdTe), CIS (cobre, indio y selenio) o CGIS (cobre, indio, galio y selenio).



Ilustración 5. Soluciones fotovoltaicas de capa fina.

Según Photon Internacional, en el año 2010 aproximadamente un 33,2 % de las células fabricadas fueron de silicio monocristalino, un 52,9 % policristalinas, y un 11,5 % de capa fina (el restante 2,4 % corresponde a otras tecnologías). El dominio del silicio mono y policristalino sobre la capa fina se debe a la mayor madurez de esta tecnología, donde se han alcanzado mayores rendimientos. Sin embargo, los módulos amorfos van ganando terreno, los rendimientos mejoran cada año, son más ligeros y más económicos.

Productos

Desde que comenzó la producción comercial de paneles fotovoltaicos en los años 80, las soluciones para la integración arquitectónica se han multiplicado. Hoy en día existe una gran variedad de productos, desde los habituales módulos rígidos de las grandes instalaciones, hasta los módulos semitransparentes o de colores perfectamente adaptables a la geometría del edificio. Las instalaciones integradas arquitectónicamente en la envolvente del edificio suman varias utilidades yendo más allá de la mera producción eléctrica. Los productos que hoy ofrece el mercado pueden cumplir con las siguientes funciones:

- Protectores solares.
- Aislamientos térmicos formando parte de las unidades de vidrio aislante.
- Protecciones frente al ruido.
- Seguridad.

En cubiertas



Instalación de SHP Europe



Instalación de Ríos Renovables



Teja solar de Solar Century



Tejados solares con tejas de Fangxing

Ilustración 6. Tejados solares fotovoltaicos.

La instalación fotovoltaica sobre tejados es la más extendida en la edificación, ya que aprovecha una superficie que de otro modo no tendría uso, además de que suele tener pocas sombras. En estas instalaciones la máxima integración se consigue colocando los módulos directamente sobre la cubierta, con la misma inclinación, o utilizando tejas solares.



Ilustración 7. Estación central de Berlín.

En cubiertas se encuentran también soluciones en las que los módulos forman parte integrante de la envolvente, dejando pasar la luz al interior de los edificios usando módulos semitransparentes a modo de lucernarios, o colocando piezas que pueden ser pisadas como terminación en las terrazas.

En Fachadas



Ilustración 8. Módulo de integración fotovoltaica de Siliken.



Sistemas de capa fina de Shott.



Fachada ventilada. Cortesía de Onyx Solar.

Ilustración 9. Soluciones de integración arquitectónica para la tecnología fotovoltaica.

En fachadas, la variedad y versatilidad de soluciones es cada vez mayor. El menor grado de integración consiste en anclar los módulos directamente al cerramiento. Otras soluciones, como las fachadas ventiladas, donde las instalaciones fotovoltaicas están ligeramente separadas de los cerramientos, y colocadas sobre una estructura de rastreles verticales (del mismo modo que se colocaría en cubierta), permiten mayor flexibilidad en el diseño.

La mayor integración se conseguiría con módulos que sustituyan parte de la envolvente. Estas soluciones consisten en muros cortina o ventanas que dejan pasar la luz. Existen

productos a medida donde se puede elegir la disposición y color de las células, la distribución y densidad de las mismas, y la translucidez del panel (Ilustración 8).

Protecciones Solares

Son múltiples los casos donde los módulos fotovoltaicos actúan como protectores solares, a modo de voladizos, porches o techado de aparcamientos exteriores.



Hotel Monte Málaga

Aparcamiento estación del AVE

Ilustración 10. Paneles fotovoltaicos como elementos de sombra.

2.2.2. RECURSO ENERGÉTICO

Mapa de radiación global en España y Andalucía según PVGIS y AICIA – CIEMAT

La Ilustración 11 muestra la radiación global horizontal por metro cuadrado en España durante un año.

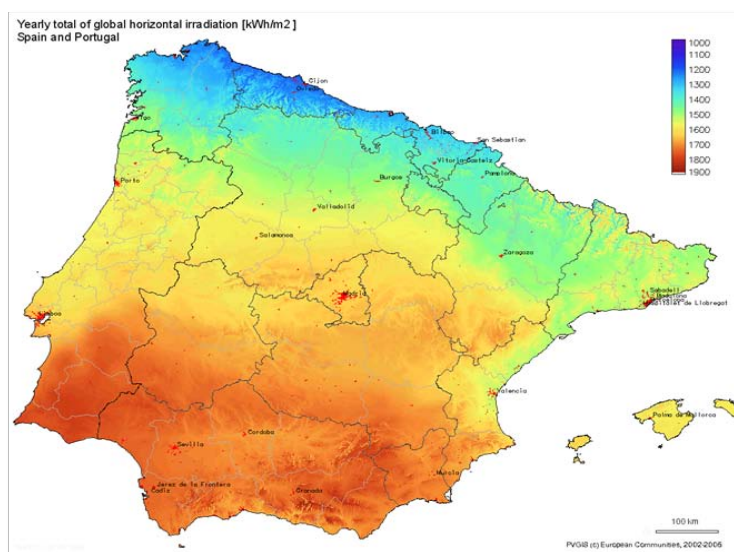


Ilustración 11. Radiación solar en España. Fuente: PVGIS.

Se observa cómo el norte de España recibe una radiación global horizontal anual de 1000 kWh/m² mientras en determinados puntos de Andalucía se alcanzan casi el doble con 1900 kWh/m².

Andalucía se beneficia de una radiación muy alta respecto a otras zonas de Europa y España. En la Ilustración 12 se destacan dos áreas especialmente importantes: el Valle de Guadalquivir, y la parte más oriental de Andalucía (Almería y zona norte de Granada).

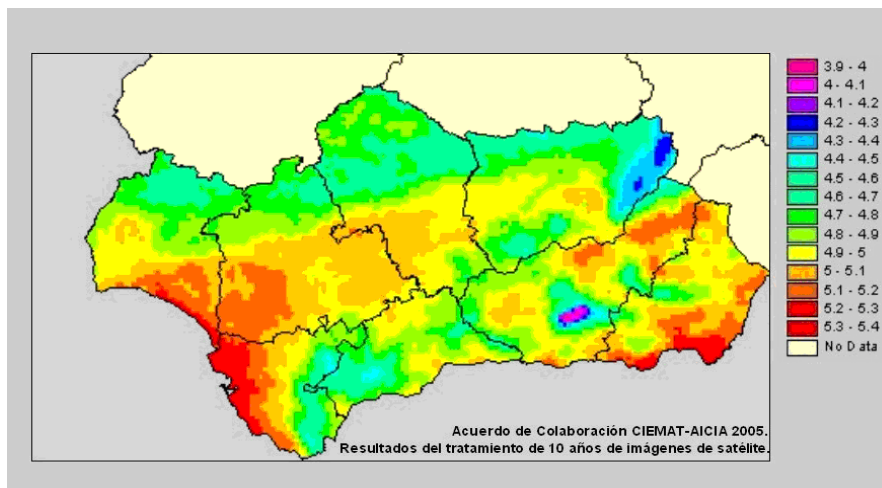


Ilustración 12. Radiación solar en Andalucía. Fuente: AICIA - CIEMAT.

2.2.3. MARCO LEGISLATIVO Y REGULATORIO

Aunque el primer panel fotovoltaico fue producido por Bell en 1953, la producción comercial sólo tuvo lugar después de la crisis del petróleo de 1979. Desde que comenzó la fabricación de módulos a gran escala en los años 90, el mercado no ha parado de evolucionar, reduciendo los costes un 50 % en el último lustro. Hoy, después de 20 años de recorrido, se siguen ajustando precios debido a los continuos avances en investigación, procesos de producción, y la importante influencia de los marcos regulatorios.

El proceso de maduración del sector, caracterizado por una curva de aprendizaje de elevada pendiente, permite que su desarrollo dependa cada día menos de las ayudas estatales, y se esté cerca de tener instalaciones rentables por sí mismas. En situaciones donde la localización requiere costosas inversiones para la extensión de la red eléctrica, por dificultades orográficas o dispersión de los usuarios, las instalaciones aisladas ya son mejor solución que la red convencional desde hace años.

En 2010 la potencia fotovoltaica acumulada alcanzó los 3.787 MW, mientras el nuevo objetivo fijado por el PER 2011-2020 para 2020 es de 7.250 MW.

A continuación se repasarán las distintas normativas y retribuciones aplicadas en España en los últimos años.

Normativas

Al igual que ocurrió a nivel europeo, la legislación española ha tenido dos objetivos:

- 1) Aumentar la cuota de participación de las energías renovables en el consumo de energía.
- 2) Adaptar el mercado eléctrico para integrar la producción de electricidad generada mediante fuentes de energía renovables en la red eléctrica, abriendo el mercado y permitiendo la generación distribuida de electricidad por todo el territorio español.

El **R.D. 661/2007** lanzó el sector fotovoltaico en España. Este documento establece el régimen jurídico y económico para la producción de electricidad en régimen especial; para la fotovoltaica establece un nuevo marco retributivo. La tarifa se revisaría cada cuatro años a partir de 2010, hasta alcanzar los 371 MW instalados. Este reglamento derogó al R.D. 436/2004, que fue el documento que verdaderamente puso en marcha la fotovoltaica en España.

El límite introducido por el RD 661/2007 quedó superado por la demanda del mercado, y después de poco más de un año fue necesario modificarlo por el R.D. 1578/2008, donde se establecen nuevos mecanismos de retribución en función del tamaño y ubicación de las instalaciones (suelo o cubierta). Este Real Decreto responde a la intención del Gobierno de controlar la potencia conectada a red, de modo que se limite a 500 MW anuales hasta 2010, obligando a solicitar previamente la retribución a recibir por la instalación, e inscribir las instalaciones en un registro antes de conectarse.

Finalmente, en 2010 se sancionan dos importantes decretos, el **R.D. 1565/2010** y el **R.D. ley 14/2010**, que levantaron polémica en el sector.

El **RD 1565/2010** limita a 25 los años con derecho al cobro de la prima para las instalaciones acogidas al R. D. 661/2007 (antes, a partir del año 26 la retribución descendía un 20 %). Incluye medidas de carácter técnico, necesarias para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, y una reducción de la prima fijada por el R.D. 1578/2008, del siguiente orden;

- 5 % en instalaciones sobre cubiertas hasta 20 kW,
- 25 % en instalaciones sobre cubiertas entre 20 kW y 2 MW,
- 45 % en instalaciones sobre suelo.

El **R.D. ley 14/2010** pretende corregir el déficit tarifario del sector eléctrico. Prefija unas horas de funcionamiento máximas con derecho a prima, en función del tipo de instalación y de la zona climática. Fuera de estas horas la producción se podría vender en el mercado. Además, se adopta una segunda medida más restrictiva, sólo aplicable a las instalaciones acogidas al R.D. 661/2007, que recorta aún más las horas con derecho a prima hasta 2013, en función del tipo de instalación (el excedente también puede ser vendido en el mercado). Como compensación, este Decreto Ley aumenta el número de años en los que una instalación puede recibir la prima fotovoltaica, de 25 a 28 años (posteriormente, la Ley de Economía Sostenible ha terminado incrementando este periodo a 30 años). El Decreto también incorpora un peaje de acceso a las redes para todos los productores de electricidad de 0,5 €/MWh.

Estos dos últimos decretos, el R.D. 1565/2010 y R.D. Ley 14/2010, por lo tanto recortan los beneficios esperados de instalaciones existentes, afectando a su rentabilidad y viabilidad económica.

El Gráfico 11 muestra el desarrollo del sector en España respecto a otros países europeos. Se aprecia un máximo en 2008, una caída en 2009 y una recuperación en 2010, estos altibajos respondiendo a la política regulatoria aplicada cada año.

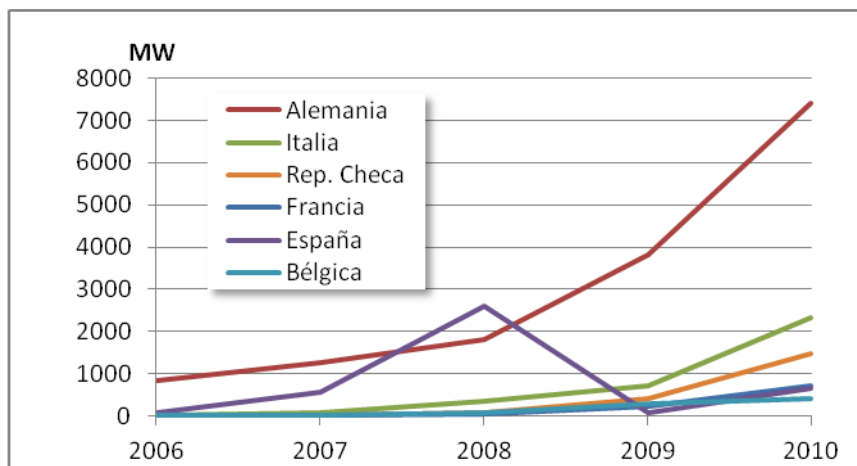


Gráfico 11. Evolución de la potencia anual instalada en Europa. Fuente: EPIA.

Hay que destacar la evolución del mercado alemán en los últimos años. Aunque se beneficia de una radiación mucho más baja que la recibida en España (del orden del 50 % de la radiación de Andalucía), Alemania instaló, en 2010, 7.500 MW, la meta fijada por España para 2020 (en potencia acumulada).

Código Técnico de la Edificación

Los requerimientos del CTE respecto a las instalaciones solares fotovoltaicas se ciñen exclusivamente a los grandes edificios terciarios, dejando de lado las instalaciones sobre edificios residenciales. Las exigencias son casi testimoniales, si se tiene en cuenta la gran superficie, y el gran consumo, de los edificios a los que se obliga a instalar fotovoltaica, y la pequeña potencia que deben aplicar por indicación del CTE (a un edificio administrativo de 4000 m² le correspondería una instalación de 7.5 kWp).

Tabla 12. *Ámbito de aplicación del DB HE5 (instalaciones fotovoltaicas). Fuente: CTE.*

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

Paridad de Red y Autoconsumo o medición neta (net metering)

En determinados países se está muy cerca de lo que se conoce como “paridad de red” (*grid parity*), incluso algunas regiones ya la han alcanzado (como Hawái). La paridad se da cuando se igualan, en el punto de consumo, el coste de la electricidad producida por la instalación fotovoltaica, y lo que paga el usuario a la compañía eléctrica.

En España, esta paridad se podría alcanzar en los próximos años. Según distintas fuentes, las previsiones varían entre 2013 y 2017. Está claro que el marco regulatorio y el contexto internacional modificando los precios de los combustibles y de la electricidad afectaran a estas fechas por lo que, hoy en día, es muy difícil fijar esta fecha.

Aún así, para prever el desarrollo del sector hacia el autoconsumo es necesaria reflexionar sobre la regulación de tal sistema que permita la generación local de electricidad y el autoconsumo.

Cuando estén regulados, la generación distribuida y el autoconsumo permitirán a los usuarios consumir la electricidad que producen, verter a la red los excesos puntuales, o consumir de la red si sus necesidades superan su producción. De este modo, la red se comporta como un gran acumulador de energía. En los periodos de facturación se salda el balance energético, restando a la energía consumida la cedida a la red. Otra variante de este sistema es pagar un incentivo por esta energía producida y no consumida, y entregada a la red.

En la actualidad en España existe un borrador para la conexión a red de las instalaciones de pequeña potencia, en el que se regula el autoconsumo.

El sector espera que esta nueva normativa, y el paulatino descenso del precio del Wp (el borrador del PER pronostica un descenso desde los 2,5-3 €/Wp actuales a 1,1-1,3 €/Wp en 2020), palien el retroceso del mercado provocado por la actual crisis económica, y la disminución de la retribución recibida de los últimos años.

Caso práctico. Rentabilidad de una instalación fotovoltaica

Se comparan a continuación tres instalaciones fotovoltaicas; dos de ellas sobre la cubierta de una vivienda unifamiliar, la otra en la terraza plana de un bloque de viviendas. En los tres casos la instalación está orientada al sur (0º de desviación).

En la vivienda unifamiliar, se han simulado dos situaciones para considerar la instalación a ras de la cubierta, y con la inclinación óptima según la localización (en el caso de Sevilla, 30º de inclinación).

Tabla 13. *Rentabilidad de instalaciones fotovoltaicas sobre cubierta en Sevilla.*

	Ud.	Bloque de viviendas	Vivienda Unifamiliar	
			Inclinación óptima	A ras de la cubierta
Datos de partida				
Provincia		Sevilla		
Potencia instalada	kWp	6,29	2,59	2,59
Inclinación de los módulos	º	30	30	8
Electricidad				
Electricidad generada	kWh/año	9.313	3.834	3.209
Costes				
Precio estimado venta modulos	€/Wp	3,2		
Precio total de la instalación	€	20.128	8.288	8.288
Fondos propios	%	100		
Tarifa reducida 3 ^{er} trimestre de 2011 tipo I.1	c€/kWh	26,72		
Gastos de operación y mantenimiento	€/año	400	200	200
Ingreso anuales				
Hasta 2013	€	2.100	865	857
Desde 2014	€	2.488	1.024	857
Vida útil	Años	30		
Resultados				
TIR	%	8,9	8,2	6,1
Periodo de retorno	años	11 a 12	12	14 a 15

2.2.4. IMPLANTACIÓN

Mundo

Según el informe “*Global market outlook for photovoltaics until 2014*”, de EPIA (*European Photovoltaic Industry Association*), durante 2010 se instalaron en el mundo 15.000 MW de potencia fotovoltaica, alcanzando una potencia acumulada de unos 40.000 MW.

De este fuerte crecimiento del mercado, el 70 % correspondió a Europa (16 GW), seguido de Japón (2,6 GW), Estados Unidos (1,6 GW) y China (0,3 GW). También empieza a desarrollarse el sector en otras áreas con alto potencial de explotación del recurso solar, como son Australia, África, Oriente Medio y Sur América.

El Gráfico 12 muestra la evolución del mercado mundial en los últimos 10 años, y dos pronósticos para 2010; uno manteniendo las condiciones actuales del sector y otro suponiendo un apoyo más decidido. Se puede observar que el predominio de Europa no sólo se mantiene sino que se acentúa en el tiempo. Esta tendencia parece imparable, entre otras cosas por la fuerte reducción de costes, y la decidida apuesta a nivel comunitario.

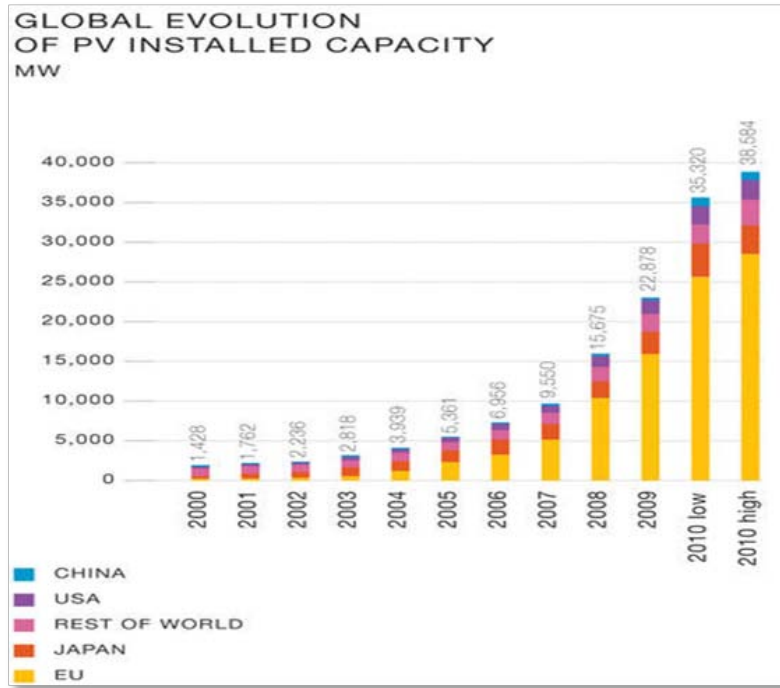


Gráfico 12. Evolución de la potencia FV instalada en el mundo. Fuente: EPIA.

En 2009 Alemania volvió a ser el país con mayor potencia instalada, 3,8 GW, y 10 GW acumulados. Claramente sigue siendo el mercado fotovoltaico más grande en el mundo. Durante 2009 Italia aparece como uno de los países más prometedores, habiendo sido el segundo país a nivel mundial en potencia instalada, seguido de Japón y EEUU. Entre este grupo de países líderes del sector se espera a China e India, que deben desarrollarse en los próximos cinco años. Otros países europeos como Francia, España, Reino Unido, Grecia o Portugal tienen un sector desarrollado, pero deben solucionar determinados problemas para que el mercado siga creciendo, como la adaptación del sector eléctrico, y el desarrollo de un marco legislativo que dé estabilidad y continuidad al sector.

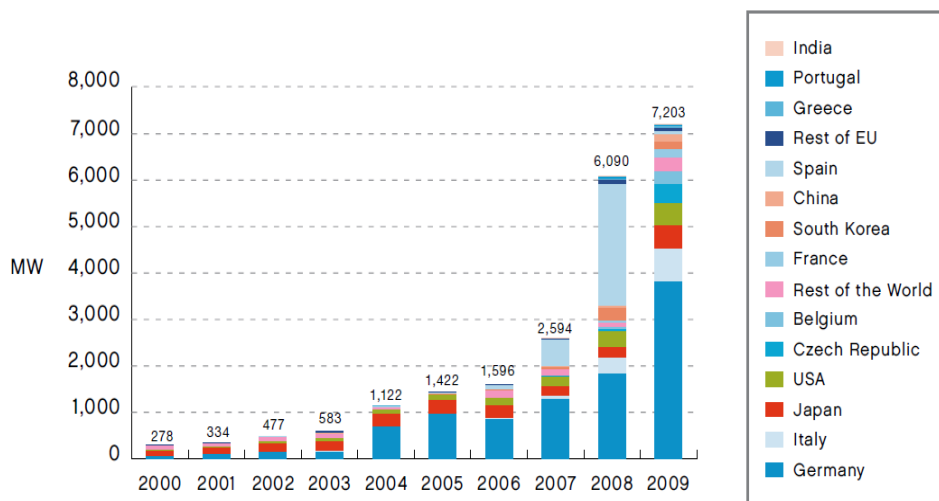


Gráfico 13. Evolución anual del mercado fotovoltaico mundial (EPIA).

Completando esta visión a nivel mundial, hay que tener en cuenta a otros países emergentes, que empiezan desarrollar sus mercados interiores, como Canadá, Australia, Brasil, México, Marruecos, Taiwán, Tailandia o Suráfrica (Ilustración 13).

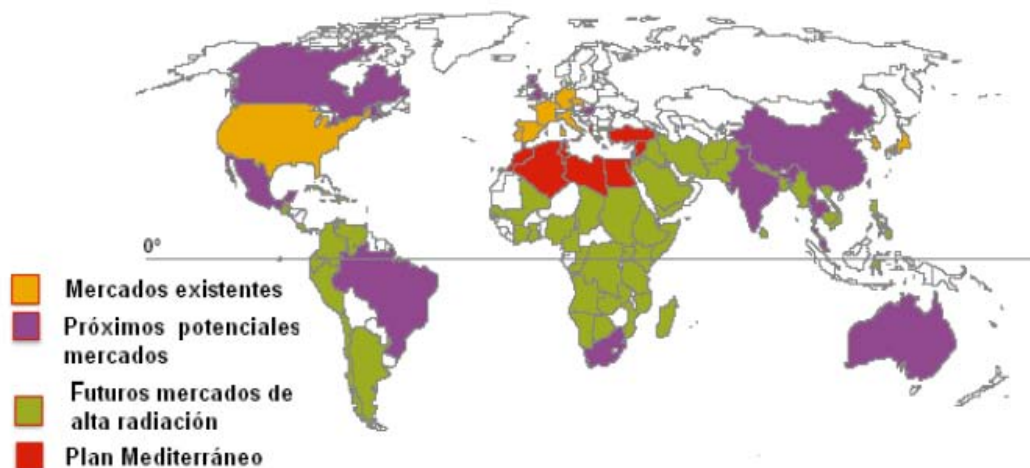


Ilustración 13. Principales mercados fotovoltaicos en el mundo. Fuente: EPIA.

España

Aunque 2010 fue un año de baja irradiación, la electricidad generada a partir de instalaciones fotovoltaicas supuso el 2,6 % de la electricidad generada en España. En cuanto a la máxima cobertura de la demanda, se situó en el 4 %, al igual que en 2009. Estos datos indican la importancia, cada vez mayor, de la energía solar fotovoltaica en el *mix* energético español.

Desde la salida del R.D. 1578/2008, en España es obligado solicitar la inscripción de las instalaciones fotovoltaicas en el PREFO (Preasignación de Instalaciones Fotovoltaicas) quedando registradas las instalaciones según su tipo (suelo o cubierta y tamaño) y con una determinada retribución. Por otro lado, el RIPRE (Registro de Instalaciones de Producción en Régimen Especial), engloba a todas las instalaciones conectadas a red en Régimen Especial que facturan su producción de electricidad.

El RD 436/2004 es el que empieza a animar el sector, pasando de una potencia instalada meramente testimonial de 23 MW en 2004, a duplicar y triplicar la potencia acumulada en 2006. Sin embargo, el RD 661/2007 es el que realmente incentiva el sector y permite llegar a 3.398 MW instalados a finales de 2008.

El R.D. 1578/2008 introduce una nueva clasificación de las instalaciones, conforme a la cual establece unos cupos de potencia y la retribución a recibir por cada grupo:

- Tipo I : Instalaciones ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas.
 - Tipo I.1: Potencia \leq 20 kW,
 - Tipo I.2: Potencia $>$ 20 kW.
- Tipo II : Instalaciones no incluidas en el tipo I anterior.

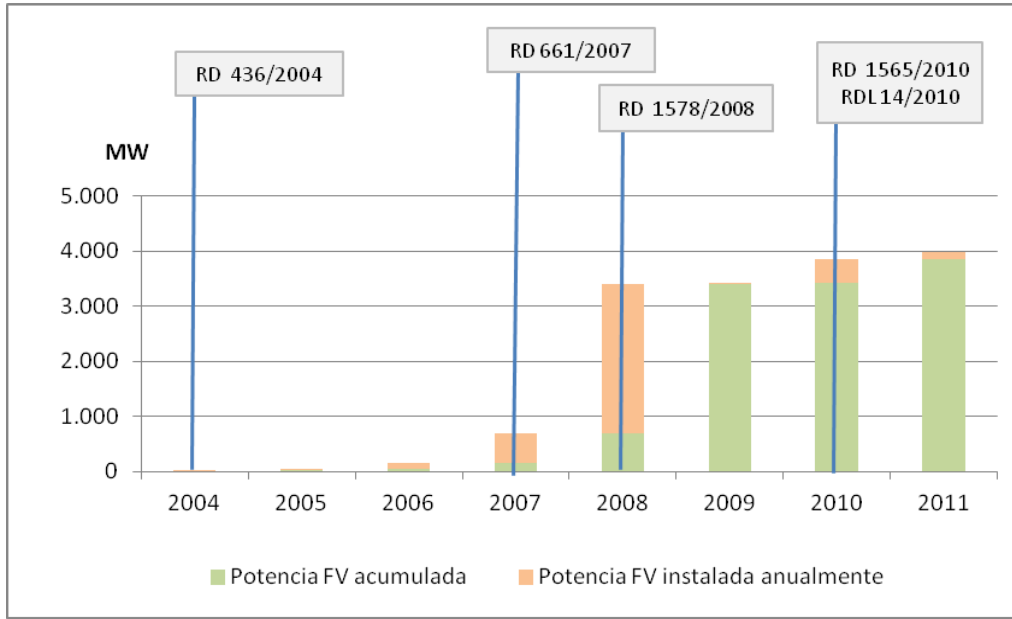


Gráfico 14. Evolución histórica del mercado fotovoltaico en España (datos de la CNE).

La regulación ha ido reduciendo progresivamente la tarifa fotovoltaica. En 2007 se pagaban 44,03 c€/kWh para todas las tipologías, y en 2011, 29,01 c€/kWh para instalaciones del Tipo I.1, 20 c€/kWh para instalaciones del Tipo I.2, y 13,48 c€/kWh para instalaciones del Tipo II. Esto supone una caída del 70 % de la tarifa regulada en el peor de los casos.

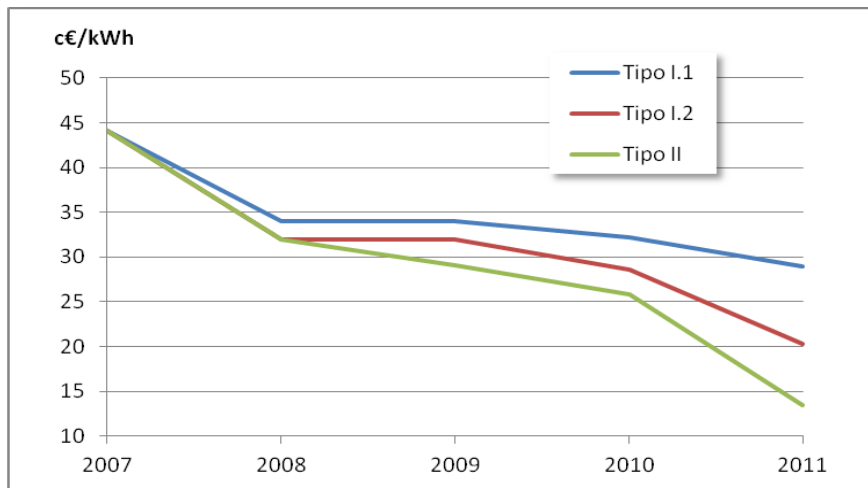


Gráfico 15. Evolución de la tarifa fotovoltaica en España desde 2007. Fuente: ASIF.

Desde 2008 es clara la apuesta por las instalaciones pequeñas sobre cubiertas (Tipo I.1, de menos de 20 kW), que han mantenido más o menos estable su retribución (Gráfico 15), a pesar de la importante reducción de los precios de los distintos componentes de la instalación. Las grandes instalaciones, sobre todo los huertos solares, han recortado drásticamente la tarifa que recibían.

Una aproximación a la proporción de instalaciones fotovoltaicas la da la consulta del PREFO (Gráfico 16). La potencia total asignada en 2009 fue de 502 MW, por 477,28 MW en 2010. El sistema implantado por el PREFO se basa en cupos de potencia trimestrales por cada tipología, de modo que la tarifa se revisa cada trimestre si el cupo ha sido cubierto. En 2010, donde se aprecia una estabilización, la potencia asignada al **Tipo I.1**, correspondiendo a los **edificios residenciales**, fue de 25 MW, representando el 5,2 % del total a nivel nacional.

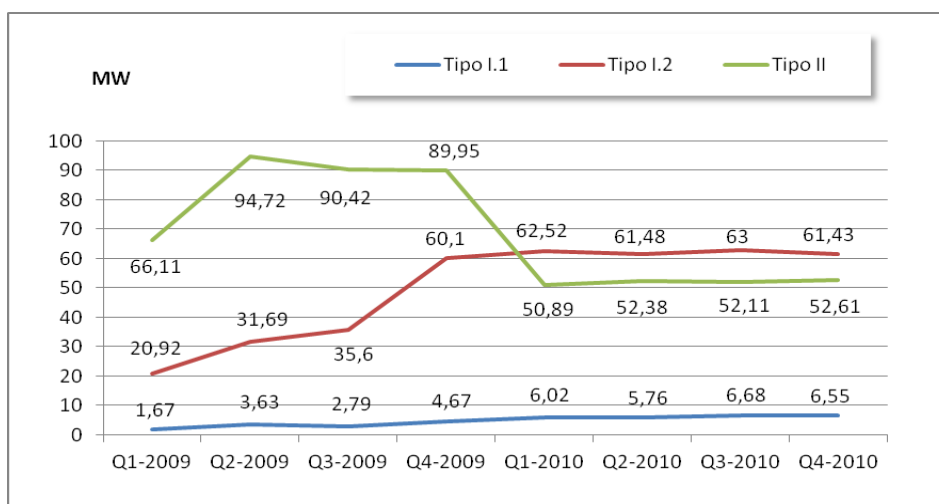


Gráfico 16. Potencia a nivel nacional asignada a cada tipología según el PREFO. Fuente: ASIF.

Andalucía

El sector fotovoltaico en Andalucía ha seguido una evolución parecida a la de España, con un fuerte crecimiento con la publicación del RD 661/2007, y un ritmo de instalación constante desde el RD 1578/2008. Sólo cabe mencionar dos pequeñas salvedades; el despegue en el número de instalaciones se produjo en 2007 en vez de 2006, y la desaceleración de 2009 fue menos acusada en Andalucía.

En 2010 la potencia fotovoltaica acumulada en Andalucía era aproximadamente el 19 % de la total instalada en España, cuando Andalucía representaba el 17,8 % de la población española y el 17,3 % de la superficie.

Analizando la información que proporciona el PREFO, desglosando las instalaciones por año y tipo, se puede tener una idea del número de instalaciones sobre edificios.

Tabla 14. Número de instalaciones y potencia según el PREFO en Andalucía. Fuente: PREFO.

TIPO	Nº instalaciones		Potencia (MW)	
	2009	2010	2009	2010
I.1	144	207	1,7	3,4
I.2	180	263	29	37
II	103	103	52	24,8
Total	427	573	82,8	65,2

La Tabla 14 muestra la proporción de instalaciones del Tipo I.1 sobre el total en el registro de preasignación de instalaciones fotovoltaicas para Andalucía. Hay que recordar que este tipo de instalaciones corresponden a las de menos de 20 kW sobre cubiertas.

Tabla 15. *Porcentaje de instalaciones fotovoltaicas del tipo I.1 en Andalucía. Fuente: PREFO.*

Instalaciones del tipo I.1	2009	2010
Nº de instalaciones	34 %	36 %
Potencia	2 %	5 %

Se puede observar que las instalaciones de Tipo I.1 suponen aproximadamente un tercio del total, pero con una aportación muy baja en cuanto a potencia. La proporción de instalaciones del Tipo I.1, en cuanto a potencia, es muy similar en España y Andalucía, del 5 % en Andalucía y del 5,2 % en España.

El tamaño medio de las instalaciones del tipo I.1 es de 14,6 kW (11,8 kW en 2009 y 16,5 kW en 2010), por lo que se entiende que la mayoría corresponde a instalaciones sobre cubiertas de naves industriales o grandes edificios del sector terciario (aproximadamente son necesarios 150 m² de superficie si se instala a ras de la cubierta y 300 m² si la cubierta es plana y se deja espacio entre filas⁵). Por todo esto, de todas las instalaciones del Tipo I.1, sólo una pequeña proporción se encuentra instalada en edificios residenciales.

2.2.5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASIF. (2011). "Hacia el crecimiento sostenido de la fotovoltaica en España. Informe anual 2011".
- [2] EPIA. (2010). "Global market outlook for photovoltaics until 2014."
- [3] IEA. (2008). "Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía."
- [4] Architekturbüro Hagemann, *WIP-Renewable Energies, EPIA, European Photovoltaic Technology Platform. (2007) "Building integrated photovoltaics: a new design opportunity for architects"*.
- [5] Conergy España: Susana López y Michael Lill. (2009) "Guía de Integración Solar Fotovoltaica". Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

⁵ Estimación de 10 m²/kW para instalaciones alineadas con la superficie y 20 m²/kW para instalaciones sobre superficies planas. En general se considera que las instalaciones sobre edificios residenciales no suelen ser de más de 10 kW (hay excepciones como los bloques de viviendas).

2.3 MINI-EÓLICA EN LA EDIFICACIÓN

En el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, se divide la energía eólica en tres subsectores con características claramente diferenciadas:

- Eólica terrestre
- Eólica marina
- Eólica de pequeña potencia

La minieólica o eólica de pequeña potencia se define como el aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia **inferior a 100 kW**. Esta limitación viene determinada principalmente por la norma IEC 61400-2 que limita el área de barrido del rotor a 200 m² (lo que corresponde aproximadamente a 50 kW) y por el reglamento de baja tensión que establece como límite de potencia estos 100 kW.

Los aerogeneradores instalados en **edificación** son los de **potencia inferior a 10 kW**, aunque también pueden utilizarse aerogeneradores de mayor potencia en usos residenciales colectivos, como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16. *Subdivisión de la eólica de pequeña potencia. Fuente: PER 2011-2020.*

P ≤ 10 kW	10 kW < P ≤ 100 kW
Aplicaciones	
Doméstica	Residencial colectivo
Comercial	Terciaria
Agrícola	Industrial
Potencial tratamiento normativo en la conexión	
Procedimiento abreviado con menores requisitos. <ul style="list-style-type: none"> • Mayor agilidad en la tramitación administrativa. • Posibilidad de conexión directa a la red interior. 	Procedimiento abreviado, excluidas del régimen de autorización administrativa previa.
Ratios de inversión	
> 3.000 €/kW	< 2.500 €/kW
Producción (horas equivalentes)	
~ 1.200 h	~ 1.750 h
Costes de explotación	
~ 12 €/MWh	

Las ventajas de la energía minieólica son numerosas:

- Producción de energía sin emisiones de CO₂ ni otros contaminantes.
- Producción local de electricidad minimizando las pérdidas de energía por transporte y reduciendo la dependencia energética del país.
- Producción en autoconsumo en los lugares donde no llega la red eléctrica.
- Generación de energía a bajas velocidades de viento, desde 2,50 m/s sin necesidad de realizar un estudio de viabilidad complejo en comparación con la eólica de alta potencia.
- Generación de empleo local de calidad.

En el sector de la edificación, países como Reino Unido y Holanda ya han apostado por esta tecnología. España, en cambio, pese a su alto potencial eólico y a la existencia de un sector industrial que cuenta con experiencia, debido a la eólica de gran potencia, aún no ha logrado desarrollarla. La falta de incentivos específicos y los complicados trámites administrativos explican en gran parte esta situación.

2.3.1. TIPOS DE TURBINAS

Existen distintos tipos de aerogeneradores de pequeña potencia, que pueden clasificarse según la disposición de su eje.

Eje horizontal

El eje de rotación es paralelo a la dirección del viento.



Ilustración 14. Aerogenerador de eje horizontal con 3 palas. Fuente: Enair.

Eje vertical de sustentación (EVS): Darrieus

Está formado por dos o tres palas de forma ovalada cuyo eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento.

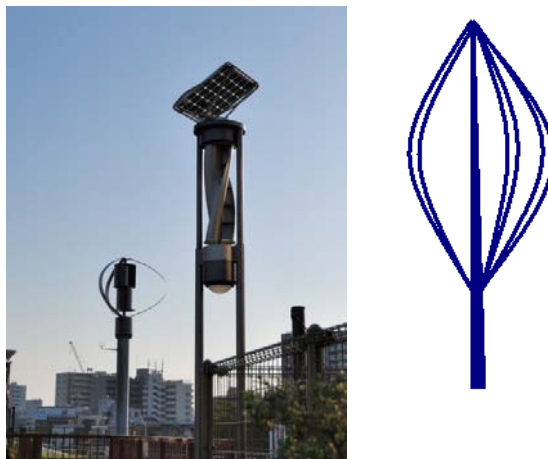


Ilustración 15. Aerogenerador Darrieus. Fuente: Flickr - ykanazawa1999.

Eje vertical de arrastre (EVA): Savonius

Aprovecha la diferencia de la fuerza del viento entre una superficie cóncava y una convexa, de modo parecido al principio de funcionamiento de un anemómetro de cazoletas.

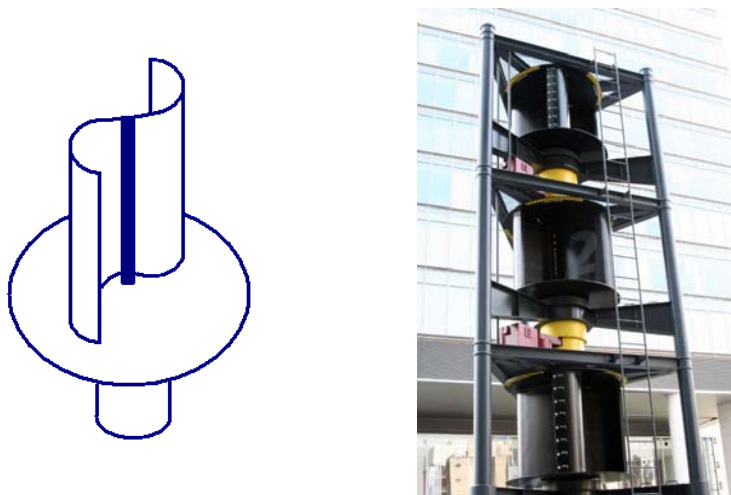


Ilustración 16. Aerogenerador Savonius. Fuente: Oimax.

En la Tabla 17 se resumen las ventajas e inconvenientes de estos aerogeneradores. Para **zonas urbanas**, los aerogeneradores de eje vertical son los más recomendables ya que son capaces de funcionar con vientos turbulentos cerca de la tierra, siendo adecuada su instalación cerca de edificios o en tejados. Además, la velocidad de rotación de los aerogeneradores de eje vertical es relativamente lenta, lo que los hace silenciosos en comparación a los aerogeneradores de eje horizontal. Los aerogeneradores de eje

horizontal, en cambio, tienen la ventaja de ser más eficientes. Por ello, habrá que estudiar en cada caso cuál es el modelo de aerogenerador más apropiado.

Tabla 17. *Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de aerogeneradores. Fuente: Randall 2003, Timmers 2001 y Clear Skies 2003.*

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Eje Horizontal	
<ul style="list-style-type: none"> • Eficiente • Probado y ampliamente utilizado • Más económico • Muchos productos disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para soportar las frecuentes orientaciones y zarandeos
Eje Vertical	
Sustentación (EVS)	
<ul style="list-style-type: none"> • Bastante eficiente • Simple orientación al viento • Menos sensible a la turbulencia que los de eje horizontal • Produce menos vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco probado • Mucho más sensible a la turbulencia que el EVA
Arrastre (EVA)	
<ul style="list-style-type: none"> • Producto probado • Silencioso • Fiable y robusto • Simple orientación al viento • Menos sensible a la turbulencia que los de eje horizontal • Produce menos vibraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja eficiencia • Comparativamente antieconómico

2.3.2. TIPOS DE CONEXIÓN

Las instalaciones mini-eólicas pueden verter directamente la electricidad producida a la red o bien utilizarla para el autoconsumo.

Sistemas conectados a la red eléctrica

Los aerogeneradores se suelen conectar a la red eléctrica cuando el marco retributivo es lo suficientemente interesante y los trámites de conexión no son prohibitivamente caros y complejos.

Sistema aislado

Antiguamente, los sistemas eólicos eran más competitivos cuando se instalaban de forma aislada en lugares remotos, lejos de la red eléctrica. Estos sistemas funcionaban, normalmente, cargando baterías en las que se almacenaba la energía obtenida por las pequeñas turbinas eólicas, para su posterior uso, bajo demanda del usuario. Otra aplicación muy usual era el bombeo de agua.

Los sistemas aislados se suelen instalar cuando no existe punto cercano de conexión a la red o su habilitación genera un coste demasiado elevado.

Para garantizar la producción eléctrica a lo largo de todo el año, este tipo de instalación suele ser híbrida instalando a la vez paneles fotovoltaicos. De esta forma se garantiza la producción de electricidad tanto en verano como en invierno.

2.3.3. RECURSOS ENERGÉTICOS

España

El CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) ha elaborado un mapa del recurso eólico de la Península Ibérica y Baleares a 10 metros de altura, disponible online de forma gratuita a través de la página web www.globalwindmap.com.

Los datos de viento ofrecidos pertenecen al periodo 2004-2009 y tienen una resolución de 1 km para Navarra y de 4,5 km para el resto de emplazamientos.

Se pueden obtener las series horarias de velocidad, dirección de viento, temperatura y presión, así como el mapa eólico a otras alturas, en el mar u otros países simplemente poniéndose en contacto con el CENER. El precio por cada posición fuera de la Península Ibérica o Baleares, así como alturas mayores de 10 metros es de 1.500 €.

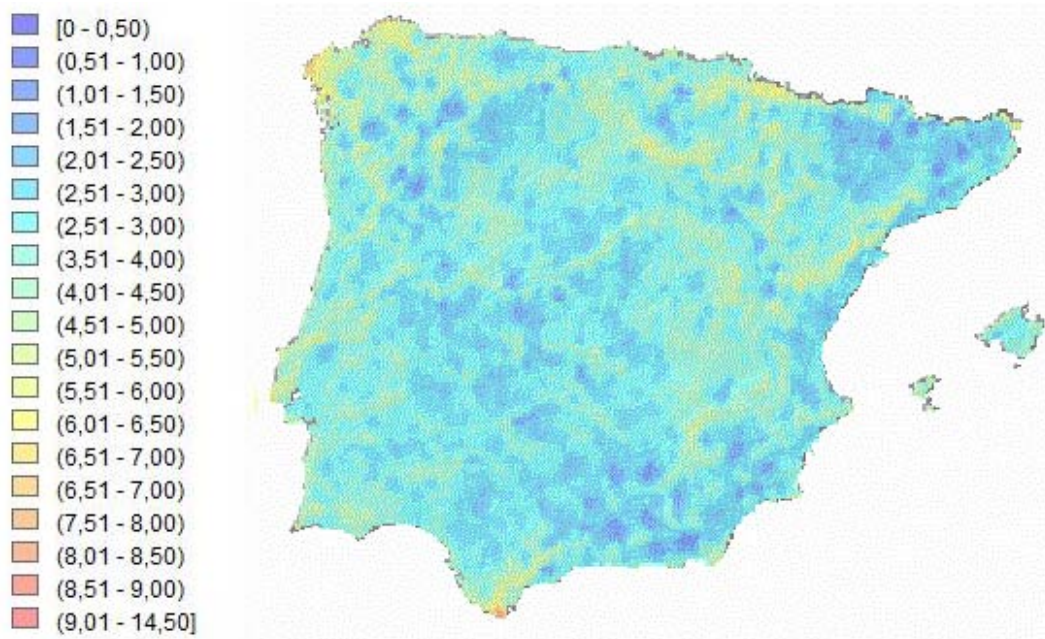


Ilustración 17. Mapa del recurso eólico de la Península Ibérica y Baleares a 10 metros de altura. Fuente: CENER.

Andalucía

En Andalucía, la AAE (Agencia Andaluza de la Energía) ha elaborado un mapa de recurso eólico con datos recogidos en los años 2003-2004. La resolución espacial de este estudio es de 15 km, la temporal de una hora y se estima el campo de velocidad del viento y dirección a las alturas de 10, 40 y 80 metros sobre la superficie. Los datos se pueden acceder de forma gratuita a través de la web de la Agencia Andaluza de la Energía.

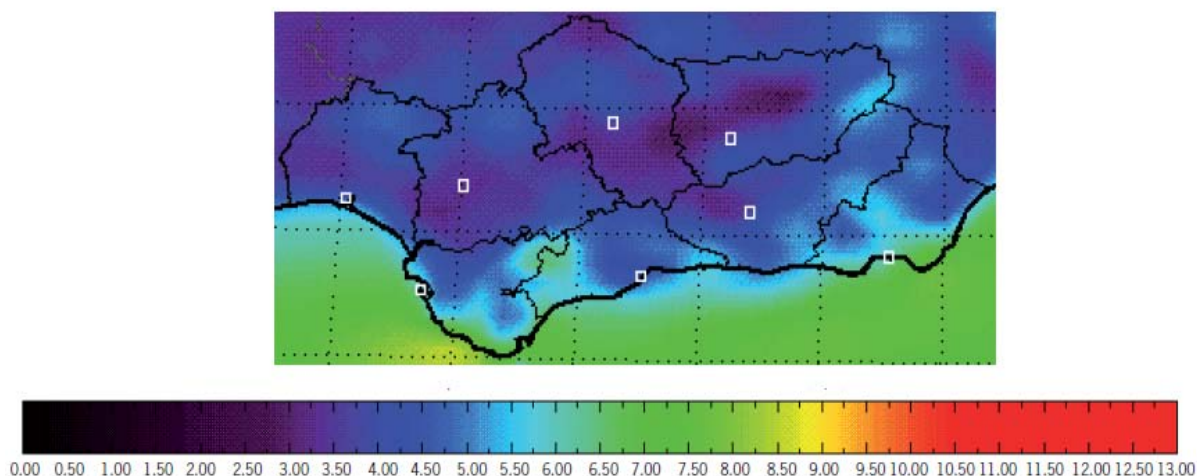


Ilustración 18. Velocidad media horaria anual (m/s) de Andalucía a 10 metros de altura. Año 2003. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.

Como era de esperar, en Andalucía la zona más ventosa es la costa de Cádiz y la costa de Almería con una velocidad media horaria de 8 m/s. Además, cabe destacar la zona de la Serranía de Ronda donde también se alcanzan velocidades cercanas a los 8 m/s.

Hay que señalar que los datos de viento (ofrecidos mediante informes) son en base a un estudio y modelo matemático realizado por la Universidad de Jaén, por lo que no son datos reales medidos.

La herramienta permite descargar informes para cada localidad incluyendo la siguiente información:

- Velocidad media durante el día
- Velocidad media mensual
- Rosa de viento velocidad media
- Rosa de viento procedencia
- Rosa de viento potencia
- Distribución del Weibul

Islas Canarias

El Área de Energía de Cabildo de Lanzarote presentó el pasado 2 de marzo, la web www.minieolicadelanzarote.com, donde los ciudadanos pueden acceder de forma gratuita al mapa de recurso eólico de las Islas Canarias, viendo las zonas con mayor potencial eólico (ver Ilustración 19) y el tipo de aerogenerador que necesitarían en cada caso. Este mapa recoge el recurso eólico a 40, 60 y 80 metros de altura.

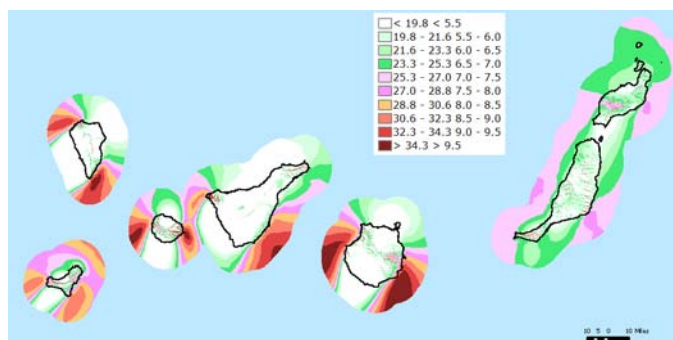


Ilustración 19. Mapa del recurso eólico de las Islas Canarias a 40 metros de altura. Fuente: Instituto Tecnológico de Canarias.

Además del mapa, se puede descargar información numérica del recurso eólico (velocidad, dirección del viento y otros parámetros) para coordenadas específicas de puntos del archipiélago canario. La distancia entre los puntos del estudio es de 100 metros. Es necesario mencionar que dicha información es sólo aproximada, ya que los datos eólicos no han sido medidos, sino calculados.

2.3.4. IMPLANTACIÓN DE LA MINI-EÓLICA EN ESPAÑA

Contexto

En España, el desarrollo de la tecnología eólica de pequeña potencia es todavía escaso comparado con la eólica convencional, debido principalmente a las siguientes razones:

- Ausencia de un marco retributivo atractivo.
- Trámites administrativos excesivos.
- Ausencia de certificación de pequeños aerogeneradores.
- Falta de información.

Marco retributivo

Actualmente la **retribución** para la energía eólica es independiente de la potencia de generación, distinguiéndose tan sólo entre instalaciones terrestres e instalaciones *offshore* (eólica marina), las cuales poseen una tarifa específica.

Según los últimos precios energéticos regulados para la energía eólica terrestre, publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el 29 de diciembre de 2010 (ver Tabla 18), los productores pueden vender la electricidad producida acogidos a un precio fijo de 7,9084 c€/kW durante los veinte primeros años de la instalación, o acogidos al precio del mercado más una prima de referencia (2,0142 c€/kW), con un límite máximo y mínimo fijos. Tras los veinte primeros años, el precio se fija en 6,6094 c€/kW.

Tabla 18. *Precios regulados para la energía eólica (datos julio 2011). Fuente: BOE 316, 29 diciembre 2010.*

Precios (c€/kWh)	Precio fijo (Tarifa regulada)	Venta en el mercado organizado de la electricidad		
		Prima referencia	Límite máximo	Límite mínimo
Eólica terrestre				
20 años	7,9084	2,0142	9,1737	7,6975
Después	6,6094			
Eólica marina		9,1041	17,7114	

Las tarifas, primas, y límites inferior y superior del precio horario del mercado se actualizan anualmente tomando como referencia el incremento del IPC menos el valor establecido en la disposición adicional primera del Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo.

De estas tarifas cabe destacar que el reducido valor de la prima de referencia para la energía eólica terrestre es adecuado para instalaciones de gran potencia, con costes bajos debido a una tecnología madura, pero supone una barrera al desarrollo de la eólica de pequeña potencia, cuyos costes son más elevados. La amortización de los proyectos es, por tanto, difícil, ya que poseen habitualmente periodos de amortización superiores a la vida

útil de los aerogeneradores. Además de tener costes por vatio de potencia más bajos, los grandes aerogeneradores poseen coeficientes de potencia elevados (alrededor de un 30 %), teniendo rendimientos mayores que los mini-aerogeneradores, con coeficientes de potencia entre 10 % y 20 % si están bien situados.

Para eliminar esta barrera al crecimiento de la energía mini-eólica, es necesario pues, **diferenciar la energía eólica convencional** (media y gran potencia) **de la eólica de pequeña potencia**, como se ha comentado.

Según la APPA, llegará un momento en el que no sean necesarias tarifas especiales para el fomento de la eólica de pequeña potencia, pues si los precios de la electricidad para el consumidor final aumentan de forma pronunciada, esta tecnología se irá abriendo cada vez un mayor hueco en el mercado de generación en nuestro país.

Otra posible actuación se basa en fomentar el autoconsumo mediante mecanismos de balance neto o **net metering**. Esta política de generación consiste en que el individuo inyecta a la red toda la energía generada que no necesita, cobrándola al mismo precio al que le vende la electricidad la compañía eléctrica.

Por último, medidas como **bajar los impuestos** relacionados con estas instalaciones junto al fomento de **subvenciones**, ayudarán a vencer la barrera del alto coste exigido al inicio del proyecto, como se propone en las directrices del proyecto WICO desarrolladas por la Diputación de Huelva.

Trámites administrativos

Otra barrera a la expansión de las instalaciones mini-eólicas son los excesivos **trámites administrativos**, los cuales **deberían reducirse al mínimo**, agilizando el procedimiento de autorización de nuevos proyectos.

En esta línea, se publicó el 22 de julio de 2010 una propuesta de Real Decreto de regulación de la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, en sustitución del RD 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, ampliando su ámbito de aplicación a todas las tecnologías.

En la exposición de motivos de la propuesta de Real Decreto, se señala que la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece la obligación de racionalizar y acelerar los procedimientos administrativos de autorización y conexión a redes de distribución y transporte de energía eléctrica, instando a instaurar procedimientos de autorización simplificados.

La aprobación del citado Real Decreto fomentará la generación energética distribuida y el autoconsumo, reduciendo costes de transporte y de instalación de redes de distribución.

Por otro lado, el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 recalca también la necesidad de simplificar estos trámites, así como de fomentar la I+D+i de instalaciones eólicas de pequeña potencia.

Certificación

Hay que señalar la necesidad de certificación de los pequeños aerogeneradores (PA) para dar confianza a los actores implicados en la expansión de esta tecnología. En España, las empresas cuentan con una tecnología de alta calidad, sin embargo, el número de fabricantes es aún escaso en comparación con otros países.

Además, la mayoría de los aerogeneradores de pequeña potencia no se certifican, ya que no es obligatorio en muchos casos y porque es un procedimiento costoso para el fabricante, que tendría que vender una gran cantidad de unidades para recuperar la inversión.

Una posible solución es la que plantea la IEA Wind Task 27, proponiendo un **Etiquetado de PA para Usuarios** que presente los resultados de ensayos basados en las normas IEC, expuestos de una manera compacta y fácilmente comparable, independientemente de donde se hayan realizado dichos ensayos.

La etiqueta resume los resultados obtenidos en los siguientes ensayos, que serán documentados en informes que cumplan los requerimientos de la norma ISO/IEC 17025 sobre Laboratorios de Ensayo Acreditados:

- Ensayo de Duración según IEC 61400-2
- Ensayo de Curva de Potencia según IEC 61400-12-1
- Ensayo de Emisión de Ruido Acústico según IEC 61400-11

Información

La falta de información de ciudadanos, políticos, personal administrativo..., acerca de la energía mini-eólica (ventajas, tecnología, etc.) supone una barrera a su crecimiento. Esta escasez de información se resolvería mediante:

- **Ordenanzas municipales** que incluyan información sobre la altura permitida de las turbinas, límite de potencia, exigencias de ruido...
- **Formación** del personal administrativo
- **Campañas de información** a los ciudadanos, políticos sobre las ventajas de esta tecnología.

Ordenanzas municipales

En Lanzarote, con objeto de regular la incorporación de instalaciones de minieólica para la generación de electricidad y establecer los requisitos mínimos que deben cumplir, se ha redactado la Ordenanza del Cabildo Insular de Lanzarote.

Según las disposiciones generales de esta Ordenanza, es de aplicación para aerogeneradores de potencia de hasta 50 kW de potencia unitaria y 100 kW de potencia total, recogiendo las actuaciones sujetas a licencia (instalación, ampliación, modificación o reforma).

Se establecen las condiciones para la autorización de las instalaciones en dominio público distinto del municipal y obligación de su conservación. Se exige, además, que la integración de las instalaciones tengan el mínimo impacto negativo, debiendo estar debidamente integradas en el paisaje, en armonía y protegiendo el patrimonio.

En las condiciones urbanísticas se determinan las zonas de autorización y ámbitos de exclusión (protección de espacios naturales, protección de costas,...).

Seguidamente se disponen las condiciones de la instalación, donde se recoge el aspecto visual de los aerogeneradores, así como las condiciones de localización de los mismos (en cubierta de edificios, sobre el terreno, en fachadas y medianeras vistas de carácter permanente, en mobiliario urbano y otros soportes) y las condiciones de protección ambiental y de seguridad de las instalaciones.

Por último, en los anexos, se presenta la documentación exigida para la tramitación de licencias (proyecto redactado por técnico competente, certificado de solidez de edificación, solicitud de la preceptiva licencia urbanística,...) y los requisitos de mantenimiento de las instalaciones (Plan de vigilancia y Plan de mantenimiento preventivo).

Para el resto de municipios existe la necesidad de elaborar un modelo de ordenanzas municipales para la implantación de aerogeneradores de pequeña potencia.

2.3.5. ESTADÍSTICAS

Situación de España

Los estudios estadísticos de instalaciones eólicas no suelen incluir los datos referentes a la eólica de pequeña potencia, por tener un desarrollo menor que la eólica terrestre o la marina. En España se hace complicado estimar el número de instalaciones existentes a día de hoy, ya que casi la totalidad son instalaciones aisladas de la red, por lo que no hay un registro exacto. Considerando las subvenciones y ayudas solicitadas, la APPA estima que habría instalados sólo **8 MW de potencia mini-eólica en 2009**, cifra muy lejana del objetivo marcado para 2020 de 370 MW de potencia mini-eólica.



Ilustración 20. Instalación aislada en el noroeste de España. Fuente: Enair.

Como ejemplo de instalaciones mini-eólicas para autoconsumo en viviendas aisladas, se puede citar la realizada por Enair en una vivienda al noreste de España. Esta instalación está formada por un aerogenerador de 3,5 kW de potencia y baterías de 48 voltios y 1200 amperios, capaces de almacenar más de 60 kWh, teniendo una autonomía de 6 días. La zona en la que se sitúa esta vivienda, con una velocidad media del viento de 5,15 m/s, permite reducir en un 90% el uso del generador eléctrico de apoyo a la instalación.

A pesar del escaso desarrollo de la minieólica en España, se están empezando a realizar algunas instalaciones en entornos urbanos. En diciembre de 2009, se inauguró en Navarra un aerogenerador de pequeña potencia instalado en la sede del Departamento de la Consejería de Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra, con una potencia de 1,75 kW y cuya producción media, según datos del IDAE, cubrirá el 60 % de la demanda eléctrica de una familia media española.

En Las Palmas de Gran Canaria, el Cabildo grancanario y el Ayuntamiento han llegado a un acuerdo para dar uso al mástil de la bandera que José Manuel Soria dejó plantado en la plaza de la Fuente Luminosa. El mástil de unos cincuenta metros de altura, soportará dos aerogeneradores de eje vertical de 4 kW de potencia.

Otro ejemplo lo encontramos en el puente de Isabel la Católica, en Valladolid, que se ha convertido en el primero de España en disponer de nueve aerogeneradores urbanos. El puente, que dispone no sólo de los aerogeneradores, sino también de 140 m² de placas fotovoltaicas, será capaz de generar 22.600 kWh/año, lo que implicará un ahorro de 12,66 toneladas equivalentes de CO₂.

Galicia también se ha sumado a estas iniciativas, instalando en la parroquia de Matamá, en Vigo, un aerogenerador que producirá el 25 % de la energía necesaria para iluminar la calle. Sus aspas, de tres metros de longitud, permitirán aprovechar el viento para generar unos 5.554 kWh. Esta instalación forma parte de un proyecto piloto que lleva a cabo el Concello de Vigo junto a la empresa Sonkyo Energy, teniendo como objetivo comprobar las posibilidades de esta energía renovable en entornos urbanos.

Por último, una de las instalaciones más sonadas en la implantación de la energía eólica de pequeña potencia en entorno urbano en España es el proyecto de investigación Torre SyV, que consiste en un micro-parque ubicado en la azotea de la torre Sacyr Vallehermoso, en el Paseo de la Castellana en Madrid. La instalación consta de tres mini aerogeneradores de eje vertical de 5 kW cada uno.

Situación de Reino Unido

Mercado mini-eólico

El Reino Unido ya es el segundo mercado más grande del mundo en instalaciones eólicas de pequeña potencia y el mayor de Europa, con más de 20 fabricantes de aerogeneradores. Los ingresos de fabricación se sitúan en 17 millones de libras esterlinas y proporciona casi 1.800 puestos de trabajo en todo el Reino Unido.

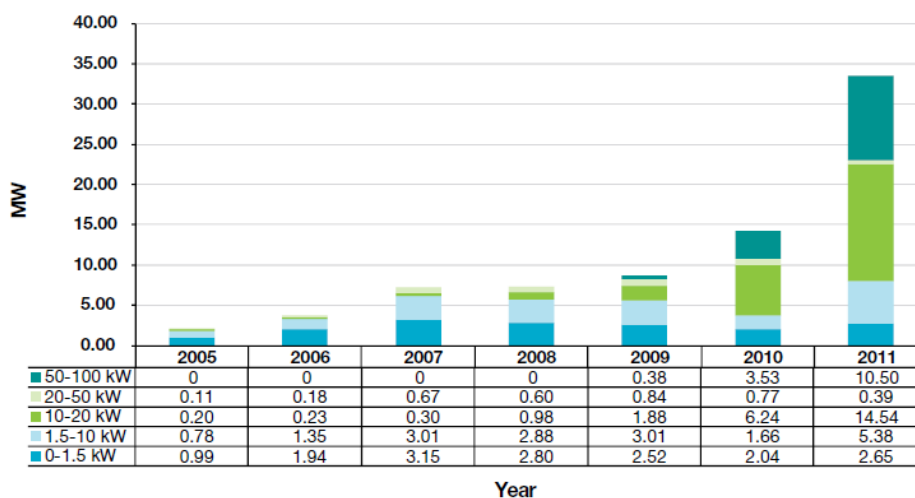


Gráfico 17. Potencia mini-eólica instalada en Reino Unido (MW). Fuente: RenewableUK.

El informe “*Small Wind Systems - UK Market Report*”, realizado por el *Renewable UK* en abril de 2011, muestra que la potencia eólica instalada en 2010 aumentó en un 65 % alcanzando los 14,23 MW, frente a los 8,62 MW instalados en 2009, experimentando un crecimiento sin precedentes (ver Gráfico 17).

Desde 2005 más de 20.000 instalaciones eólicas de pequeña potencia han sido instaladas en el Reino Unido, principalmente con potencias comprendidas entre 0 y 1,5 kW en **sistemas aislados**.

La tendencia actual muestra un cambio hacia las turbinas de mayor potencia en sistemas conectados a la red. Como se aprecia en el Gráfico 17, el aumento de la potencia instalada en 2010 fue debido, en su mayoría, a aerogeneradores de 10 a 20 kW y de 50 a 100 kW.

Marco retributivo

En un futuro, se prevé que los incentivos financieros que el gobierno aprobó en abril de 2010 (*Feed-in-Tariff*), fomenten el uso de turbinas de pequeña potencia. Mediante estos incentivos, el gobierno paga a los productores de electricidad por la electricidad generada, sea consumida (tarifa de generación) o exportada a la red (tarifa de exportación).

La tarifa de generación varía en función de la potencia instalada existiendo tres tarifas desde **25,3 a 36,2 p/kWh** para la minieólica (potencia inferior a 100 kW).

Para la electricidad exportada a la red se fija un **precio mínimo** en la legislación, que para el presente año es de **3,1 p/kWh**. A diferencia de la tarifa de generación, este precio es el mismo para cualquier tipo de energía renovable que se utilice.

Los productores de electricidad pueden optar cada año por este precio fijo o tratar de negociar un precio mejor con su proveedor de electricidad, pagando, por su parte, la electricidad adicional que necesita.

Estos incentivos hacen que el mercado mini-eólico en el Reino Unido en estos momentos sea más atractivo que nunca. Además, se prevé que la futura reducción de costes de la tecnología, junto al aumento del precio de los combustibles fósiles, conllevará un importante crecimiento de la minieólica.

2.3.6. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Para el estudio se van a comparar tres modelos de aerogeneradores diferentes, uno de eje vertical y dos de eje horizontal, con diferentes potencias nominales (ver Tabla 19).

Tabla 19. *Características de los aerogeneradores estudiados.*

Tipo	Eje	Potencia Nominal (kW)	Diámetro del rotor (m)	Precio (€)
1	Horizontal	1,8	2	5.100
2	Horizontal	2,6	4	8.926
3	Vertical	5	2,2	27.500

Se ha tenido en cuenta los beneficios obtenidos al vender la energía producida a la red eléctrica durante el periodo de vida útil de los aerogeneradores. La tarifa de exportación de energía a la red tomada al inicio del proyecto, ha sido la tarifa fija correspondiente al año 2010, que fue de 77,47 €/MWh.

El **análisis financiero** se realiza considerando los siguientes parámetros:

- Tasa de inflación: 1,6 %
- Tasa de descuento: 5,9 %
- Tasa de escalamiento de exportación: 1 %
- Vida útil del proyecto (según indicación del fabricante en cada caso): 20 años para los aerogeneradores 1 y 2, y 25 años para el tercero.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que con la retribución actual los únicos aerogeneradores de pequeña potencia rentables en espacios urbanos son los de **eje horizontal** en zonas con un **elevado potencial eólico** (velocidad media de viento mayor a 8 m/s), pues para el resto de casos, el periodo de retorno de la inversión es mayor que la vida útil de los aerogeneradores.

Para emplazamientos con una velocidad media del viento muy baja (como el caso de Coín, con una velocidad media de 2,02 m/s), no es recomendable la instalación de un aerogenerador, independientemente de la retribución existente, pues no generaría energía eléctrica.

Tabla 20. *Resumen resultados del estudio de viabilidad con Retscreen.*

Emplazamiento	Velocidad media del viento (m/s)	Tipo	TIR (%)	Pay-Back (años)
Cádiz	8,38	1	3,4	14,5
		2	4,9	12,9
		3	-2,9	> proyecto
Coín	2,02	1	-	-
		2	-	-
		3	-	-
Gaucín	5,72	1	-3,5	> proyecto
		2	-1,4	> proyecto
		3	-7,2	> proyecto

2.3.7. RECOMENDACIONES

La energía generada por las turbinas eólicas se rige por los siguientes factores:

- La potencia generada es proporcional a la velocidad del viento al cubo, es decir, doblando la velocidad del viento, se incrementa la potencia ocho veces.
- La potencia generada es proporcional al área barrida por las palas, por tanto, doblando el diámetro del rotor, se incrementa cuatro veces el área barrida, con el correspondiente aumento de la potencia.

Localización

La localización óptima de los aerogeneradores es aquella que presente una **velocidad media de viento mayor con pocas turbulencias**. Esta situación se suele encontrar a lo largo de costas, en cimas de montaña, y en terrenos lisos y despejados. También se pueden encontrar otros emplazamientos que cuenten con suficiente recurso eólico como para poder rentabilizar las instalaciones. Para asegurar esta rentabilidad, antes de la instalación de un aerogenerador, es recomendable tomar medidas de la velocidad y dirección del viento durante un periodo mínimo de seis meses para caracterizar el recurso eólico.

En terrenos con relieve suave, como una colina, se produce una aceleración del viento a lo largo del mismo, alcanzando la máxima velocidad en la cima. Por el contrario, en terrenos con un relieve muy accidentado, se crean turbulencias en el viento, de forma que disminuye la energía aprovechable.

Los emplazamientos urbanos (muy rugosos) son menos aconsejables, siendo la mejor ubicación, la parte superior de edificios altos o zonas periurbanas. Si se tiene una agrupación de varios aerogeneradores, deben situarse formando una línea perpendicular a la dirección predominante del viento, evitando así que interfieran unos sobre otros, creando turbulencias.

Además de considerar el relieve, es necesario estudiar los **obstáculos existentes**, como árboles, casas, cobertizos, y aquellos que en algún futuro podrían aparecer como nuevas

construcciones y árboles que aún no han alcanzado su altura máxima. Estos obstáculos desvían el viento y producen turbulencias por lo que deben ser evitados al buscar la ubicación de los aerogeneradores.

La Agencia Andaluza de la Energía distingue dos tipos de obstáculos: los que dejan pasar partes del viento (porosos) y los que no (no porosos). En el caso de tener un obstáculo poroso, se aconseja instalar el aerogenerador a una distancia de entre 7 y 10 veces el diámetro del mismo. En cambio si el terreno presenta obstáculos no porosos es aconsejable instalar el aerogenerador por delante.

La altura de montaje se define como la altura del buje del aerogenerador medida desde el suelo. Se aconseja tomar una altura de buje mínima de 10 metros, contados desde la mitad de la altura media de la vegetación circundante, salvo cuando se trata de vegetación muy densa y poco porosa, en cuyo caso se tomará la altura total de la vegetación.

Otra forma de calcular la altura del aerogenerador es la aconsejada por *Reporwering Solutions*, que propone que el aerogenerador se encuentre por encima de los 9,1 metros de cualquier obstáculo que se encuentre a 91,4 metros de distancia.

Mantenimiento

Según el análisis tecnológico de las turbinas eólicas urbanas realizado por Wineur, es necesario un mantenimiento de los aerogeneradores. A pesar de que el 40 % de los fabricantes encuestados consideran que sus turbinas no necesitan ningún mantenimiento, la mayoría mencionan la necesidad de lubricar los rodamientos una o dos veces al año y llevar a cabo una revisión anual para asegurar el buen funcionamiento de la turbina.

Para optimizar la operación del aerogenerador, además, se pueden realizar otras acciones:

- Sustitución de las juntas cada 3 o 5 años (dependiendo de la turbina y su entorno – marítimo o continental).
- Control de las escobillas y los anillos rozantes (según algunos de los fabricantes encuestados, las escobillas pueden estropearse en 5 o 6 años).
- Control de tuercas y tornillos.
- Control de las conexiones al edificio una vez al año y después de tener condiciones meteorológicas severas (en el caso de las turbinas sobre edificios).
- Cambio de los sellos del eje cada 5 años.

2.3.8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA. “Guía Técnica: Energía Eólica” [en línea]. CONSERJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA. Junta de Andalucía. [ref. de junio de 2010]. Disponible en Web: <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/agenciadelaenergia/portal/com/bin/contenidos/proyectos/areas/energiasRenovables/eolica/Energia_minieolica/1257515657869_guia_tecnica_eolica_internet.pdf>

- [2] AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA. “Recurso Eólico en Andalucía” [en línea]. CONSERJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA. Junta de Andalucía. 2009. Disponible en Web: <www.agenciaandaluzadelaenergia.es>
- [3] ÁLVAREZ, P. “Valladolid estrena los primeros modernos molinos de viento urbanos del país”. *EL MUNDO.es* [en línea]. 12 abril 2011. <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/04/11/valladolid/1302552137.html>.
- [4] CANO, LUIS. Normalización internacional y etiquetado. En: “genera 2011” [en línea]. APPA. CIEMAT. Madrid: Mayo 2011. Disponible en Web: <www.ifema.es/web/ferias/genera/2011/jornadas_genera/.../luis_cano.pdf>
- [5] COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. “Informe 17/2011 de la CNE sobre el proyecto de Real Decreto por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (aprobado por el Consejo en su sesión de 2 de junio de 2011)” [en línea]. Junio 2011. Disponible en Web: <http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne78_11.pdf>
- [6] CRUZ, IGNACIO. “La Tecnología Minieólica: Potencial de Desarrollo y Retos”. En: “II Jornadas sobre generación eólica y aplicaciones” [en línea]. CIEMAT. Madrid: Diciembre 2008. Disponible en Web: <www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Cruz-2008.ppt>
- [7] DARRIBA, J. “La energía por bandera”. *Canarias7.es* [en línea]. 30 marzo 2010. <http://www.canarias7.es/articulo.cfm?id=162891&p=28>.
- [8] FORTE, JAVIER. “Situación de la minieólica en España”. En “I Encuentro Energía Eólica de Pequeña Potencia” [en línea]. APPA. Madrid: Marzo 2010. Disponible en Web: <http://www.appa.es/descargas/PRESENTACION%20MINIEOLICA.PDF>
- [9] Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial. Boletín Oficial del Estado, 29 de diciembre de 2010, núm. 316, p. 108105.
- [10] PANIELLO, Violeta. “Energía eólica de pequeña potencia. Una tecnología que busca emanciparse de la gran eólica para consolidarse en el mercado de la generación energética urbana”. *CONSTRUIBLE.es* [en línea]. 4 mayo 2010. <http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?id=5718&c=6&idm=10&pat=10>
- [11] RENEWABLEUK. “*Small Wind Systems. UK Market Report*” [en línea]. Abril 2011. Disponible en Web: <http://www.bwea.com/pdf/small/Small_Wind_Systems_Market_Report_2011.pdf>
- [12] REPOWERING SOLUTIONS. MINIEOLICA, “Aerogeneradores domésticos para Generación de Electricidad” [en línea]. [ref. de junio de 2010]. Disponible en Web: <http://www.repoweringsolutions.com/productos/aerogeneradores_domesticos/>
- [13] RETSCREEN INTERNATIONAL. “*Clean Energy Project Analysis. RETScreen Engineering & Cases Textbook*”. 3ª edición. Canadá: Septiembre 2005. Disponible en Web: http://www.retscreen.net/ang/clean_energy_project_analysis.php

- [14] ROMERO ZAMORA, Juan José. “¿Cuál es el marco reglamentario actual de la generación de pequeña potencia en España y qué oportunidades presenta?”. En: “I Encuentro Energía Eólica de Pequeña Potencia”. IDAE. Madrid: Marzo 2010.
- [15] SUÁREZ, D. “Vigo experimenta con mini molinos eólicos”. La Voz de Galicia.es [en línea]. 15 marzo 2011. <http://www.lavozdegalicia.es/vigo/2011/03/15/00031300194445392122810.htm>
- [16] TIMMERS, G. *Wind Energy Comes to Town: “Small Wind Turbines in the Urban Environment. Renewable Energy World”*, 2001.
- [17] VILLARRUBIA, Miguel. *ENERGÍA EÓLICA*. Barcelona: Ceac, 2004. 322 p. ISBN: 84-329-1062-7
- [18] WICO. “*WICO GuideLines. Policy GuideLines to promote and accelerate the uptake of small wind renewable energy systems in the European Union*” [en línea]. Province of Ravenna (Italy), *Marine South East (UK)*, Diputacion of Huelva (Spain). Larry Parker.[ref. de septiembre de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.marinesoutheast.co.uk/wico/downloads/>>
- [19] WINEUR. “*Wind energy integration in the urban environment. Deliverable 1.1. Technology inventory report*” [en línea]. COMISIÓN EUROPEA. *Intelligent Energy – Europe*. [ref. de junio de 2010]. Disponible en Web: http://www.urbanwind.net/pdf/technological_analysis.pdf

2.4 SOLAR TÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN

2.4.1. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Todos somos conscientes, de una manera u otra, de la enorme fuente de energía que es el Sol. En más de una ocasión hemos buscado en las plazas o parques las zonas soleadas en los días fríos de invierno, o nos hemos resguardado bajo una sombra cuando “el Sol aprieta”.

Andalucía, con su arquitectura tradicional de casas blancas, es un ejemplo de cómo el hombre ha sabido entender la importancia del color en la absorción de la radiación. En esta región de alta incidencia solar, los colores claros reflejan gran parte de la radiación recibida, evitando un aumento de la temperatura en las viviendas en verano. Por el contrario, en lugares con inviernos severos es habitual ver casas con fachadas oscuras, para absorber el máximo de la escasa radiación incidente.

Basadas en este principio funcionan las instalaciones solares térmicas, aprovechando la radiación solar para calentar un fluido caloportador, normalmente agua. Éstas, con un material de color oscuro como elemento absorbente para facilitar la captación de la máxima radiación, calientan un fluido que “transporta” este calor hasta un acumulador de energía, en este caso un simple depósito de agua, donde la energía queda almacenada hasta su utilización. Para evitar que el calor captado se disipe, es necesario aislar convenientemente tanto el elemento que contiene la placa absorbente (colector), como el acumulador de energía y las redes de distribución.

Es posible aumentar el rendimiento de estos equipos aprovechando el llamado efecto invernadero. Una de las funciones de la atmósfera es retener parte de la radiación que incide sobre la superficie terrestre, como si de una cubierta se tratara. En este caso, la radiación directa de corta longitud de onda procedente del Sol atraviesa la atmósfera, e incide sobre la superficie terrestre. Tras este contacto, la radiación se refleja como longitud de onda larga, que la atmósfera absorbe e irradia de nuevo hacia la superficie terrestre. En el caso de los colectores solares térmicos, se trata de utilizar superficies acristaladas que permitan el paso de la mayor cantidad posible de radiación solar directa, y eviten que la atraviese la longitud de onda corta reflejada por el elemento absorbente, de modo que la radiación quede retenida en el interior del colector.

De este modo, los sistemas solares térmicos se basan en tres principios; utilizar una superficie negra para absorber el máximo de radiación solar incidente, aprovechar el efecto invernadero para evitar la pérdida de radiación reflejada por el absorbente, y aislar todos los elementos de la instalación.

Entre las aplicaciones en edificios residenciales destaca la producción de ACS, correspondiendo al 98 % de los sistemas existentes⁶. Aplicaciones cada vez más extendidas son el calentamiento de piscinas, o la producción de agua caliente para los sistemas de calefacción. La calefacción urbana o *District heating*, consistente en centralizar

⁶ Datos del borrador del PER 2011-2020.

la producción de calor, y distribuirlo posteriormente entre los usuarios finales, es una aplicación de futuro, por la reducción de costes y el aumento del rendimiento que supone.

2.4.2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN

Captadores

En el mercado existen fundamentalmente tres tipos de captadores; los colectores solares planos, los tubos de vacío y los colectores de polipropileno.

Colectores Solares Planos

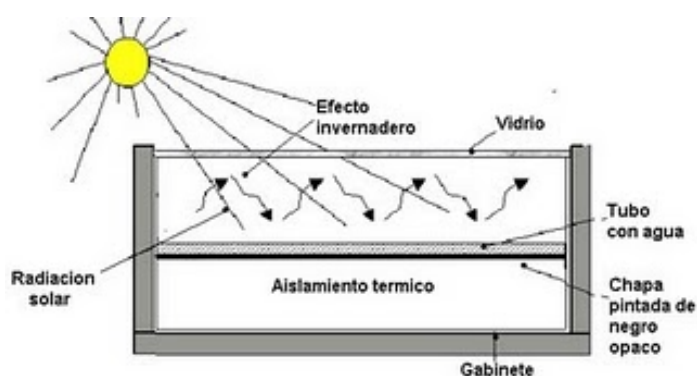


Ilustración 21. Principio de funcionamiento de los colectores solares planos.

Los colectores solares planos constan de un cajón rectangular, con una cubierta de cristal selectivo en la cara orientada al Sol, y aislado en las restantes. Por el interior del cajón se hace circular un fluido caloportador (normalmente agua), a través de un circuito en serpentin integrado en un elemento absorbente oscuro.

Tubos de Vacíos

El principio en el que se basan los tubos de vacío es el mismo que el de los captadores solares planos, es decir, hacer circular un fluido por un circuito expuesto al sol, de modo que éste lo caliente. La diferencia está en que se hace el vacío entre dos tubos de vidrio, que encapsulan a la tubería con el fluido caloportador, de manera que desaparecen las pérdidas por convección y conducción.

De este modo, estos colectores tienen mayores rendimientos que los planos, aunque son sensiblemente más caros. Otra de las ventajas es que trabajan con un rendimiento óptimo en orientaciones hasta 20 ° distintas de la ideal.



Ilustración 22. Principio de funcionamiento de los tubos de vacío.

Colectores de polipropileno

Cuando las exigencias térmicas no sean demasiado altas se puede recurrir a los colectores solares de polipropileno, consistentes en un simple serpentín expuesto al sol por el que circula el agua a calentar. Aunque el rendimiento es bastante más bajo que en los sistemas anteriores, por su menor precio, y cuando se tenga una baja demanda térmica, hacen que puedan ser útiles en determinadas aplicaciones, como el calentamiento del agua de piscinas climatizadas.



Ilustración 23. Colector solar para piscinas de ROOS Freizeitanlagen.

Acumuladores

Puesto que el momento en el que se produce consumo de ACS no tiene por qué coincidir con la existencia de radiación solar, para asegurar el servicio es necesario acumular el fluido calentado, de modo que esté disponible cuando se necesite. Para ello se tienen los tanques de almacenamiento, especialmente diseñados para evitar las pérdidas de calor.

El volumen de estos acumuladores no debe ser demasiado pequeño, ya que no se aprovecharía todo el calor captado por los colectores, ni demasiado grande, ya que la instalación no sería capaz de llevar el fluido a la temperatura requerida. Por esto, es importante la relación entre la superficie captadora y el volumen de acumulación, y mantener ésta dentro de unos márgenes.

Sistemas de apoyo

Aun cuando las instalaciones estén bien diseñadas, pueden tenerse situaciones en las que el consumo sea mayor del previsto, o que se sucedan varios días de escasa radiación. Por esto, toda instalación solar térmica es necesario acompañarla de un sistema de energía auxiliar, que ayude a la instalación solar en los momentos en los que ésta no sea capaz de aportar todo el calor necesario. Los sistemas de apoyo pueden ir desde resistencias eléctricas dentro de los acumuladores, hasta calderas de biomasa o de combustibles fósiles.

Para la convivencia de ambos sistemas es necesario disponer de un adecuado mecanismo de control, que priorice el consumo de energía procedente de la instalación solar térmica, y sólo ordene entrar al sistema de apoyo cuando sea estrictamente necesario.

Sistema de distribución

El cometido del sistema de distribución es transportar a los puntos de consumo el calor captado por los colectores solares, con las menores pérdidas posibles. En función del tipo de usuario, la distribución de los mismos, o las condiciones en las que se necesite el ACS, se tienen distintas configuraciones y clasificaciones de los mismos.

Instalaciones de circuito abierto y cerrado

Circuito abierto

Constan de un solo circuito, por el que circula agua desde la captación hasta el acumulador. El fluido se mueve de forma natural; es decir, cuando es calentado en los captadores, disminuye su densidad y sube, a la vez que es desplazado por el fluido frío que baja.

Este sistema se caracteriza por ser fácil de instalar, económico, y tener mejores rendimientos, ya que prescinde del intercambiador de calor. El mayor inconveniente es que utiliza como único fluido caloportador el agua, por lo que puede tener problemas de roturas debido a las heladas, o por incrustaciones calcáreas.

Las dificultades que este tipo de instalaciones tienen hace que sólo sean adecuadas en lugares cálidos, o cuando se demande un servicio estacional en los meses durante los que no se alcancen temperaturas bajo cero.

Circuito cerrado

En este caso se tienen dos circuitos interconectados a través de un intercambiador. Por el circuito primario, del que forma parte el captador, circula un fluido con unas condiciones especiales, de modo que es más resistente a las heladas por tener un punto de congelación más bajo. El circuito secundario conecta el acumulador con los puntos de consumo.

Con esta configuración, aunque se dispone de un intercambiador que baja el rendimiento del sistema, se puede independizar el fluido del primario, con anticongelante, del secundario, con agua destinada al consumo. De este modo, es posible tener la superficie captadora al exterior sometida a temperaturas bajo cero, sin riesgo de sufrir heladas. También se consigue que el fluido que circula por los captadores sea siempre el mismo, por lo que estará libre de impurezas.

Instalaciones de circulación natural y forzada

Circulación natural o termosifón

El movimiento del fluido se produce de forma natural, por la menor densidad del agua caliente y su tendencia a subir, y la mayor densidad del agua fría y su tendencia a bajar. De este modo, situando el acumulador en una posición más elevada que la superficie captadora se asegura la circulación del fluido en el circuito, sin necesidad de forzar el movimiento mediante una bomba.

Este tipo de instalaciones es habitual para cubrir pequeñas demandas en sitios cálidos. Se comercializan soluciones compactas, donde se integra el colector y el acumulador en una sola unidad.



Ilustración 24. Sistema termosifón de Schüco.

Circulación forzada

En este caso el movimiento del fluido caloportador es inducido por una bomba. La idea del sistema es mover el fluido rápidamente desde la captación a la acumulación, de modo que se minimicen las pérdidas en la distribución.

Este tipo de instalaciones también permite detener la circulación cuando la temperatura del agua en el circuito secundario es menor que la del primario, evitando importantes pérdidas en climas fríos.

La circulación forzada es de aplicación en instalaciones de cualquier tamaño.

Las anteriores tipologías las podemos encontrar en instalaciones centralizadas o individuales. La centralización puede ir desde compartir la captación entre varios usuarios, hasta compartir el intercambiador, el sistema de acumulación y el sistema de apoyo.

2.4.3. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA



Tejado solar de SolTech Energy Mediterráneo.



Colector solar cubierto de tejas de pizarra de Thermoslate.



Baranda solar de tubos de vacío de Sun Energy.

Ilustración 25. Productos para la integración arquitectónica de las instalaciones solares térmicas.

La entrada en vigor del CTE ha favorecido la aparición de soluciones orientadas hacia la integración arquitectónica. Sin embargo, el análisis detallado del sector español muestra que aún queda un largo camino por recorrer, ya que no son demasiados los casos de buena integración en edificios residenciales. Observando el mercado internacional, se encuentran ejemplos prácticos perfectamente trasladables a España, por lo que es de esperar que en el futuro el sector específico madure y el mercado ofrezca mejores soluciones que las encontradas actualmente.

La mayor parte de las instalaciones consisten en colectores sobre terrazas planas o inclinadas, a veces enrasadas con la superficie, y otras con la inclinación óptima en función de la localización. Empiezan a verse instalaciones sobre fachadas, o la búsqueda de una mejor integración arquitectónica mediante soluciones innovadoras. Se pueden citar como ejemplo tres productos que destacan por su especial integración; las tejas solares de SolTech Energy Mediterráneo, los colectores con tejas de pizarra de Thermoslate, y la baranda solar de *Sunrise Energy* de la Ilustración 25.

También existen soluciones para la máxima integración de los colectores en la cubierta, como la propuesta de Ansoltec:



Instalación de Ansoltec.

Ilustración 26. Ejemplo de integración arquitectónica.

La Ilustración 27 muestra dos de los escasos ejemplos de integración sobre fachada con colectores solares planos. La primera se trata de una instalación directamente superpuesta a la fachada, y la segunda de colectores solares como parte de la baranda del edificio:



Fachada solar térmica de Forestam.



Colector solar como baranda solar térmica de Ingener.

Ilustración 27. Ejemplos de integración arquitectónica con colectores solares planos.

Los tubos de vacío, por su buen comportamiento a inclinaciones ligeramente diferentes de la óptima, ofrecen buenas posibilidades de integración. El edificio Vallecas 48 es un ejemplo:



Ilustración 28. Tubos de vacío en la fachada del edificio Vallecas 48, del estudio de arquitectura AuriensArquitectura.

Por último, dos ejemplos más de la empresa Soli Fer, que demuestran cómo es posible conseguir una buena integración arquitectónica en viviendas unifamiliares.



Instalaciones de Soli Fer. Fuente: Prof. Timo Leukefeld.

Ilustración 29. Ejemplos de integración arquitectónica de colectores solares planos en viviendas unifamiliares.

2.4.4. MARCO LEGISLATIVO Y REGULATORIO

A pesar de la eliminación de barreras burocráticas, de las subvenciones, y de los programas de promoción y divulgación de este tipo de instalaciones, la situación de la energía solar térmica en 2010 estaba muy alejada de lo previsto por el Gobierno en el PER 2005-2010. Por este motivo, para dinamizar el sector el borrador del nuevo PER propone distintas medidas normativas, económicas, y de promoción y difusión de la tecnología. A continuación se citan algunas:

- Homogenizar las convocatorias de subvenciones entre las distintas Comunidades Autónomas, simplificando y agilizando los procesos, y promoviendo las solicitudes procedentes de las Empresas de Servicios Energéticos (ESE).
- Reforzar la ayuda a la inversión en solar térmica, con tres líneas principales; facilitar el acceso a la financiación, fomentar la I+D en el sector, y promover los proyectos innovadores y demostrativos.
- Controlar el cumplimiento del CTE y el RITE, ya que se han detectado numerosos casos en los que las instalaciones no cumplen las exigencias mínimas, están defectuosas o simplemente no se llegaron a ejecutar aun siendo obligatorias.
- Como una más de las fuentes de producción de energía térmica, la solar podría acogerse al futuro programa ICAREN.

Código Técnico de la Edificación

En la actualidad, para alcanzar los objetivos establecidos en el PER 2005-2010 respecto a la energía solar térmica, la principal herramienta de la que se dispone es el Código Técnico de la Edificación (CTE).

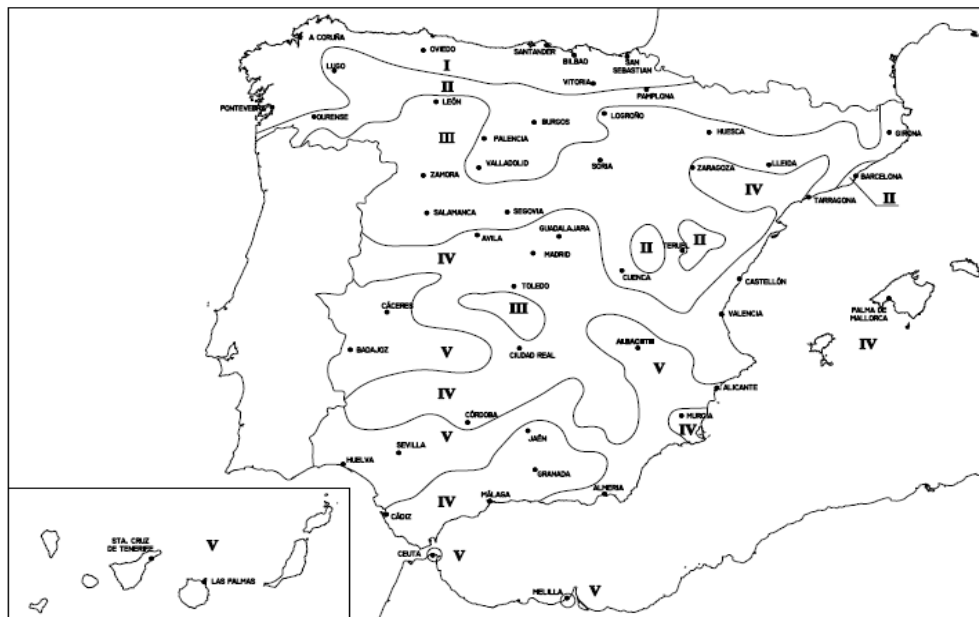


Ilustración 30. Zonas climáticas según el documento HE4. Fuente: CTE.

La sección HE4 establece la fracción de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) que los edificios de nueva construcción, y los sometidos a determinadas reformas, deben cubrir con energía solar térmica (también se da opción a usar otra fuente de energía renovable). Esta contribución solar mínima depende de la zona climática, variando del 30 al 70%, y de la energía usada por el sistema de apoyo, exigiéndose mayor contribución si éste es eléctrico.

El CTE también establece la contribución solar mínima para piscinas cubiertas y especifica las distintas zonas climáticas (Ilustración 30).

El documento básico HE4 va más allá que la simple definición de la contribución solar mínima. En él se prefijan una serie de medidas encaminadas a asegurar la calidad de las instalaciones, limitando las pérdidas por sombras, orientación e inclinación de las mismas. Se indican las demandas de referencia que han de considerarse en el dimensionado, se acota el volumen del acumulador y la potencia del intercambiador. Asimismo, se exige que los colectores estén certificados, y se describen de modo general medidas de carácter técnico que eviten sobrecalentamientos, problemas por las heladas, condiciones que ha de tener el fluido de trabajo, las bombas, el conexionado, etc.

Andalucía

Decreto 169/2011, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía.

En vista de la paralización que ha sufrido el sector de la construcción, y lo que supone para el cumplimiento de los objetivos de la energía solar térmica, distintas Comunidades han desarrollado reglamentación propia para activar el mercado.

En Andalucía, en mayo de 2011, se ha sancionado el Decreto 169/2011. Este decreto remarca lo ya exigido por la reglamentación nacional, como el CTE o el RITE, pero incluye matices y mayores exigencias. Como ejemplo, se fija una contribución solar mínima del 70 % para todas las provincias de Andalucía y se obliga a que el sistema de apoyo sea de gas (en otro caso habrá de justificarse).

En los nuevos edificios e instalaciones de uso y servicio público propiedad de la Junta de Andalucía se introduce una novedad importante, ya que, dependiendo del uso, se exige una contribución mínima de uso de energías renovables en la climatización (ver introducción del capítulo).

2.4.5. IMPLANTACIÓN

Europa

Los efectos de la crisis económica mundial se están dejando notar en la construcción, las fuentes de financiación y el acceso al crédito, de modo que las instalaciones solares térmicas se están viendo especialmente afectadas. Diversos países europeos, como Alemania, Portugal o Reino Unido, continúan con políticas de apoyo irregulares. Otros, como España y Polonia, están incorporando a su ordenamiento programas específicos de apoyo al sector, que complementen o sustituyan las políticas actuales.

En 2010, el mercado solar térmico europeo instaló una superficie de colectores de 3.694.940 m² (2.586 MW_{th}), un 13% menos que el año anterior, según datos de *ESTIF* (*European Solar Thermal Industry Federation*). Aunque es la primera vez en 10 años que el mercado baja su ritmo de instalación durante dos años seguidos, aún se mantiene en los niveles de 2007 (Gráfico 18).



Gráfico 18. Evolución del sector solar europeo por agrupación de los principales mercados. Fuente: ESTIF.

Este gráfico deja patente la descompensación entre países y la fortaleza del mercado alemán, como se ha visto en el apartado de fotovoltaica. Alemania continúa siendo el

mercado solar térmico más importante de la Unión Europea y del Mundo, con 1.150.000 m² instalados en 2010, y una superficie acumulada de 13.824.000 m². Sin embargo, su mercado cayó un 29% respecto al año anterior. Italia y España son los mercados europeos más potentes tras Alemania (Gráfico 19), pero con una superficie acumulada que apenas llega al 19 % y 15 % de la superficie alemana, respectivamente.

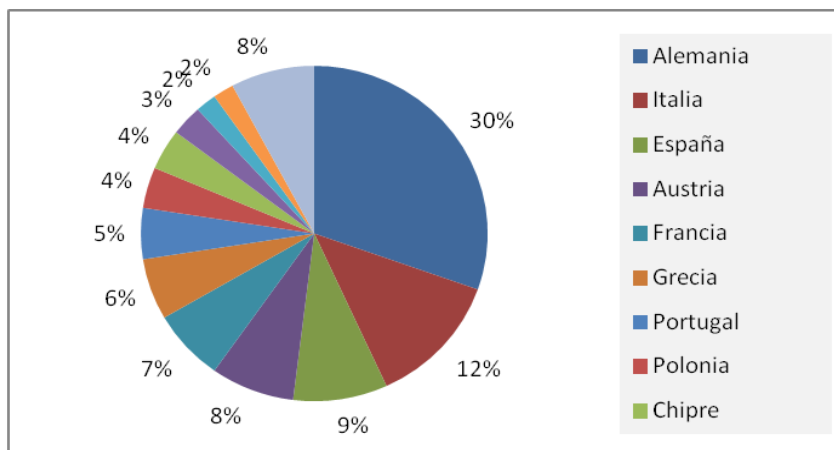


Gráfico 19. Reparto del mercado solar térmico en Europa en 2010. Fuente: ESTIF.

En cuanto al uso de energía solar térmica en la edificación, se puede observar en el Gráfico 20 que en 2009 el porcentaje de viviendas con instalaciones solares era especialmente bajo en los principales mercados europeos, aunque aumentó significativamente respecto a 2000. En 2009, Grecia domina, con aproximadamente el 36% de sus viviendas provistas de sistemas solares térmicos, seguida de Austria (24 %), Malta (11 %) y Alemania (6 %). España ocupaba la octava posición llegando casi a un 4 %.

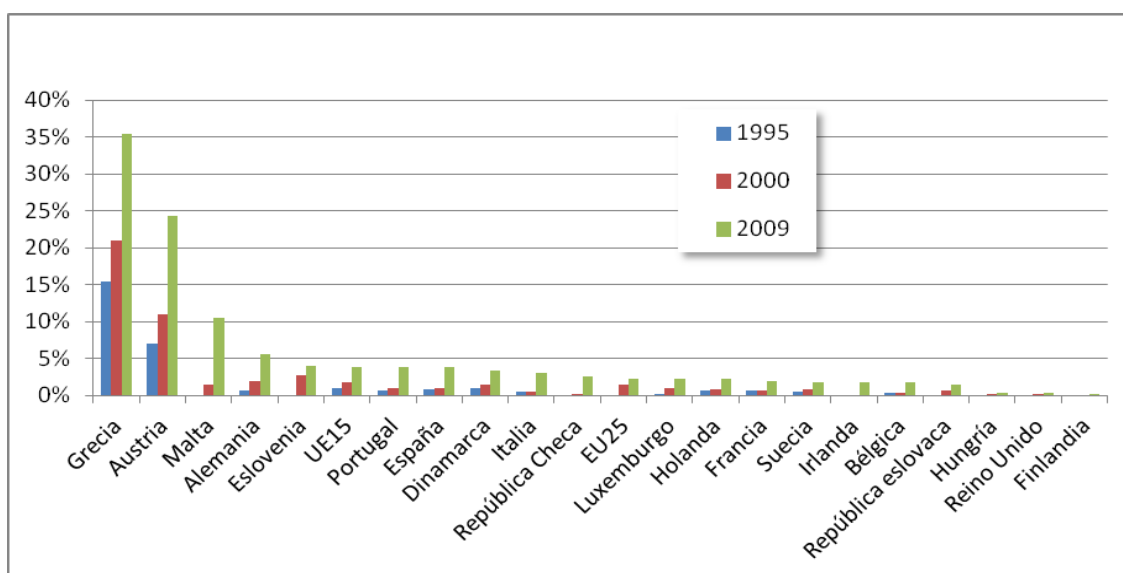


Gráfico 20. Porcentaje de viviendas con energía solar térmica para ACS en los países europeos. Fuente: Enerdata a partir de datos de ObservER.

España

Según los datos del PER 2005-2010, y del borrador del nuevo PER, la situación real del mercado de la energía solar térmica con 2,36 millones de metros cuadrados instalados en 2010, está lejos de cumplir con los objetivos marcados en 2004 de 4,9 Mm².

Tabla 21. *Objetivo y situación real en 2010 para las instalaciones solares térmicas.*

	Objetivo PER 2005 - 2010	Resultado real Borrador del PER 2011-2020
Mm ² acumulados hasta 2010	4,9	2,36

Es decir, en 2010 se ha instalado el 48% de lo previsto. El nuevo objetivo establecido es alcanzar los 10 Mm² de paneles solares térmicos instalados para 2020.

Durante los primeros años de entrada en vigor del CTE aprobado en 2006, los requerimientos que exige se dejaron notar, y la potencia instalada de colectores solares térmicos, que venía creciendo desde principios de década, incrementó su ritmo de instalación, sobre todo en 2008. Entre 2003 y 2008 se multiplicó por seis la superficie anual instalada.

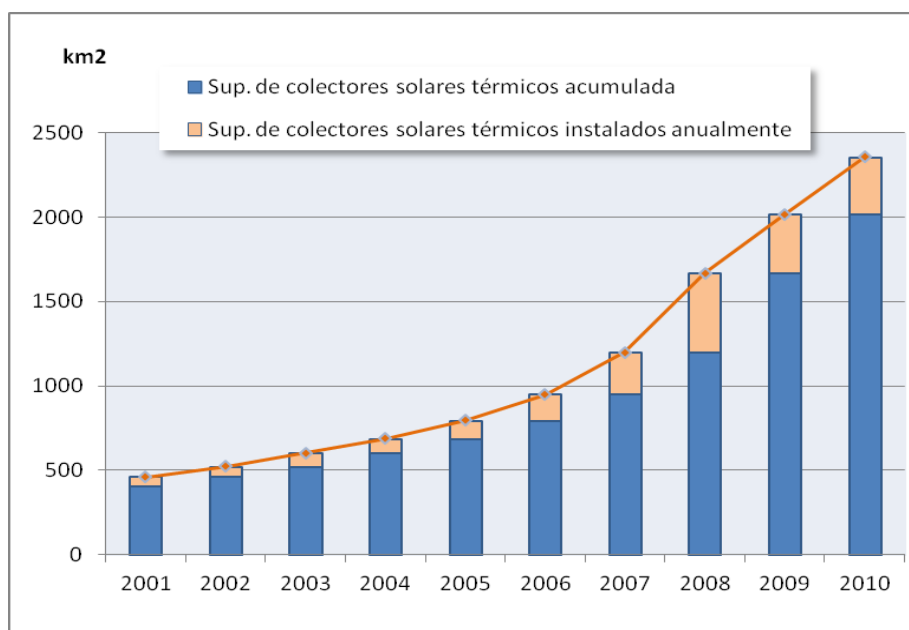


Gráfico 21. *Evolución del mercado solar térmico en España.*

Fuente: Borrador del PER 2011-2010.

El retroceso en el ritmo de instalación a partir de 2008 se debe a la crisis económica, especialmente dura en el sector de la construcción. Por la regulación del mercado en España, con el comentado CTE, el desarrollo de la energía solar térmica está muy ligado a la construcción, y su evolución es paralela a ella. En 2010 se instalaron 336.800 m², similar superficie a del año anterior.

Según la Agencia Internacional de la Energía, la oferta de soluciones en instalaciones solares térmicas en España es de las más variadas, por comparación con otros países a nivel mundial, señal de la madurez y adecuado desarrollo del sector. Se pueden encontrar instalaciones de energía solar térmica de diferente tipología en el mercado, aunque predomina el uso térmico para la preparación de ACS (Tabla 22).

Tabla 22. *Reparto de las instalaciones solares térmicas en España por tipología.*
Fuente: *Solar Heat Worldwide (Agencia Internacional de la Energía).*

ACS	96%
Viviendas Unifamiliares	58 %
Viviendas multifamiliares	29 %
Sector turístico; hoteles, aparcamientos, etc..	4 %
Sector público; hospitales, colegios, VPO, etc.	5 %
OTROS USOS	
Aire acondicionado y refrigeración Procesos industriales District heating Sistemas combinados de ACS y calefacción en viviendas unifamiliares y multifamiliares.	4 %

Andalucía

Andalucía es la primera comunidad de España en cuanto a instalaciones solares térmicas. Según datos de la Agencia Andaluza de la Energía, a fecha de Octubre de 2011, se tienen instalados 704.472 m² de colectores, lo que equivale a abastecer de agua caliente a más de 246.550 hogares.

Sevilla es la provincia con mayor número de instalaciones, por delante de Málaga y Cádiz. Aproximadamente el 37 % de las instalaciones existentes en Andalucía se encuentran en Sevilla.

2.4.6. BIBLIOGRAFÍA

- [8] IAE. (2011). “Solar Heat Worldwide 2011”. Werner Weiss, Franz Mauthner.
- [9] ESTIF (2011). “Solar Thermal Markets in Europe Trends and Market Statistics 2010”.
- [10] IEA. (2008). “Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía.”
- [11] “DECRETO 169/2011, de 31 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía.” Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Andalucía.
- [12] “ORDEN de 7 de diciembre de 2010, por la que se modifica la de 4 de febrero de 2009, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009-2014.” Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía.

2.5 BIOMASA EN LA EDIFICACIÓN

2.5.1. ¿QUÉ ES LA BIOMASA?

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica de origen biológico que tiene la capacidad de ser convertida en energía. Además, es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, y ha sido utilizada en su beneficio desde el descubrimiento del fuego.

La energía de la biomasa proviene de la energía que los seres vivos almacenan del Sol, y por tanto, es considerada como una fuente de energía renovable. En primer lugar, los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del Sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales, incorporan y transforman esta energía al alimentarse de las plantas. Finalmente, la fracción biodegradable de los productos de dicha transformación, puede quemarse tras un proceso de preparación, y ser así utilizada como un recurso energético.

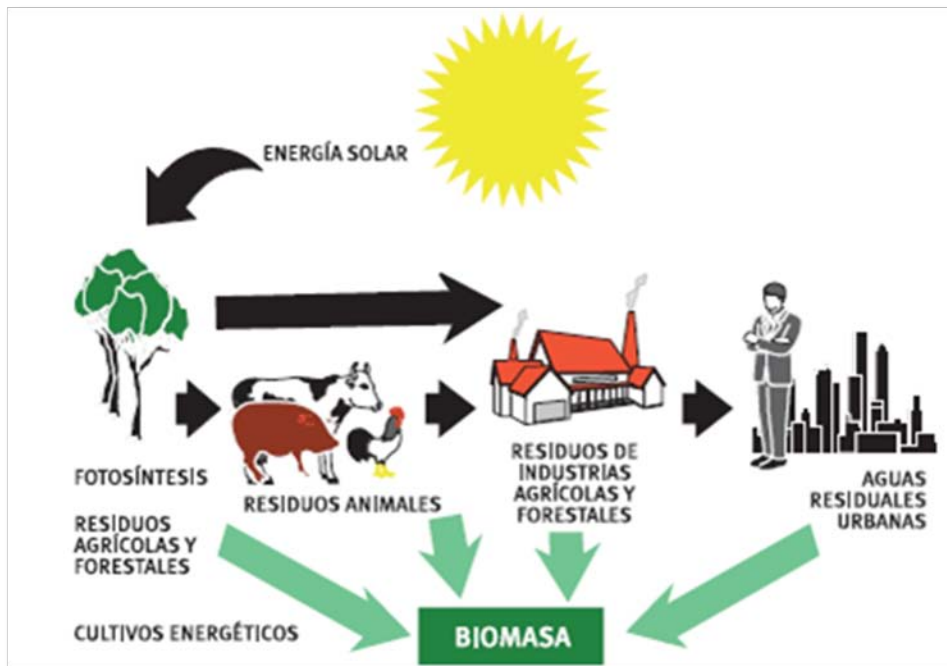


Ilustración 31. Generación de Biomasa. Fuente: IDAE.

La biomasa supone una importante fuente de energía, ya que por término medio, un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 kcal (un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 kcal). Es decir, por cada tres kilogramos de biomasa utilizados, ahorramos algo más de un litro de gasolina.

Actualmente, la contribución de la biomasa está muy por debajo de su potencial disponible, y su utilización principalmente se debe a la producción de energía térmica para calefacción, a menudo en chimeneas y estufas de leña obsoletas y poco eficaces.

No obstante, las tecnologías para la utilización de combustibles vegetales en sistemas de calefacción doméstica han experimentado un gran desarrollo en los últimos años y han alcanzado niveles de eficiencia, fiabilidad y confort muy parecidos a los de los sistemas tradicionales de gas y de gasóleo.

Entre las principales tecnologías de aplicación térmica de la biomasa, destacan: las estufas domésticas para calentar un habitáculo, con una potencia de unos pocos kilovatios; las caderas domésticas, con capacidades de unas pocas decenas de kilovatios y las calderas industriales o de calefacción de distrito (*District Heating & Cooling*), ambas de varios megavatios.

También se puede usar biomasa para producir electricidad. Esta tecnología se ha desarrollado de manera importante en los últimos años, incluso a través de sistemas de cogeneración, que maximizan el rendimiento mediante el aprovechamiento térmico del calor residual. En edificación cabe mencionar, que se ha desarrollado una nueva tecnología de sistemas de cogeneración a pequeña escala (micro-cogeneración), pero esta tecnología tan poco madura en la actualidad sólo es viable para casos concretos.

2.5.2. TECNOLOGÍA

Tipo de Biomasa

El uso de la biomasa como fuente de energía térmica para satisfacer la demanda de ACS, calefacción y climatización en la edificación es una de las formas más eficientes y económicas de aprovechar este recurso. Se puede distinguir las siguientes tipologías de combustibles vegetales usadas en las **aplicaciones domésticas y residenciales**:

- **Leña:** Es la madera en estado bruto como ramas, ramillas y troncos. Se utiliza en forma de tarugos y se obtiene de especies forestales o agrícolas con un cierto diámetro.
- **Astillas:** Son fragmentos irregulares de tamaño pequeño, que se crean al romper violentamente un material orgánico procedente de una biomasa forestal o agrícola.
- **Pellets:** Son pequeños cilindros de biomasa sólida, secada, prensada y sin aditivos químicos, que se obtiene a partir de residuos agroindustriales o forestales como, astillas de madera o serrín seco. Su humedad es muy baja. Necesitan muy poco espacio de almacenamiento.
- **Briquetas:** Biomasa sólida densificada de mayor tamaño que los *pellets*, igualmente formada por compacidad de biomasa forestal o agroindustrial y que viene en forma cilíndrica o de ladrillo. La briqueta más utilizada es la leña de aserrín compactado.
- **Otras biomásas:** Hueso de aceituna procedente de almazaras, extractoras de aceite o industrias de aderezo de aceituna, cáscara de frutos secos de almendra o piña, poda de la vid, etc.

Las características de gran parte de la biomasa hacen que en algunos casos no sea adecuada como tal para reemplazar a los combustibles convencionales, por lo que es necesaria una transformación previa de la biomasa en combustibles de mayor densidad energética y física, contándose para ello con diversos procedimientos, que generan una gran variedad de productos:

- Procedimientos termoquímicos,
- Procedimientos bioquímicos,
- Procedimientos físicos.

A diferencia de los combustibles fósiles convencionales, la composición elemental de la biomasa podría ser la siguiente: 50% de carbono, entre 5,5 % y 6,5 % de hidrógeno, muy poco azufre, nitrógeno en distintas proporciones, entre el 60 y el 80 % de materias volátiles, mucho menor contenido en cenizas que los carbones y relativamente alto porcentaje de humedad.

La biomasa usada en las aplicaciones domésticas y residenciales tiene ciertas peculiaridades en cuanto a sus propiedades físicas y químicas (Tabla 23), por los requerimientos que se le exige en su uso y almacenamiento. Tener en cuenta estas propiedades es esencial para obtener un funcionamiento óptimo de los sistemas y que sean competitivos con los sistemas convencionales.

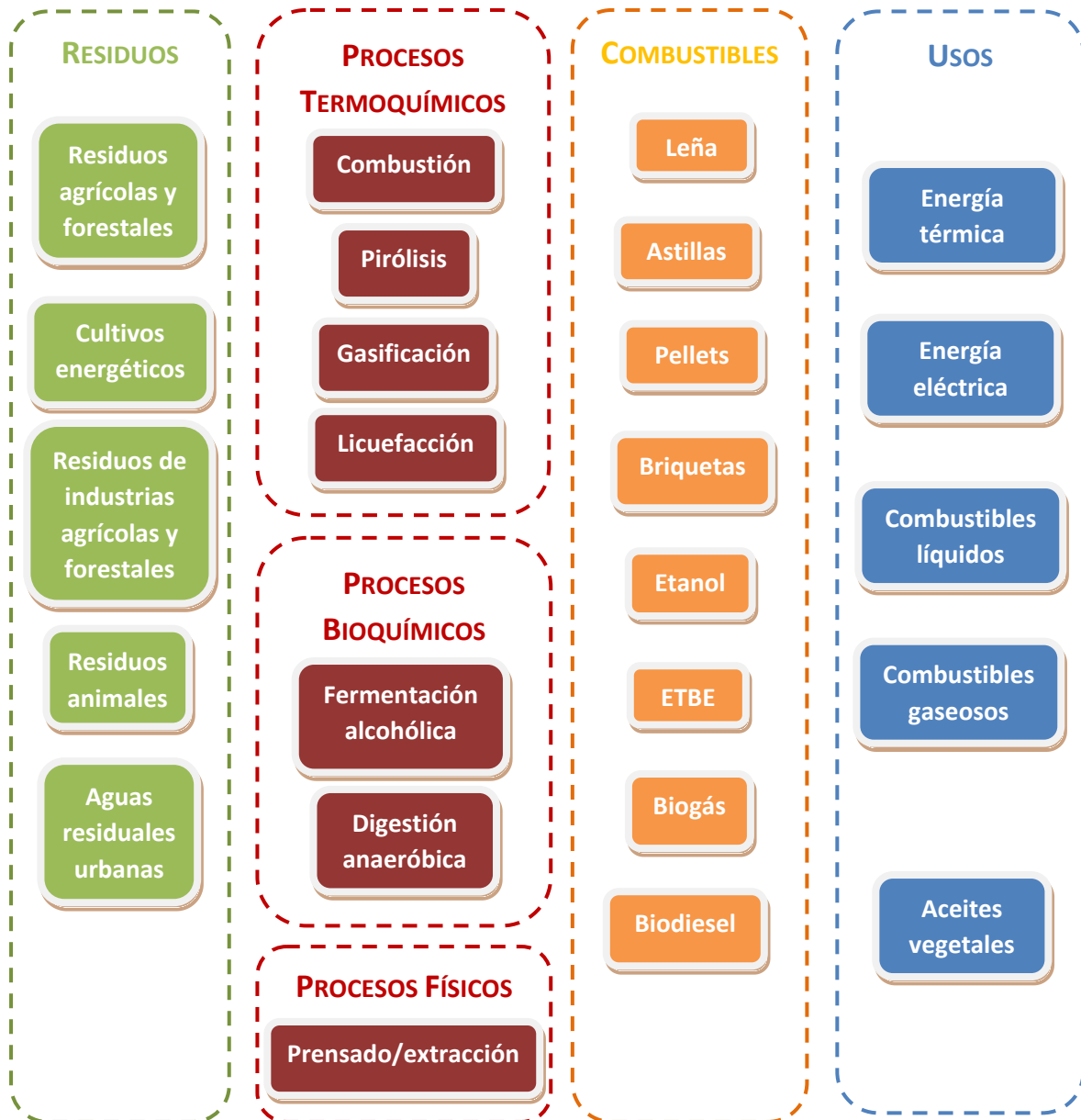


Ilustración 32. Procesos de los residuos biomásicos hasta su utilización.

Tabla 23. *Características físicas y químicas que condicionan el funcionamiento de los sistemas de biomasa orientados a aplicaciones domésticas y residenciales.*

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño y forma	✓ Ocupar menor espacio de almacenamiento dentro del edificio.
Superficie específica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Depende de la forma, tamaño y porcentaje de nudos y/o rugosidades. ✓ Condiciona el comienzo y continuación de la combustión. ✓ Valores altos optimizan las fases de la combustión. ✓ Combustibles de tamaño fino presentan una mayor superficie específica.
Densidad aparente	✓ Valores altos para poder conseguir mayores valores de densidad energética.
Humedad	✓ Menor humedad mayor poder calorífico.
Pureza	✓ Disminuir presencia de elementos extraños como tierra, piedras, etc.
PROPIEDADES QUÍMICAS	
Composición química	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interesa bajo contenido de cenizas. ✓ Influye en el valor del poder calorífico.
PCI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Valores altos para poder conseguir mayores valores de densidad energética. ✓ Mayor autonomía de funcionamiento.
Bajo contenido en cenizas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menor coste de limpieza de los equipos y retirada de cenizas. ✓ Instalaciones más eficientes y cómodas.

Dependiendo del tipo de biomasa elegido (limitado por los que tengamos disponibles en la zona de implantación), tendremos unas características energéticas diferentes que afectarán directamente sobre el proceso de combustión del equipo de producción térmica.

La Tabla 24 presenta una clasificación de los distintos tipos de biomasa seca y húmeda, en función de sus características energéticas. En sistemas de climatización para edificación, sólo se usa la biomasa seca. No obstante, en dicha tabla también se puede encontrar los valores correspondientes a diferentes tipos de biomasa húmeda.

Tabla 24. *Características energéticas en diferentes tipos de biomasa seca y húmeda.*

BIOMASA SECA		PCI (MJ/kg)			PCS (MJ/kg)
RESTOS DE CULTIVOS HERBÁCEOS					
<i>Contenido en humedad (%)</i>	5	10	15	0	
PAJA DE CEREALES	17,0	15,2	13,8	18,5	
TALLOS DE GIRASOL	15,5	13,9	12,9	17,0	
RESTOS DE CULTIVOS LEÑOSOS					
<i>Contenido en humedad (%)</i>	5	20	40	0	
SARMIENTOS DE VID	17,6	13,7	9,7	19,1	
RAMAS DE PODA DEL OLIVO	17,8	13,4	8,9	19,3	
RESIDUOS FORESTALES					
<i>Contenido en humedad (%)</i>	5	20	40	0	
LEÑAS Y RAMAS DE CONÍFERAS	19,2	15,0	10,7	20,7	
LEÑAS Y RAMAS DE FRONDOSAS	17,8	13,9	9,8	19,3	
CORTEZAS DE CONÍFERAS	19,6	15,3	11,1	21,1	
CORTEZAS DE FRONDOSAS	18,0	14,1	10,0	19,6	
RESTOS DE INDUSTRIAS AGRÍCOLAS					
<i>Contenido en humedad (%)</i>	5	10	15	0	
CÁSCARA DE ALMENDRA	18,4	16,5	15,4	19,9	
CÁSCARA DE AVELLANA	17,3	15,5	14,5	18,8	
CÁSCARA DE PIÑÓN	-	19,1	17,1	20,6	
CÁSCARA DE CACAHUETE	16,3	14,6	13,6	17,8	
CASCARILLA DE ARROZ	-	15,8	14,1	17,3	
RESTOS DE INDUSTRIAS FORESTALES (Serrines y virutas)					
<i>Contenido en humedad (%)</i>	15	35	0		
CONÍFERAS	18,9	15,9	20,4		
FRONDOSAS DE CLIMA TEMPLADO	17,9	15,0	19,4		
FRONDOSAS TROPICALES	18,9	15,8	20,4		
BIOMASA HÚMEDA		PCI	Contenido en		
		(MJ/m³N de biogás)	Metano(%)		
RESIDUOS GANADEROS					
ESTIÉRCOL CON PAJA		25,5	75		
EXCREMENTOS DE VACA		27,2	80		
EXCREMENTOS DE CERDO		27,6	81		
AGUAS RESIDUALES URBANAS					
AGUA RESIDUAL URBANA		22,1	65		

Sistemas de Biomasa Utilizados en Edificación

Un sistema de calefacción y/o producción de agua caliente a partir de biomasa, al igual que en las instalaciones clásicas (de gas natural o gasóleo), constará de: una chimenea, un sistema de impulsión y distribución del circuito de climatización y un sistema de regulación y control del funcionamiento. La mayor diferencia con los sistemas convencionales reside en el sistema de almacenamiento del combustible. En la Tabla 25 se mencionan los tipos de almacenamiento y los sistemas de alimentación más usados. El uso de biomasa para la climatización tiene el hándicap de que suele necesitar una gran superficie para el alojamiento del combustible.

Tabla 25. *Tipos de almacenamiento y sistemas de alimentación necesarios para el uso de biomasa.*

SISTEMAS ADICIONALES	TIPOS
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores • Silos flexibles textiles • Depósitos enterrados • Silos de obra
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo sin fin • Aspiración • Por gravedad

En edificios, para satisfacer la demanda de calefacción y producir el agua caliente sanitaria, se pueden usar diferentes tipos de equipos de generación de calor con biomasa. Estos equipos van desde los más tradicionales, como las chimeneas, hasta los más sofisticados, como las calderas de carga automática y elevado rendimiento. Estos equipos son muy variados, pero mayoritariamente destacan las calderas policombustibles, luego van las que usan exclusivamente hueso de aceituna, *pellet*, astilla de madera, cáscara de almendra, cáscara de girasol, orujillo y otros subproductos.

Las estufas, chimeneas y calderas de biomasa son, tanto para bloques de viviendas como para todo tipo de viviendas unifamiliares (casas, adosados, chalets, etc.), un recurso especialmente interesante para climatizar el hogar con una calefacción económica, limpia y sostenible. A la hora de instalar un sistema de biomasa doméstico en una vivienda, se debe analizar previamente los tipos de sistemas existentes en el mercado, sus características y diferencias y las ventajas de cada modelo.

Las características de estos sistemas se pueden clasificar en dos grupos (Tabla 26):

- Equipos de baja potencia: chimeneas y estufas.
- Equipos de mayor potencia: calderas.

Tabla 26. *Tipos de equipos de generación de calor con biomasa.*

	Rango de potencia	Rendimiento	ACS	Descripción
CHIMENEAS Y ESTUFAS				
Chimeneas Convencionales	2 – 10 kW	5 – 10 %	-	<ul style="list-style-type: none"> Calientan habitáculos dando un toque estético.
Chimeneas de Agua	20 - 35 kW	70 – 80 %	✓	<ul style="list-style-type: none"> A parte de calentar la habitación en la que se ubica, permiten producir agua caliente para calefacción y/o ACS.
Chimeneas Empotradas	2 – 10 kW	> 70 %	-	<ul style="list-style-type: none"> Sustituyen a las chimeneas convencionales aumentando considerablemente el rendimiento (hogar cerrado).
Estufa de Leña	2 – 22 kW	75 – 89 %	-	<ul style="list-style-type: none"> Poseen mayor inercia térmica que las chimeneas, manteniendo una irradiación constante una vez encendidas. El <i>pellet</i> ofrece una mayor comodidad, por su descarga automática.
Estufa de <i>Pellet</i>	2 – 22 kW	80 – 90 % (ó más)	-	
CALDERAS				
De Leña o Briquetas	< 65 kW	90 % (ó más)	✓	<ul style="list-style-type: none"> Las nuevas tecnologías permiten rendimientos muy altos, similares a los obtenidos con combustibles fósiles. Existe una gran multitud de modelos comerciales muy automatizados, que cubren un gran abanico de potencias. Para el caso de la leña como combustible las potencias son más bajas, por no disponer de un sistema de carga automática de los tarugos. Para grandes potencias se utilizan calderas policombustibles.
De Astillas	5 – 500 kW	90 % (ó más)	✓	
Policombustibles	5 – 3.000 kW	90 % (ó más)	✓	
De <i>Pellet</i>	5 – 500 kW	90 % (ó más)	✓	

Chimeneas y Estufas

La estufa es un aparato de combustión con hogar generalmente cerrado que produce calor de forma radiante, en proporciones diferentes en relación con las características estructurales y el esquema de funcionamiento empleado. Los distintos modelos de estufas, al contrario de lo que sucede con las chimeneas, pueden resultar muy diferentes entre ellos,

debido a las diversas características de confección, al tamaño y a los materiales que los componen. Podemos decir que las partes básicas y generales de una estufa son:

- Toma de aire (con canales o aberturas).
- Hendiduras (sirven para calentar el aire por contacto y luego difundirlo).
- Giros de humo (cámaras comunicantes colocadas en el cuerpo de la estufa).
- Cámara de combustión (un hogar de resistencia térmica).

La principal diferencia entre las estufas y las chimeneas radica en la disponibilidad de grandes superficies de intercambio térmico con el ambiente; las estufas favorecen la difusión radiante del calor ya que están construidas en materiales que acumulan en su masa gran cantidad de calor, poseyendo por tanto una mayor inercia térmica. Algunos modelos comerciales, además proporcionan un apoyo a la caldera, produciendo agua caliente que se introduce en el sistema de calefacción y/o ACS.

Chimeneas Convencionales

Las chimeneas convencionales o ventiladas son de hogar abierto, y suelen ser utilizadas cuando se tiene la intención de que actúen como elemento decorativo aparte de su función térmica, por lo agradable que resulta la vista directa del fuego. Su instalación únicamente se recomienda cuando se vaya a hacer un uso puntual en alguna estancia, ya que el aprovechamiento energético de este tipo de chimeneas viene a ser únicamente del 5 % al 10 % del calor generado durante la combustión [AD+ arquitectura].

Para garantizar el correcto funcionamiento del hogar (ausencia de humo en la estancia, tiro suficiente y máxima radiación calorífica) deberemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- El hogar habrá de estar revestido con ladrillo refractario y el pavimento de la estancia deberá ser de un material incombustible al menos 50 cm en el perímetro de la chimenea.
- Las superficies interiores de la campana deberán de ser lisas con una inclinación de 60º hacia el conducto de extracción, que deberá estar aislado térmicamente.
- Es importante dotar la estancia de entradas de aire que aporten el caudal suficiente para la combustión, a veces al objeto de evitar corrientes desagradables se canaliza el aire exterior hasta el hogar.



Ilustración 33. Chimeneas Convencionales.

Existen modelos con circulación natural y con circulación forzada; en este segundo caso, un ventilador aumenta la difusión y la cantidad de aire caliente, mejorando de esta forma el rendimiento. Dado que además de producir calor de forma radiante genera también mucho aire caliente.

Chimeneas de Agua

La chimenea térmica de agua, es un aparato con hogar cerrado, concebido con la capacidad de calentar el agua del sistema de radiadores de toda la casa y producir agua caliente de uso sanitario, gracias a unos kits opcionales adaptados a ello. Estas chimeneas pueden adaptarse a instalaciones de calefacción ya existentes y tienen también la posibilidad de incluir un rustidor para cocinar alimentos.



Ilustración 34. Chimeneas de Agua. Fuente: Edilkamin.

El rendimiento de estos aparatos es muy grande y puede alcanzar niveles del 70 % al 80 %. Tres cuartas partes del calor van al agua del sistema, mientras que la energía térmica restante va por radiación térmica a la zona donde se encuentra la chimenea.

Chimeneas Empotradas

La chimenea empotrada, es perfecta para potenciar las chimeneas de hogar abiertas tradicionales, ya que se puede colocar dentro de chimeneas ya existentes, pudiéndose aumentar el rendimiento incluso entre 3 y 4 veces.

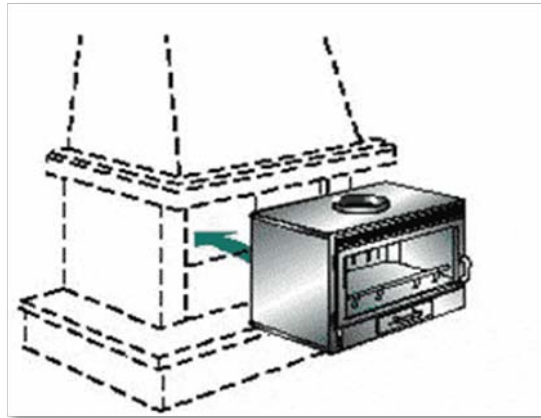


Ilustración 35. Chimenea Empotrada. Fuente: CECU.

Consta de un bastidor de acero, revestido internamente con planchas de fundición o material cerámico refractario para la acumulación del calor y cerrado frontalmente con una puerta de cristal cerámico. El aire, entrando en contacto con las planchas de fundición, se calienta y es soplado a la habitación a través de las pequeñas aberturas superiores, o canalizado a las habitaciones adyacentes a través de canalizaciones aisladas.

El altísimo rendimiento (incluso de más del 70 %), la gran autonomía y la elevada potencia térmica, hacen de este aparato una maquina realmente eficaz incluso en los modelos de tamaño pequeño, apta para calentar una o varias habitaciones y además puede utilizarse para la cocción de alimentos.

Estufas de Leña

La mayor peculiaridad de estas estufas es su gran inercia térmica, tardan aproximadamente dos horas en empezar a ceder calor a las estancias a calefactar, pero una vez empezada la irradiación de calor ésta permanecerá casi constante durante el resto del día. Sus rendimientos térmicos suele estar entre 75% y 89%.



Ilustración 36. Estufa de Leña. Fuente: Hergom.

Estufas de pellet

Las estufas de *pellets* se caracterizan por sus elevadas prestaciones en cuanto a rendimiento, fiabilidad y comodidad de uso, además de la extensa gama existente en cuanto a su aspecto externo. Hay modelos con potencias mínimas de hasta 2 kW y modelos con potencias máximas de hasta 22 kW. Algunos modelos son policombustibles, permitiendo el consumo de leña o briquetas además de *pellets*.

Dos aspectos muy importantes a considerar son, por un lado el nivel sonoro del equipo y por otro la autonomía de funcionamiento. Éste último valor depende del volumen de la tolva de combustible y del consumo horario de *pellets*. Las capacidades de las tolvas van desde 15 kg (el peso de un saco estándar de *pellet*) hasta 60 kg.

La mayoría de los modelos existentes tienen rendimientos mayores de 80 %, y en algunos casos mayores de 90 %. Estos elevados rendimientos permiten disfrutar de una gran potencia térmica con bajos consumos de biomasa.



Ilustración 37. Estufa de Pellet. Fuente: LAO.

Las estufas de *pellets* ofrecen una comodidad y un confort superior a las de leña, debido al carácter intrínseco del combustible que utilizan, optimizado para la vida moderna.

Los *pellets* tienen un precio variable a lo largo de todo el año, siendo más baratos cuando menos demanda hay, es decir en verano, por lo que si se dispone de un lugar donde almacenarlos hasta el invierno, resulta un combustible más que competitivo.

Calderas

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para el uso de biomasa. Al igual que el resto de calderas convencionales, se componen de una cámara de combustión, una zona de intercambio, un cenicero y una caja de humos. Existen modelos para uso doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales, así como modelos para instalaciones industriales. Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario.

Calderas de Leña o briquetas

La combustión de la leña para quemar sigue siendo la forma más común de utilizar la biomasa para calefacción y agua caliente sanitaria doméstica. Debido a la necesidad de carga manual de los tarugos, las calderas de leña tienen potencia limitada a unas decenas de kilovatios. Se suelen utilizar como sistema de calefacción centralizado de un edificio.

Mediante la inversión de la llama podemos obtener una combustión gradual de la leña, que no prende completamente en el hueco de carga sino que se quema sólo cuando llega a las proximidades de la rejilla. De esta manera, la potencia dispensada por la caldera es más estable en el tiempo y se puede controlar mejor la combustión, aumentando considerablemente el rendimiento y reduciendo las emisiones contaminantes.



Ilustración 38. Esquema de funcionamiento de una caldera de leña. Fuente: HDG.

Los modelos más avanzados utilizan sistemas de regulación por microprocesador, y alcanzan rendimientos térmicos de más del 90 %. Entre las novedades más significativas, presentes incluso en modelos de potencia pequeña, está la regulación del aire de combustión basado en la necesidad de oxígeno, calculado en los humos con una sonda especial (sonda lambda). La regulación lambda permite optimizar constantemente la entrada de aire durante el ciclo completo de funcionamiento de la caldera de leña.

Calderas de astillas

Las calderas de astillas utilizan madera virgen cortada en pequeños trozos de unos centímetros de tamaño, cargados automáticamente a través de dispositivos mecánicos especiales. El combustible procede de materiales diferentes, como podas desmenuzadas, deshechos de serrería o biomasa procedentes de las actividades forestales.

Debido a que la carga del combustible en la caldera se realiza de forma automática, es necesario que al lado del cuarto de la caldera haya un silo para el almacenamiento del combustible. Para facilitar las operaciones de descarga de las astillas, en el lugar de almacenamiento, es conveniente que el silo esté situado bajo el nivel del suelo. Desde el silo de alimentación, las astillas se sacan automáticamente y se envían, a través de un alimentador-dosificador, a la caldera, donde se realiza su combustión completa.



Ilustración 39. Descarga de las astillas en un silo situado bajo el nivel del suelo. Fuente: CECU.

Los sistemas de astillas están totalmente automatizados, para edificación pueden alcanzar valores de 500 kW térmicos o más. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas o gasóleo. Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, comunidades, hospitales y centros comerciales.

Calderas policombustibles

Son las calderas más usadas por su versatilidad en cuanto al uso de diferentes biocombustibles, su comodidad de uso y buen rendimiento, en muchos casos superiores a 90 %, incluso a cargas parciales.



*Ilustración 40. Caldera policomcombustible con sistema de transporte mediante agitador y tornillo sin fin.
Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.*

La gama de potencias disponibles para usos domésticos y residenciales es prácticamente ilimitada ya que los fabricantes ofrecen calderas desde pequeñas potencias, 15 kW, hasta grandes potencias, 3.000 kW ó mayores.

Calderas de Pellets

Debido a la homogeneidad del *pellet*, las calderas específicamente diseñadas para su combustión son más compactas y eficientes que el resto de las calderas de biomasa. Las calderas de *pellets*, como las de astillas, requieren un contenedor para el almacenaje del combustible situado cerca de la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. Los quemadores de *pellet* para su uso en calderas de gasóleo se ponen en la parte anterior de la caldera. Se alimentan desde arriba y queman el *pellet*, desarrollando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo.

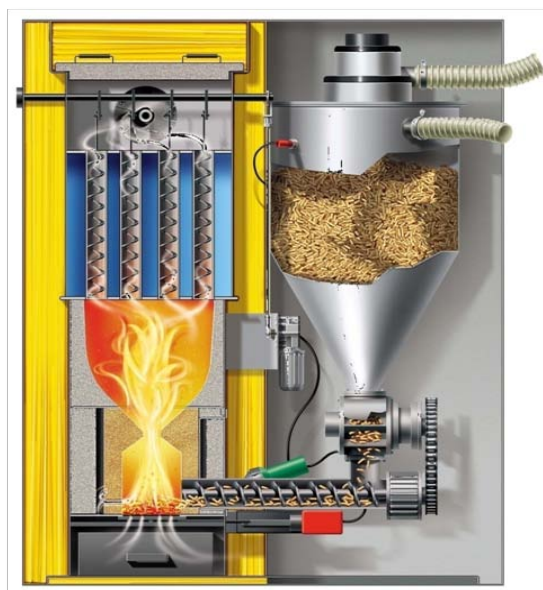


Ilustración 41. Esquema de funcionamiento y de llenado mediante tornillo sin fin de una caldera de pellets. Fuente: Fundación Crana.

En cualquier caso, el encendido es automático y muy rápido, gracias a una resistencia eléctrica. En los sistemas más avanzados la regulación del aire comburente y del flujo de combustible se realizan automáticamente gracias a un microprocesador. Estas características de sencillez de empleo y de automatización confieren a los sistemas de calefacción de *pellets* un elevado nivel de confort.

Almacenamiento de la Biomasa en Edificios

Las instalaciones alimentadas con biocombustibles sólidos deben incluir un lugar de almacenamiento dentro o fuera del edificio, destinado exclusivamente para este uso. La capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir el consumo de dos semanas.

El almacén tiene que estar completamente aislado, de tal forma que no se permitan infiltraciones de la humedad. Además, los cerramientos del almacén tienen que cumplir con la normativa vigente correspondiente de resistencia al fuego y no se permiten las instalaciones eléctricas.



Ilustración 42. Silo para almacenamiento de astillas en vivienda. Fuente: Fundación Crana.

En edificios nuevos el almacenamiento de biocombustible sólido y la sala de máquinas deben encontrarse situados en locales distintos. Para el caso de reforma de instalaciones térmicas existentes, donde no se puede realizar una división en dos locales distintos, el depósito de almacenamiento estará situado a una distancia de la caldera superior a 0,7 m y deberá existir entre el generador de calor y el almacenamiento una pared con resistencia ante el fuego de acuerdo con la reglamentación vigente de protección contra incendios.

Cogeneración

La aplicación de sistemas de micro-cogeneración en edificios del sector terciario, se utiliza para complementar los sistemas de climatización y de producción de ACS de dichos edificios, a la vez que se obtiene una doble rentabilidad mediante la venta de electricidad en régimen especial. En el caso de usar como combustible principal biomasa y/o biogás, tenemos que los equipos comerciales que se encuentran a nuestra disposición, poseen una

proporción muy baja de calor/electricidad (2:1). Por tanto, al reducirse la cantidad de energía eléctrica vendida disminuye también su rentabilidad, aumentando el periodo de retorno de la sobreinversión.

La normativa de referencia para las instalaciones de micro-cogeneración, con exportación y venta de energía eléctrica a la red, es el Real Decreto 661/2007 que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Las instalaciones de cogeneración se encuadran, en la categoría a.1), y se pueden clasificar, (de forma resumida), en cuatro subgrupos. Para el caso que nos concierne de climatización con biomasa para edificios, nos tenemos que acoger al Subgrupo a.1.3, en el que se incluyen todas las micro-cogeneraciones que utilicen como combustible principal biomasa y/ó biogás.

Las instalaciones de micro-cogeneración, para poder acogerse al régimen especial, tienen que cumplir como condición necesaria, que el Rendimiento Eléctrico Equivalente, REE, en promedio de un periodo anual, sea igual o superior a unos valores mínimos establecidos. Cuando el aprovechamiento del calor útil se realice con el propósito indistinto de utilización como calor o frío para climatización de edificios, se debe considerar un periodo de tiempo distinto de un año, contemplándose dos revisiones anuales semestrales.

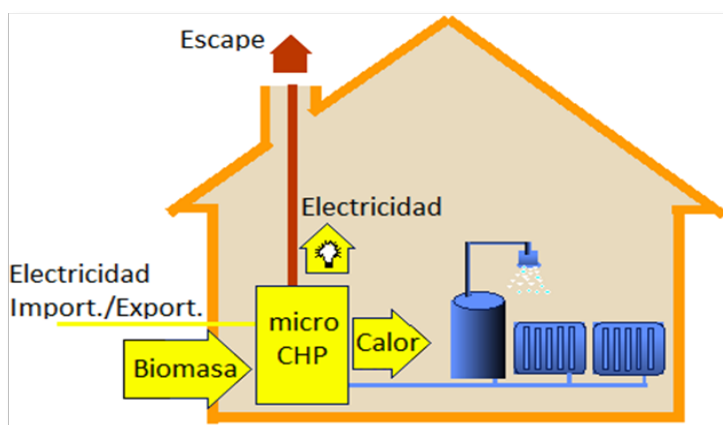


Ilustración 43. Esquema de funcionamiento de un sistema de micro-cogeneración en una vivienda unifamiliar.

Recursos energéticos

España

Existe una gran variedad de combustibles biomásicos susceptibles de ser empleados en los sistemas de climatización. Su utilización varía de una zona a otra de España en función de la disponibilidad, de la tradición y del clima. La mayor parte de la biomasa proviene del sector forestal, siendo utilizada tradicionalmente en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes (chimeneas convencionales).

Los **recursos potenciales de biomasa** calculados en el Plan de Energías Renovables (PER 2011-2020) para todo el territorio español, se sitúan en torno a los 17.000 ktep, de

los cuales más de 11.000 ktep corresponden a biomasa residual y casi 6.000 ktep a cultivos energéticos (terrenos agrícolas y forestales susceptibles de implantación de biomasa). La Tabla 27 presenta un desglose según procedencia, del potencial de energía disponible procedente de la biomasa. El porcentaje total de utilización de este potencial en 2005 tuvo un valor entorno al 25%, con un consumo nacional de biomasa de 4.228.183 tep (Ilustración 44).

Tabla 27. *Potencial disponible para la biomasa en España. (Fuente: PER 2011-2020).*

BIOMASA POTENCIAL DISPONIBLE (tep/año)		
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos madereros	636.273
	Aprovechamiento del árbol completo	3.414.158
Restos agrícolas	Herbáceos	6.751.738
	Leñosos	
Masas herbáceas susceptibles de implantación ⁷ en terreno agrícola		3.216.819
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		1.214.767
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal		1.782.467
TOTAL POTENCIAL BIOMASA EN ESPAÑA		17.016.223

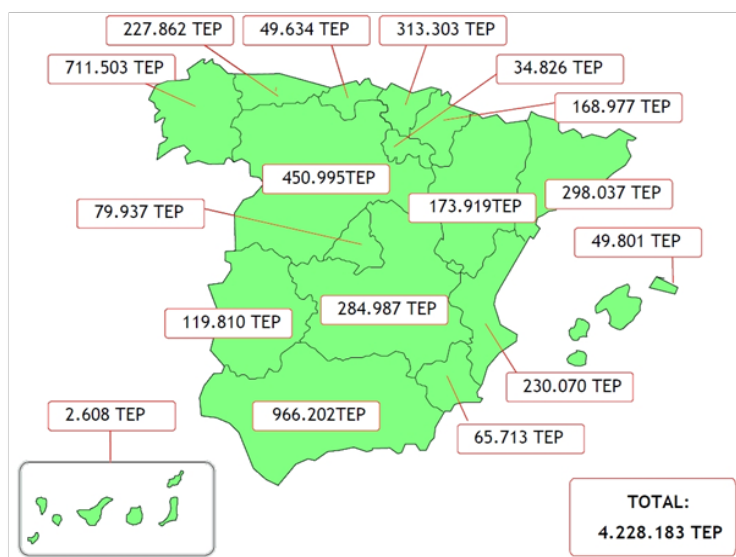


Ilustración 44. *Consumo de biomasa en España, desglosado por Comunidades Autónomas en 2005. Fuente: IDAE*

En 2010, la biomasa ha representado el 31,3 % de la producción con energías renovables en España (6,75% en generación eléctrica y 24,55 % en usos térmicos), lo que equivale al 3,54 % del consumo total de energía primaria.

⁷ Susceptible de implantación en terrenos sin aprovechamiento, o con otros aprovechamientos (cultivos energéticos).

Andalucía, Galicia y Castilla y León son las Comunidades Autónomas que registran un mayor consumo debido principalmente a la presencia en ellas de empresas que utilizan grandes cantidades de biomasa (por ejemplo, del sector de la celulosa), a la existencia de un sector forestal desarrollado y la diseminación de la población que facilita el uso de la biomasa doméstica.

Andalucía

La Comunidad Andaluza posee una gran riqueza en cuanto a la producción de biomasa debido a su gran superficie forestal y al uso del terreno eminentemente agrícola. Además se cuenta con industrias agroalimentarias que generan subproductos biomásicos, principalmente industrias derivadas del olivar.

Tabla 28. *Desglose del potencial de biomasa por tipos de residuos en Andalucía. Fuente: AAE.*

TOTAL POTENCIAL ANDALUCÍA	ktep/año		Porcentaje
	3.327		100 %
RESIDUOS AGRÍCOLAS			
Olivar	803	1.434	24,1%
Frutales	86		2,6%
Maíz	72		2,2%
Girasol	186		5,6%
Invernaderos	100		3,0%
Arroz	43		1,3%
Algodón	143		4,3%
RESIDUOS INDUSTRIALES			
Industrias del aceite	455	589	13,7%
Cortezas	35		1 %
Cáscara arroz	19		0,6%
Algodón	15		0,4%
Frutos secos	17		0,5%
Madera	41		1,2%
Hueso aderezo	2		0,1%
Azucarera	4		0,1%
Corcho	1		0%
RESIDUOS FORESTALES			
Quercus	59	136	1,8%
Eucaliptus	53		1,6%
Pinos	18		0,6%
Chopo	7		0,2%
CULTIVOS ENERGÉTICOS			
Cynara	559	559	16,8%
BIODEGRADABLE			
RSU	293	609	8,8%
Lodos	233		7%
Ganaderos	83		2,5%

El potencial total de biomasa en Andalucía se puede cifrar en 3.327 ktep/año, distribuidos según se muestra en la figura para cada uno de los tipos de biomasa. Según la Tabla 28, dentro del potencial de biomasa destaca la proveniente del olivar con un 38% (24,13 % residuos agrícolas + 13,68 % residuos industriales) del potencial total.

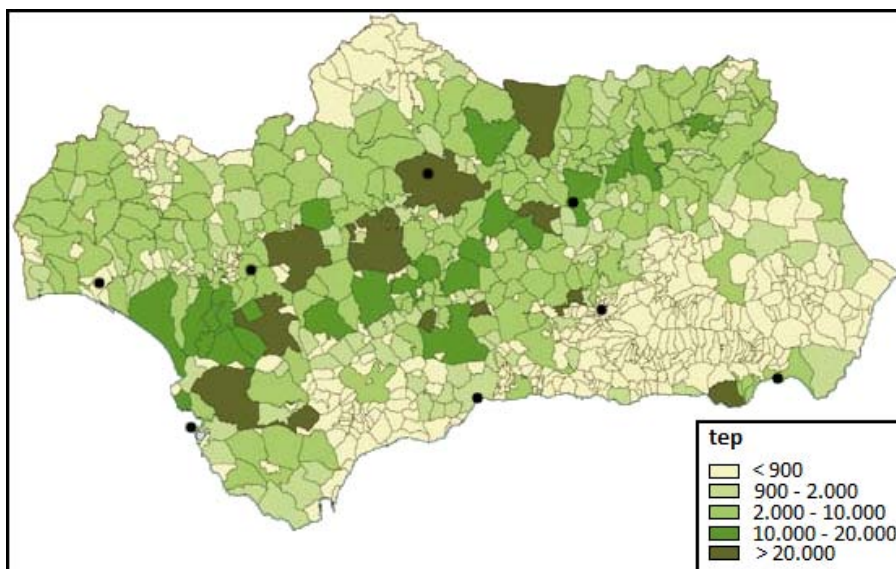


Ilustración 45. Distribución del potencial aprovechable de biomasa en Andalucía. Fuente: AAE.

El olivar en Andalucía, con sus 1.400.000 hectáreas de extensión, ocupa el 16 % de la superficie de la región y el 32 % del total de la agrícola. Destaca la provincia de Jaén (Ilustración 45), donde el olivar se ha convertido en un monocultivo, ocupando el 85 % de la superficie agrícola. Mayoritariamente, el olivar está dedicado a la producción de aceituna para obtención de aceite y en menor proporción para aceituna de mesa.

Los subproductos generados son los provenientes de la poda del olivar y el orujo generado en la obtención de aceite de oliva. En general estos subproductos son susceptibles de ser valorizados energéticamente, siendo su potencial energético 1.258 ktep/año.

En Andalucía existe una gran cantidad de restos lignocelulósicos con un bajo valor añadido (restos de poda de olivo, pino, chopo, leñosos, etc.) susceptibles de ser densificados y empleados como combustible.

Suministro

Existen diversas posibilidades en cuanto a sistemas de suministro adaptadas según las características de los edificios y las demandas del usuario. En los edificios situados en entornos urbanos la biomasa se distribuye mediante sistemas estancos de descarga neumática muy similares a los del gasóleo. Una vez en el silo del edificio, la biomasa suele transportarse hasta la caldera con equipos neumáticos o tornillos sin fin.

Una de las consideraciones más importantes a la hora de elegir el tipo de sistema de climatización por biomasa, es el suministro de combustible. Debemos tener un suministro seguro a medio-largo plazo, con una calidad de la biomasa alta y constante. Asimismo, es

recomendable, acordar y acotar los precios de suministro con el proveedor para varios años.

Algunos distribuidores suministran sólo grandes cantidades, lo cual no es adecuado para pequeñas calderas (< 100 kWt). Los *pellets* se puede suministrar a granel mediante un camión cisterna o volquete, pero también al por menor en sacos de 15-50 kg, siendo el combustible más adecuado para pequeños consumidores.



Ilustración 46. Suministro de pellet mediante camión cisterna con bomba neumática. Fuente: Ecosar.

Los costes del suministro de la biomasa varían según la cantidad, la distancia de transporte y los posibles tratamientos para mejorar su calidad, como el secado, el astillado o la “pelletización”. A ello hay que añadir la disponibilidad del combustible, su estacionalidad y la variación de los precios, íntimamente ligados al comportamiento de las cosechas, en el caso de residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria.

Aunque la biomasa es abundante en España, aún su suministro no se ha organizado de forma efectiva. Existe todavía bastante desconfianza por parte del usuario, debida en gran medida, al desconocimiento de la producción existente y su gran potencial.

La dificultad en el suministro disminuye sensiblemente cuando se emplean “pallets” como combustible, ya que su elevada densidad facilita su transporte a largas distancias y permite el empleo de sistemas automáticos de alimentación y dosificación, ampliando las capacidades de almacenamiento. Además, con este combustible tenemos asegurado el suministro, ya que, según los datos del apartado de estadísticas tan sólo se está aprovechando el 18,75 % de la capacidad de producción de las fábricas.

2.5.3. IMPLANTACIÓN DE LA BIOMASA

El Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) expone que “algunos países pobres obtienen el 90% de su energía de la leña y otros biocombustibles”. Esta fuente de energías supone un tercio del consumo energético en África, Asia y Latinoamérica siendo la principal fuente de energía en los hogares de 2.000 millones de personas. El problema de este uso de biomasa, en ocasiones de supervivencia, es su falta de desarrollo tecnológico y de eficiencia energética, situándose fuera de una planificación sostenible de su aprovechamiento, lo que conlleva la deforestación de grandes áreas con su consecuente grave impacto ambiental asociado.

Las previsiones establecidas, entre otros, por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, establecen que antes de 2100 la cuota de participación de la biomasa en la producción mundial de energía debería estar entre el 25 % y el 46 %. En el año 2006, la contribución de la biomasa (incluyendo usos tradicionales no eficientes) a nivel mundial alcanzaba los 1.186 Mtep de energía primaria, lo que suponía un 10,1% del total mundial. Si descontamos la biomasa mediante usos tradicionales, la contribución de todas las energías renovables a nivel mundial baja significativamente, situándose alrededor del 7 % del consumo de energía primaria mundial. La Agencia Internacional de la Energía hace la siguiente división por aplicaciones:

- Usos tradicionales (calefacción y cocina): 724 Mtep.
- Usos modernos: 462 Mtep, divididos en:
 - Biocarburantes: 24,4 Mtep.
 - Calor utilizado directamente: 293 Mtep (188,6 Mtep industriales y 104,4 Mtep en edificios).
 - Electricidad y redes de calefacción: 80,7 Mtep (239 TWh).
 - Pérdidas: 63,9 Mtep.

La AIE indica que, de los 239 TWh eléctricos generados con biomasa en 2006 aproximadamente el 44,4 % correspondían a plantas de generación eléctrica exclusiva con un rendimiento medio del 20 %. El resto eran plantas de cogeneración con uso de la energía térmica tanto en la industria como en redes de calefacción centralizada.

No obstante, en general, las estadísticas de biomasa son poco fiables no sólo en España sino en el resto de países del mundo, dada la heterogeneidad de aplicaciones y su dispersión.

Europa

En la Unión Europea, cinco países aportan el 56,7 % de la energía primaria producida con biomasa, Francia, Suecia, Alemania, Finlandia y Polonia. Los principales consumidores de biomasa (consumo per cápita) son los países nórdicos y bálticos, junto con Austria, encabezados por Finlandia. Además, la producción eléctrica con biomasa se sitúa en torno a los 60 TWh, lo que supone alrededor del 2% de la producción de eléctrica europea [PER 2011 – 2020].

El crecimiento en la instalación de calderas de biomasa abastecidas con *pellets*, para la producción de calefacción y ACS, ha sido muy significativo desde el año 2004. Ejemplo de ello es Austria, donde se pasó de 28.000 instalaciones con potencias inferiores a 100 kW, en 2004 a 47.000 en 2006. Estos desarrollos unidos a la creciente producción de *pellets* han dado lugar a un mercado europeo de biomasa térmica, donde la existencia de países demandantes de *pellets* se ve alimentada por la existencia de países excedentarios en la producción de este tipo de biomasa.

España

El periodo comprendido entre los años 2005 y 2009 ha supuesto en España una época de transición y de sentar las bases para impulsar el despegue del sector de biomasa. La subida de precios de los combustibles convencionales, las necesidades de autosuficiencia energética y los objetivos medioambientales de nuestra sociedad han impulsado el desarrollo de proyectos tanto de generación eléctrica como de producción de energía térmica. Este hecho unido al desarrollo tecnológico de la biomasa de los últimos años, en términos de rendimiento energético, emisiones y operatividad de los equipos; hace augurar unas expectativas de crecimiento importantes para el sector de la biomasa en España.

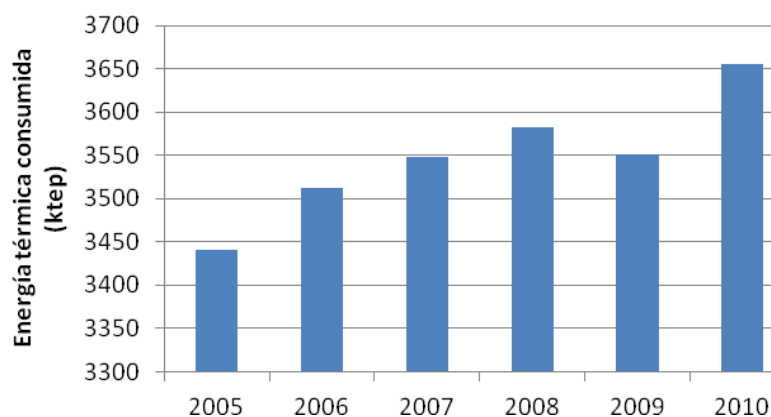


Gráfico 22. Evolución del consumo de energía térmica con biomasa. Fuente: PER 2011-2020.

El uso térmico de la biomasa se ha visto favorecido durante estos años debido al desarrollo de normativa en el sector edificios. La inclusión de las instalaciones de biomasa en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y la aparición de la biomasa como la tecnología que posibilita alcanzar la calificación energética A en edificios, han supuesto o puede suponer un empuje muy importante para el sector.

Debido al creciente interés de la biomasa térmica doméstica, se han promovido un gran número de plantas de producción de *pellets*. Según fuentes de AVEBIOM, en España hay al menos 32 fábricas productoras de *pellets* estándar, con capacidades individuales de producción de este combustible que oscilan entre 10.000 y 60.000 t/año. En 2010, a pesar de que **la capacidad de producción alcanzó las 800.000 t/año, tan sólo se produjeron 150.000 t de *pellets***, de las cuales el **95 % fue exportado** a países como Italia (el 60 %) o Portugal.

Las aplicaciones térmicas para producción de calefacción y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa. Estos usos térmicos pueden ser a pequeña escala, en calderas o estufas individuales utilizadas tradicionalmente en los hogares, a mediana escala en calderas para edificios públicos, bloques de viviendas u otros usos, o a gran escala en redes de climatización.

A fecha de septiembre del 2010, el Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa cuenta con más de 1.800 registros de instalaciones térmicas, con una potencia acumulada de

cerca de 450.000 kWt instalados. El número de registros de este observatorio está aumentado considerablemente, y además se ha observado que el crecimiento del número de instalaciones es más significativo en los municipios que ya tenían alguna instalación. Esto corrobora la idea de que los clientes quedan satisfechos con esta tecnología, y quien conoce sus ventajas, continua potenciando nuevas instalaciones con la certeza de que con ello se reducirá la factura energética, llegando en algún caso a bajar incluso hasta el 65 % el gasto corriente en calefacción.

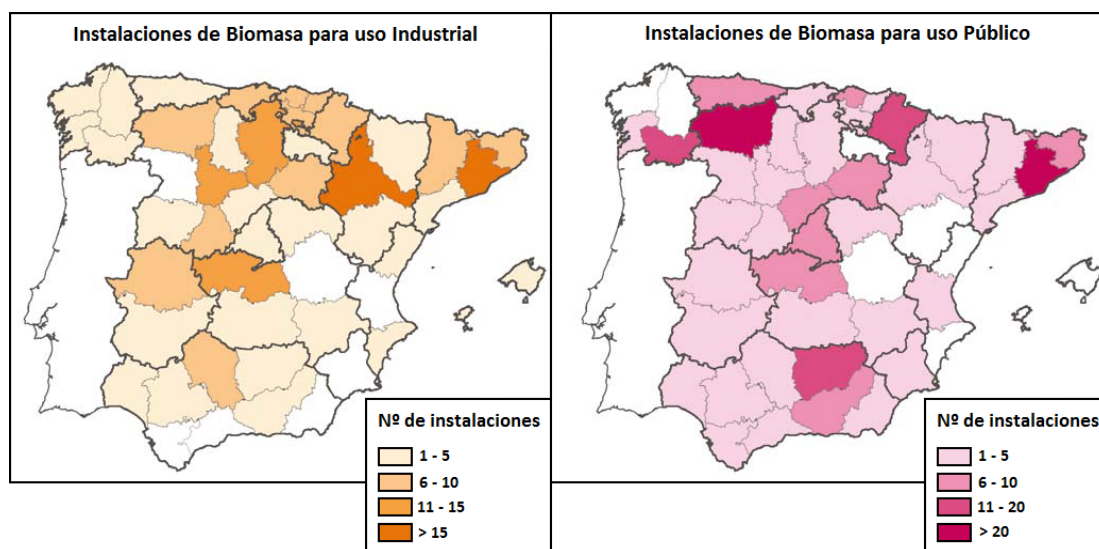


Ilustración 47. Instalaciones de Biomasa por regiones para uso industrial y público respectivamente. Año 2010. Fuente: The Bioenergy International.

A nivel industrial, es el sector de la madera-mueble el que dispone del mayor número de instalaciones de aprovechamiento térmico (68) con una potencia instalada de 144.000 kW, seguida del sector agro-ganadero con 59 instalaciones y 29.500 kW y el sector hostelero con 66 instalaciones y una potencia total acumulada de 9.800 kW.

Los *Distric Heatings (DH)* y *microDH* van en aumento. Entendemos que un DH es un sistema de generación de calor y su correspondiente red de distribución, que suministra energía térmica a un número amplio de usuarios. A finales de 2010 se han contabilizado 24 instalaciones, con una potencia acumulada de 28.000 kW, siendo 2 de estas instalaciones *Disrtict Heating & Cooling* (producción centralizada de calor y frio).

Sello europeo de calidad del pellet. ENplus®

El sistema de certificación ENplus® se basa en la norma Europea EN 14961-2, referida a los *pellets* de madera para uso no industrial. Esta norma divide a los *pellets* de madera en tres calidades:

- Clase A1: *pellets* de madera virgen y residuos de madera sin tratar químicamente, con bajos contenidos en cenizas, nitrógeno y cloro.
- Clase A2: combustibles con un contenido ligeramente más alto en cenizas, nitrógeno y/o cloro.

- Clase B: Se permite utilizar también como combustible madera reciclada sin tratamiento químico.

Esta certificación garantiza al usuario final la calidad del *pellet* y de los fabricantes para así conseguir la máxima eficiencia en sus calderas. Según el IDAE, el *pellet* de calidad A-1 en sacos, que representa la forma más sofisticada y cara de los biocombustibles sólidos para uso térmico, resulta un 40% más barato que el gasóleo para calefacción.



A finales de Septiembre de 2011, España cuenta ya con las 2 primeras empresas certificadas con el sello europeo ENplus® de calidad del *pellet*: Pellets Asturias S.L., con su fábrica de Tineo (Asturias) y Enerpellet, con sus fábricas situadas en Muxika y Sahugo.

AENOR ha certificado que Pellets Asturias cumple todos los requerimientos para la mejor calidad prevista en el sistema de certificación, la ENplus® A-1, convirtiéndose en el primer productor que obtiene el sello de calidad en España. La fábrica posee una capacidad de producción de 30.000 toneladas anuales de *pellets* de madera, de la que se prevé ensacar aproximadamente el 20% en sacos de 15 kg., el 20 % en *big-bags* y el material restante venderlo a granel.

Enerpellet, posteriormente también ha cumplido con todos los trámites para certificar que sus dos fábricas cumplen los requisitos de calidad para la categoría ENplus® A-1. La capacidad producción de ambas fábricas puede llegar a las 60.000 toneladas anuales, de las cuales aproximadamente la mitad se comercializarán mediante sacos.

Andalucía

Según AVEBIOM, Andalucía destaca respecto a otras CC.AA., por un aumento considerable de las instalaciones con equipos de pequeña potencia para uso domiciliario, estufas entre 9 y 25 kW. Este hecho puede ser atribuido a que Andalucía es una de las Comunidades Autónomas donde más se nota el apoyo público para las instalaciones de biomasa y donde además, la tramitación está siendo más rápida y sencilla.

Para febrero de 2011, el **Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa (ONCB)**, disponía de una base de datos con 188 registros de instalaciones térmicas en Andalucía (2 de Almería, 9 de Cádiz, 26 de Córdoba, 47 de Granada, 10 de Huelva, 67 de Jaén, 11 de Málaga y 16 de Sevilla), sumando una potencia total instalada de 60.931 kWt.

Según la Agencia Andaluza de la Energía, Andalucía cuenta con un importante potencial de biomasa, que supera los 3.300 ktep/año (Tabla 29). Esto supone, el 17 % del consumo total de energía primaria que tuvo la región en 2005. Por tipos de biomasa, destaca la procedente del olivar y de la industria oleícola con un porcentaje del 37,8% sobre el total. En 2009, el consumo de biomasa en Andalucía ha sido de 471,5 ktep, lo que supone un 15 % de su potencial.

En Andalucía las plantas de *pellets* han experimentado un importante avance, puesto que se cuenta con seis plantas de *pellets* operativas y otras cuatro en proyecto, que se localizan en las provincias de Jaén, Sevilla, Granada y Almería.

Tabla 29. *Situación de plantas de producción de pellet en Andalucía. Fuente: AAE.*

<i>NOMBRE</i>	<i>Localidad</i>	<i>Provincia</i>	<i>Capacidad de producción (tep/año)</i>
<i>BIOTERM</i>	Villadelrio	Córdoba	3.200
<i>RECICLADOS LUCENA</i>	Lucena	Córdoba	3.200
<i>ENERGÍA ORIENTAL</i>	Moclín	Granada	8.000
<i>MAGINA ENERGÍA</i>	Mancha Real	Jaén	16.000
<i>RENOVABLES BIOCAZORLA</i>	Cazorla	Jaén	12.000
<i>SCA NTRO PADRE JESÚS</i>	Jabalquinto	Jaén	1.600
<i>TOTAL</i>			<i>44.000</i>

El consumo de biomasa para usos térmicos durante el año 2008 fue de 613,55 ktep, este valor supone un incremento del consumo de un 8,8% respecto a 2007.

En la **industria** predomina el sector alimentario con 13.215 kW, el de ocio (hoteles y casas rurales) con 6.246 kW, el de la cerámica con 3.000 kW, el agro-ganadero con 2.409 kW y el de madera-muebles con 500 kW.

Respecto al **uso doméstico** destacar 2 bloques de viviendas con calderas de biomasa, uno en Jaén y otro en Granada.

2.6 ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN

2.6.1. ¿QUÉ ES LA GEOTERMIA?

El término geotermia se refiere a la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie de la tierra. Supone el recurso energético más importante, después del Sol, que está a disposición de la humanidad; pudiendo ser aprovechado para la producción de electricidad o para usos térmicos.

Aunque cada día su aprovechamiento está creciendo, se trata de una de las fuentes de energía renovable menos conocidas. A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotermia no tiene su origen en la radiación solar, sino en la enorme diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15°C de la superficie a los 4.000°C del núcleo.

Esta diferencia de temperaturas, conocida como gradiente térmico, origina un continuo flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie. Dicho calor es ilimitado a escala humana y estará disponible por muchos años en los yacimientos para las generaciones futuras.

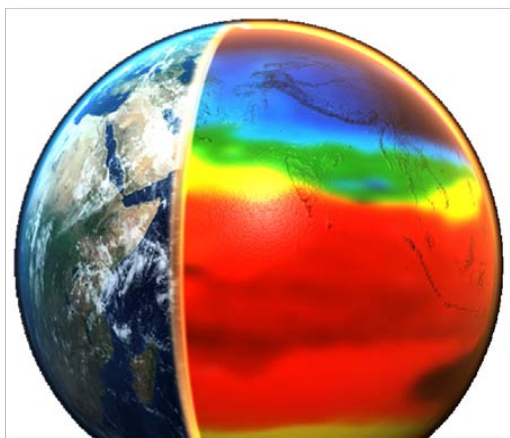


Ilustración 48. La geotermia como fuente de energía renovable.

En la mayor parte del planeta, la temperatura de la Tierra se va incrementando a un ritmo de 2,5° a 3 ° cada 100 m, a medida que se profundiza hacia el interior de la corteza terrestre. El flujo medio de calor registrado en la superficie es del orden de 1,5 $\mu\text{cal/s}\cdot\text{cm}^2$.

En determinados puntos de la Tierra el flujo de calor es, sin embargo, anormalmente elevado, llegando a alcanzar valores de hasta varias decenas de veces el flujo medio citado. Estas áreas con elevado flujo de calor dan lugar a gradientes geotérmicos con valor de 15°C - 30°C cada 100 metros, por lo que a profundidades de 1,5 a 2 km se pueden encontrar temperaturas de 200°C a 300°C.

Esta diferencia de la corteza terrestre en áreas estables con flujo calorífico bajo y áreas inestables con flujo calorífico más elevado sirve para marcar los distintos tipos de energía geotérmica: la energía geotérmica de alta, media, baja y muy baja temperatura.

Por otro lado, existen algunas aplicaciones donde debido a la poca profundidad de extracción del foco de calor, el recurso energético utilizado procede en gran parte también del Sol. Este fenómeno se conoce como **geotermia solar** y se basa en el hecho de que parte de la radiación que proviene del Sol se acumula en forma de calor en la corteza terrestre.

La alta inercia térmica de la masa de la Tierra expuesta a la radiación, nos permite tener una temperatura prácticamente estable, las 24 horas del día y durante todo el año. En España, un país con una gran radiación solar, la temperatura de la tierra a una profundidad superior a los 10 metros, es prácticamente constante, y se aproxima a la temperatura media anual del aire ambiente en esa determinada zona.

Hasta una profundidad de unos 10 m, la temperatura del terreno está básicamente determinada por el intercambio térmico con la atmósfera y el Sol. Por debajo de dicha profundidad y hasta profundidades de unos 100 m existe un gradiente geotérmico variable, al estar aún las temperaturas bajo la influencia de dichos fenómenos de intercambio superficial. Por debajo de dicha profundidad suele establecerse ya un gradiente geotérmico claro y la temperatura generalmente se incrementa con la profundidad, aunque dicho incremento puede ser muy variable según las condiciones tectónicas y propiedades térmicas del suelo.

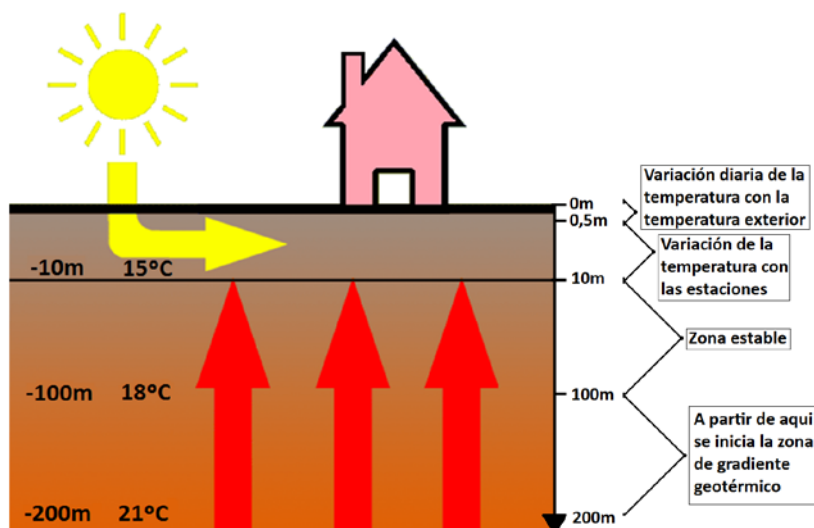


Ilustración 49. La influencia del sol y de la tierra.

Desde el punto de vista del diseño y dimensionado de intercambiadores geotérmicos, el gradiente geotérmico es un factor a tener en cuenta únicamente en sistemas verticales cuya profundidad excediese los 100 m. Una dificultad considerable para ello reside en el hecho de que el gradiente geotérmico presenta, según zonas, una considerable heterogeneidad incluso sobre distancias horizontales pequeñas.

Tabla 30. *Clasificación Geotermia.*

TEMPERATURA		TECNOLOGÍA	APLICACIÓN
Recursos Geotérmicos Convencionales			
Muy baja temperatura	5 – 25 °C	<ul style="list-style-type: none"> Utilización de bomba de calor 	<ul style="list-style-type: none"> Usos directos del calor Climatización
Baja temperatura	25 – 50 °C	<ul style="list-style-type: none"> Puede precisar de bomba de calor 	<ul style="list-style-type: none"> Usos directos del calor
	50 – 100 °C	<ul style="list-style-type: none"> No precisa 	<ul style="list-style-type: none"> Calor de distrito
Media temperatura	100 – 150 °C	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo binario 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación en procesos industriales Producción eléctrica Calor de distrito
Alta temperatura	>150 °C	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo directo sin condensación Ciclo semidirecto con <i>flashing</i> en varias etapas Ciclo binario Ciclo de vapor seco 	<ul style="list-style-type: none"> Producción eléctrica
Recursos Geotérmicos No convencionales			
Sistema estimulado	> 50 °C	<ul style="list-style-type: none"> En desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> Producción eléctrica
Supercríticos	> 300 °C	<ul style="list-style-type: none"> En desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> Producción eléctrica Obtención de hidrógeno

Dependiendo de la temperatura la energía geotérmica se puede aprovechar para distintos usos (generación de electricidad, generación de calor para aplicaciones industriales, climatización de edificios y producción de agua caliente, etc.). En la Ilustración 50, a modo de ejemplo, tenemos los principales usos de energía geotérmica, clasificados según la temperatura de uso.

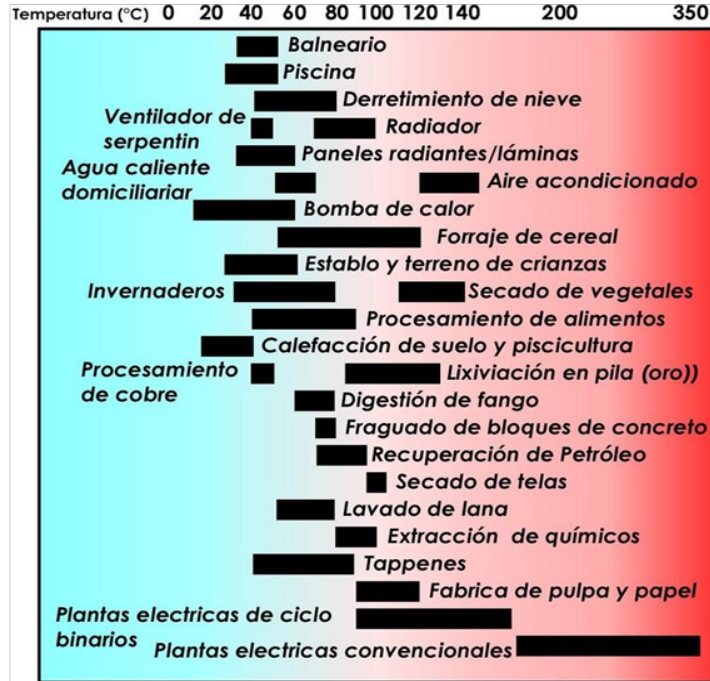


Ilustración 50. Usos de la energía geotérmica en función del valor de la temperatura de extracción del yacimiento geotérmico. Fuente: International Geothermal Association.

Geotermia de Alta Temperatura

La energía geotérmica de alta temperatura es la que aprovecha un recurso geotérmico que se encuentra en determinadas condiciones de presión y alta temperatura, superior a 150°C. El aprovechamiento de este recurso puede hacerse directamente si se dan de forma natural las condiciones geológicas y físicas para ello. Si el yacimiento geotérmico cuenta con condiciones físico-geológicas favorables pero no existe fluido, éste podría inyectarse creando así un yacimiento de roca caliente seca (geotermia estimulada).

El aprovechamiento fundamental de este tipo de yacimientos es la **generación de energía eléctrica**. Las zonas más interesantes en este tipo de explotaciones son las que se encuentran sobre zonas tectónicamente activas.

Geotermia de Media Temperatura

Una fuente de calor geotérmica que presente valores de temperatura entre los **100°C y los 150°C** se denomina de media temperatura. En este rango de temperaturas, al no obtenerse vapor de agua a alta presión que pudiera ser empleado directamente, la conversión vapor-electricidad se realiza con un rendimiento más bajo.

No obstante, la energía geotérmica que se obtiene en estos casos es muy interesante, y se puede utilizar para la explotación de **pequeñas centrales eléctricas**.

Si el yacimiento se encontrase cerca de un núcleo urbano, para cubrir las demandas de calefacción y/o refrigeración en edificios, se podría implantar una **red de distrito de calor y frío**, comúnmente llamado **DHC**, por las siglas inglesas de *District Heating and Cooling*.

Geotermia de Baja Temperatura

Estos yacimientos se hallan a profundidades de hasta 2.500 metros y la temperatura del fluido es inferior a los 100°C. Los yacimientos de baja temperatura son los más frecuentes y se dan en amplias zonas sedimentarias de la corteza terrestre. Por el momento, se aprovecha exclusivamente para usos térmicos:

- Balnearios y piscinas climatizadas. Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía geotérmica. Floreció en la antigua Roma con sus famosas termas, situadas cerca de manantiales de agua caliente o termales.
- Calefacción y agua caliente sanitaria. Los acuíferos para estos usos van de los 30°C a los 150°C. En Islandia, el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99 % de las viviendas utilizan la energía geotérmica con esta finalidad.
- Agricultura. Son muchos los invernaderos que usan aguas calientes procedentes de acuíferos para calentar el suelo de sus instalaciones y adelantar así las cosechas.
- Acuicultura. Salton Sea, en California, acoge cerca de una docena de piscifactorías que, desde hace décadas, emplean fluidos geotérmicos para controlar la temperatura de sus aguas. Ello permite acortar los períodos de maduración de la producción u obtener cosechas de invierno que serían de otro modo imposibles.
- Usos industriales. Aquellas industrias que no exigen temperaturas muy altas también beben de esta fuente. Así, la geotérmica es usada en el secado de tejidos en industrias textiles de Matsuo, en Japón, o en la industria del tintado de Guandong y Liaoning, en China.
- Secado de pavimentos (aceras, calles y carreteras). En diferentes ciudades la energía geotérmica es empleada para evitar la formación de placas de hielo en los pavimentos (habitualmente mediante tuberías enterradas a ras del suelo por las que circulan agua caliente o vapor).

La energía geotérmica de baja temperatura basa sus aplicaciones en la capacidad que el subsuelo posee de acumular calor y de mantener una temperatura sensiblemente constante, a lo largo de todo el año.

Geotermia de Muy Baja Temperatura

Se denominan yacimientos de **muy baja temperatura**, cuando la temperatura de aprovechamiento es **inferior a 30°C**. Estos yacimientos no precisan de una localización determinada y se pueden usar y obtener en cualquier sitio y situación. Este es el tipo de energía que se utiliza en climatización de edificios, mediante las llamadas **bombas de calor geotérmicas (BCGT)**.

2.6.2. TECNOLOGÍA

Sistemas Geotérmicos en la Edificación

La energía geotérmica empleada en el abastecimiento directo de energía en edificios siempre es de baja o muy baja temperatura, y permite satisfacer sin ningún problema y de forma eficiente y económica las exigencias actuales de calefacción y refrigeración, el acondicionamiento térmico de piscinas y balnearios, así como la producción de agua caliente sanitaria para uso doméstico. Estas instalaciones únicamente necesitan sufragar el gasto eléctrico de las bombas de calor y circulación propias de la instalación, y en el caso de que el sistema de acondicionamiento térmico sea por impulsión de aire, la energía eléctrica consumida en los ventiladores de impulsión correspondientes.

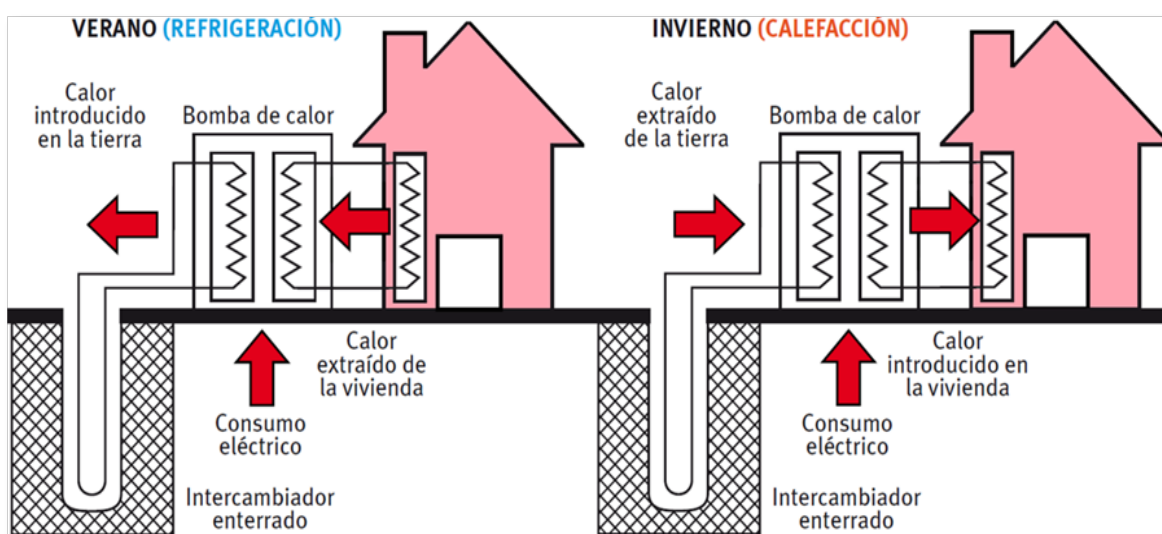


Ilustración 51. Balance energético de una bomba de calor geotérmica. IDAE – Atecyr 2010.

Antes de la realización de un sistema geotérmico es necesario un estudio de viabilidad que permita investigar el potencial real y los posibles riesgos de un sistema geotérmico. Los aspectos más importantes son:

- Características hidrogeológicas del subsuelo.
- Tipo de acuíferos presentes.
- Calidad del agua subterránea.
- Posibles efectos en los alrededores.
- Permisos necesarios para su instalación.
- Costes de construcción, operación y mantenimiento.

Por otro lado, la energía geotérmica puede ser extraída prácticamente de cualquier suelo, (bien de manera superficial o a gran profundidad), y aunque su instalación resulta idónea en climas de fuerte amplitud térmica, (donde las bombas de aire disminuyen su rendimiento), puede ser empleada en cualquier lugar geográfico dando excelentes resultados.

Los elementos que hay que tener en cuenta a la hora de dimensionar un sistema geotérmico en edificios y viviendas son:

- Características del terreno.
- Características de la vivienda o edificio.
- Sistema de disipación de calor y/o frío (radiadores, suelo radiante, etc.)
- Sistema de captación (vertical u horizontal).

En el sector de la construcción, la captación se realiza por medio de colectores horizontales enterrados, sondas geotérmicas y cimientos geotérmicos que se conectan a una bomba de calor encargada de realizar la transmisión de energía al sistema de distribución interno de la construcción. La producción de energía geotérmica es entre 4 y 6 veces superior a la energía eléctrica que se consume.

Para poder aprovechar la temperatura estable a la que se halla el subsuelo, es necesario instalar un circuito de intercambio con el mismo, capaz de aprovechar la energía geotérmica que se encuentra a nuestra disposición. La configuración de este circuito se escoge en función del lugar donde se halla el edificio y el espacio del que se dispone.

El coste de una instalación de energía geotérmica en una vivienda suele representar el doble del de una instalación convencional de gas, sin tener en cuenta las posibles subvenciones que se puedan obtener; pero los costes de explotación tan reducidos, el gran ahorro energético que se obtiene a largo plazo y el continuo aumento del precio de la energía, justifican sobradamente, la instalación de este tipo de sistemas.

La Bomba de Calor Geotérmica

La bomba de calor geotérmica es un mecanismo capaz de transferir el calor que obtenemos del subsuelo terrestre a nuestro sistema de climatización, con un coste de electricidad realmente bajo y un alto rendimiento.



Ilustración 52. Bomba de calor geotérmica en una vivienda unifamiliar.

Para entender el concepto de calefacción y refrigeración geotérmica es preciso comprender primero el funcionamiento de una bomba de calor:

- En refrigeración, lo que sucede es que el fluido que circula por el circuito interior de la casa (el evaporador) está absorbiendo calor del ambiente. Este fluido va luego a un compresor, donde al aumentar la presión, aumenta mucho de temperatura, y pasa entonces al circuito exterior de la calle (el condensador). Como ahora el fluido está muy caliente (más que el aire de la calle) libera calor al exterior. Posteriormente, este fluido refrigerante circula hasta una válvula donde, al expandirse, se vuelve a enfriar y se reinicia el ciclo.
- En calefacción, como el ciclo de funcionamiento es reversible, el flujo del circuito refrigerante invierte su sentido, y se pasa de refrigerar a calentar. Ahora el condensador se encuentra dentro del edificio y el evaporador en el exterior.

La climatización geotérmica es también mediante bomba de calor, pero en lugar de intercambiar calor con la atmósfera, se hace con el terreno.

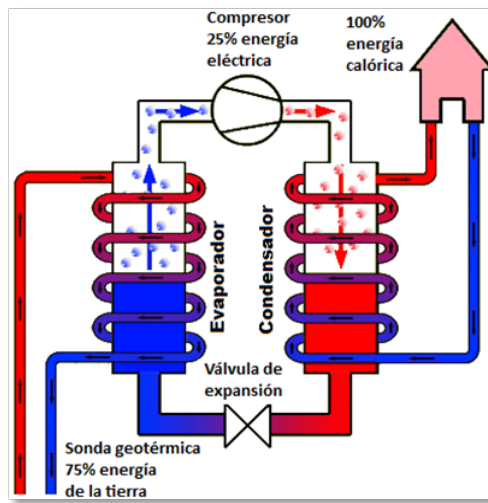


Ilustración 53. Esquema de una bomba de calor geotérmica funcionando para calefacción.

La ventaja de la utilización de una BCGT se basa en que la temperatura del interior de la corteza terrestre, permanece prácticamente constante (entre los 5°C y los 25°C) a lo largo de todo el año, a partir de unos pocos metros de profundidad. No influyendo los cambios de temperatura en verano o invierno.

	VERANO	INVIERNO
SISTEMA CONVENCIONAL	24 °C $\Delta T = -4$ °C	7 °C $\Delta T = 13$ °C
GEOTERMIA	20 °C $\Delta T = 5$ °C	20 °C $\Delta T = 5$ °C
	15 °C	15 °C

Ilustración 54. Gradiente térmico del evaporador para calefacción (derecha) o del condensador para refrigeración (izquierda) de una bomba de calor aerotérmica (arriba) y geotérmica (abajo).

Esta temperatura constante del subsuelo la aprovechamos para calentar y enfriar. En invierno cuando el aire esté frío, el subsuelo estará más caliente y en verano cuando el aire esté caliente, el subsuelo estará más frío. Por lo tanto, como puede verse en la Ilustración 54, la diferencia de temperatura para calefactar y refrigerar entre el subsuelo y el edificio es más favorable que la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el edificio. Esto permite un intercambio de calor más eficiente, y por tanto menor consumo de energía. Expresándolo de otro modo: al intercambiar más calor en un mismo ciclo, el compresor tiene que realizar menos ciclos (comprimir el fluido menos veces), y por tanto el consumo eléctrico es menor.

Esto significa que el rendimiento de la bomba de calor geotérmica, será por lo tanto superior al rendimiento de una bomba de calor clásica (aerotérmica), tanto en calefacción como refrigeración.

La BCGT necesita energía eléctrica para su funcionamiento. Por cada kWh que consume, genera de 4 a 6 kWh en forma de calor o frío para el edificio, siendo entre el 75 % y 80 % de la energía usada proveniente de la Tierra. Es difícil precisar en qué medida la climatización con BCGT disminuye el consumo, ya que depende de multitud de factores tales como el tipo y uso del edificio, el clima, el dimensionado, o la instalación, pero el ahorro puede rondar en torno al 40-60% frente a un sistema de bomba de calor tradicional que intercambie con el ambiente.

Hay que destacar que la eficiencia de una bomba de calor geotérmica no varía con las condiciones meteorológicas o estacionales, mientras que en una convencional el rendimiento disminuye en los momentos más calurosos en verano y en los más fríos en invierno, justo cuando más necesario es su uso.

En el Gráfico 23 se muestra como ejemplo, la evolución anual de las temperaturas medias mensuales a distintas profundidades, para la localidad de Granada.

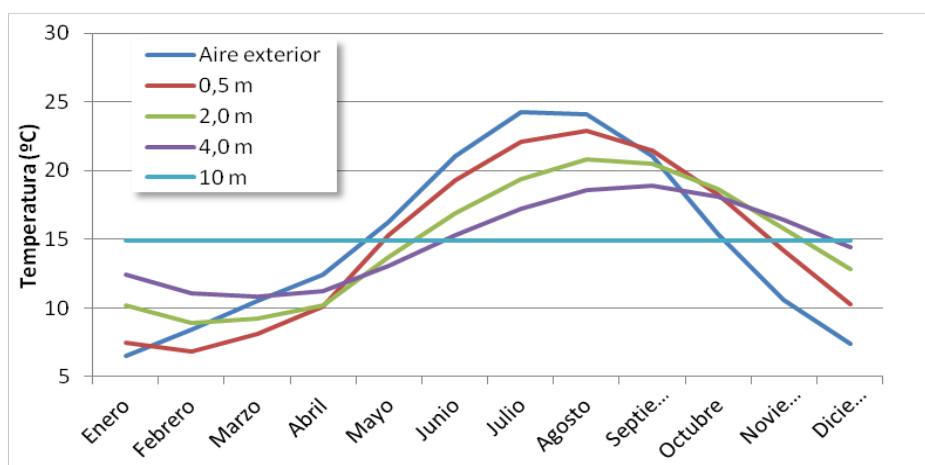


Gráfico 23. Variación de la temperatura media mensual, del aire exterior y del terreno a distintas profundidades, en Granada.

El uso de la geotermia permite que la bomba de calor trabaje con temperaturas más favorables:

- En diciembre (modo calefacción). La temperatura media mensual del aire exterior es de 7°C mientras la temperatura del terreno a 10 metros es de 15°C.
- En verano (modo refrigeración). Ocurre lo contrario, en lugar de trabajar con una temperatura del aire exterior a 24° la bomba de calor geotérmica trabajará con una temperatura de agua cercana a esos mismos 15°C.

Como se puede observar en la figura anterior, a medida que aumentamos la profundidad en el terreno, la evolución de la temperatura se va amortiguando hasta permanecer constante. También se aprecia como en verano e invierno, debido a la propia inercia del terreno, las temperaturas máximas y mínimas del suelo se retrasan en torno a cuatro semanas comparadas a las temperaturas superficiales del suelo.

Para refrigerar con geotermia existen dos posibilidades: La primera y más sencilla funciona sin bomba de calor, la temperatura del subsuelo se utiliza directamente para enfriar, o sea que la salmuera o el agua freática no circula por la bomba de calor, sino por un intercambiador de calor de placas adicional y enfría el agua que circula por el suelo radiante. Esta forma de enfriar se llama **refrigeración pasiva** y permite una climatización del edificio de una manera muy económica. Se puede conseguir un rendimiento de hasta 18, porque en funcionamiento solamente consume energía la bomba de salmuera, o la bomba sumergible.

Si la potencia tiene que ser más alta se utiliza la **refrigeración activa** con una BCGT reversible, que produce calor y cuando se invierte el proceso, frío. La refrigeración activa es más costosa por su consumo eléctrico pero al mismo tiempo consigue potencias de refrigeración más altas y constantes que la refrigeración pasiva.

Intercambiadores de Calor Enterrados

La instalación de un sistema geotérmico de baja temperatura, o somero, implica tanto una valoración de las necesidades energéticas como una evaluación del terreno disponible.

Las especificaciones de la bomba de calor fijan varios parámetros de diseño del intercambiador de calor enterrado, ya que nos determinan el calor intercambiado con el suelo y el caudal circulante por el intercambiador de calor, además de fijar el rendimiento del sistema (*COP, Coefficient of Performance*). Además, en el dimensionado de un sistema de climatización geotérmico, por tanto, será necesario conocer los siguientes parámetros característicos del subsuelo:

Conductividad térmica del terreno. Es una propiedad física del terreno que mide la capacidad de conducción de calor, en concreto, su valor indica la cantidad de potencia que se puede extraer por metro lineal. En función del tipo de suelo, cuanto mayor sea la conductividad del terreno menor será la superficie de captación del intercambiador, y por tanto, menor será el coste asociado a la misma.

Humedad natural del suelo. Para valores más altos de la humedad del suelo, mayor será su conductividad térmica, y consecuentemente, también lo será la transferencia de calor entre la sonda y el suelo.

Presencia o ausencia de aguas subterráneas. Cuando una sonda geotérmica penetra en una capa freática (primera capa con agua subterránea que se encuentra en el subsuelo), o en un acuífero somero, en los que el agua presente una velocidad de flujo superior a varios centímetros por día, la cantidad de calor útil aumenta sensiblemente.

Una vez calculadas las necesidades de climatización, en función de la composición y estructura del terreno, se elige el tipo de intercambiador. Estos sistemas se pueden clasificar generalmente como abiertos o cerrados.

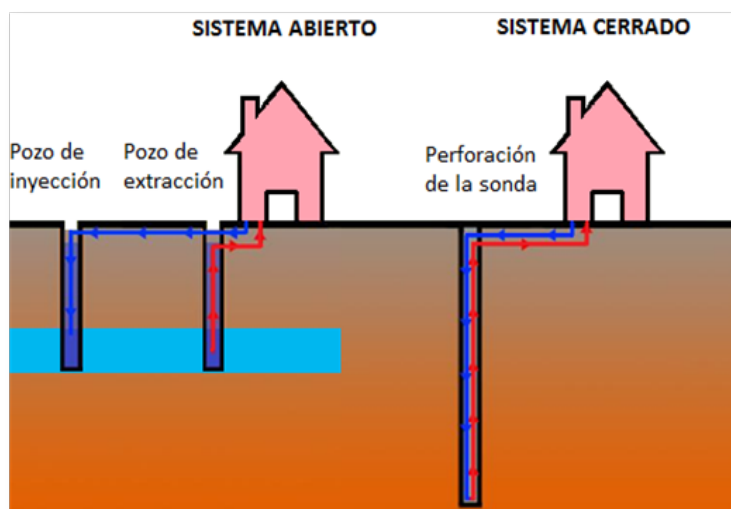


Ilustración 55. Esquema de un sistema con intercambiador de lazo abierto o cerrado.

Sistemas Abiertos

Un sistema abierto es aquel que dispone de una zona de intercambio físico directo con el medio. Estos sistemas trabajan con agua proveniente de un acuífero confinado como puede ser una capa freática.

Si la permeabilidad del terreno es suficientemente elevada puede recurrirse a explotar la capa freática mediante dos sondeos, uno de producción, con una bomba sumergida que conduce el agua a la bomba de calor para, una vez extraída su energía y enfriada, ser devuelta a la capa freática por un pozo de reinyección, o ser vertida a un cauce fluvial, Ilustración 56.

En estos sistemas, se saca el agua a una cierta temperatura y se devuelve a otra más baja o alta según el régimen de climatización (calefacción o refrigeración). Los sistemas abiertos llevan asociadas una serie de restricciones medioambientales, que aseguran, que la interacción del sistema de intercambio con el medio, se realiza sin ningún tipo de contaminación. Por tanto, se requiere de un estudio hidrogeológico local que contemple los siguientes puntos:

- Ensayos hidráulicos para comprobar que no existe interferencia entre el pozo de inyección y el de extracción, tanto hidráulica como térmicamente.
- Ensayos de calidad del agua, vigilando que tenga bajos contenidos en hierro y bajo potencial redox, al objeto de evitar problemas de corrosión, sarro y colmatación de tuberías y conducciones, que puedan afectar al funcionamiento de la instalación a largo plazo.
- La vigilancia de la posible afección al acuífero o ríos cercanos.

Para evitar el enfriamiento continuo del agua subterránea, los sondeos de toma y restitución de agua deben situarse respectivamente aguas arriba y aguas abajo del flujo subterráneo.

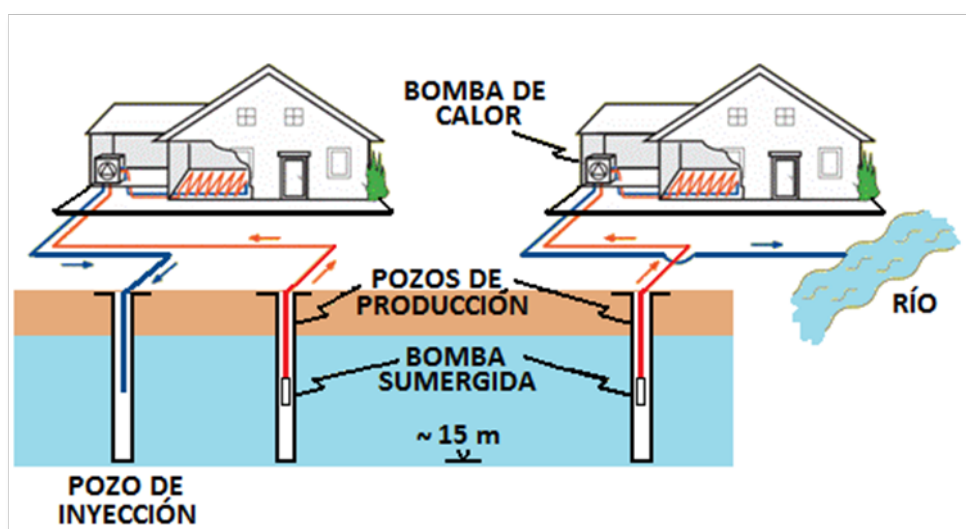


Ilustración 56. Esquema para calefacción de una casa familiar utilizando sondeos de captación de agua en la capa freática.

Los sistemas abiertos suponen una fuente poderosa de calor a un costo relativamente bajo; sin embargo, los pozos con agua subterránea requieren de cierto mantenimiento, y generalmente, pocos son los sistemas que disponen de acuíferos apropiados. Los requisitos principales son:

- Suficiente permeabilidad para permitir la obtención de la cantidad deseada de agua subterránea a poca profundidad.
- Una buena característica química del agua subterránea, es decir, poco contenido de hierro, para evitar problemas de sarro, obstrucción y corrosión. Se suele utilizar sistemas abiertos para instalaciones de mayor envergadura.

El sistema universal más poderoso de bomba para calor de fuente terrestre utiliza pozos con agua subterránea para proveer cerca de 10 MW de calor o frío a un hotel y oficinas en Louisville, Kentucky, USA. Según Eclaeron los sistemas abiertos son mucho menos corrientes que los sistemas cerrados, representando el 5 % de las instalaciones en España.

Sistemas Cerrados

En los sistemas cerrados, el intercambio de calor con el terreno se realiza mediante un circuito cerrado por el que se bombea un fluido caloportador. Estos sistemas son los más comunes en España (más del 95% de las instalaciones), y ofrecen una mayor seguridad y fiabilidad sin apenas restricciones de implantación y uso.

En los sistemas cerrados, los circuitos del intercambiador enterrado se clasifican en horizontales y verticales.

Tabla 31. *Comparación entre captadores geotérmicos verticales y horizontales.*

	CAPTADOR VERTICAL	CAPTADOR HORIZONTAL
Temperatura del suelo	Constante durante todo el año	Varía ligeramente a lo largo del año
Requerimiento del terreno	Bajo	Alto
Uso del terreno	Libre	Limitado
Transmisión de la energía	Muy buena (≈ 60 W/m)	Buena (≈ 25 W/m)
Consumo de energía	Muy bajo	Bajo
Relación de cálculo	1 m ² suelo radiante por 0,75-1 m perforado	1 m ² suelo radiante por 1,5-2 m ² terreno
Costes de instalación	Mayor (30 - 40 €/m)	Menor (15 - 20 €/m)

El sistema abierto es la mejor opción para grandes proyectos de sistemas BCGT (más grandes de 200 a 300 kW). Para poder aprovechar la temperatura estable a la que se halla el subsuelo es necesario realizar una serie de perforaciones en el terreno. Este sistema de perforaciones tiene un rendimiento elevado puesto que el intercambio se realiza a una profundidad de entre 50 y 200 m. Las dimensiones de estos pequeños pozos de 10 a 15 centímetros de ancho dependen de las dimensiones del lugar a climatizar, la disponibilidad de terreno y las condiciones geológicas.

La captación de energía se realiza a través de sondas de 32 a 40 mm de diámetro, la mayoría de veces de polietileno de alta densidad pero pudiéndose emplear sondas de cobre o acero inoxidable. Una vez se introduce la sonda, se rellena el espacio entre esta y el terreno con material termoconductor, que puede ser el mismo ditritus del terreno, cemento-bentonita, arena silíceo o grava silíceo, todo depende de las características del terreno, siempre es mejor emplear el ditritus del terreno pero no siempre se puede realizar el relleno con este, dada la dificultad de inyección. Entre perforaciones debe de existir una distancia mínima de 6 metros. Generalmente este fluido circulante es agua o bien una solución salina con una sustancia anticongelante, para impedir que el fluido solidifique si se dan bajas temperaturas en la superficie del suelo. Esta fórmula es inocua para el medio, pese a que de todas formas el fluido en ningún momento entra en contacto con el suelo ya que el tubo está perfectamente sellado.

Se sabe que el funcionamiento del intercambio de calor es aún mejor si la capa de suelo en la que se encuentra la perforación tiene un contenido elevado de agua, es decir, si se

encuentra en una capa freática. Por supuesto, no se afecta de ningún modo el nivel freático, ya que no se utiliza el agua del mismo. Una parte importante del coste económico viene determinado por las perforaciones y estas pueden no ser viables en algunos terrenos.

Generalmente los sistemas horizontales se emplean para instalaciones de baja potencia (viviendas) con grandes superficies de terreno disponibles, mientras que los sistemas verticales permiten la ejecución de grandes instalaciones con una perfecta integración en la edificación y sin hipotecar grandes superficies de terreno.

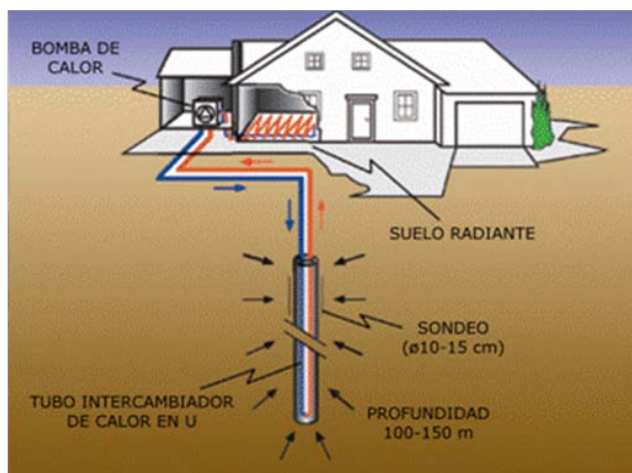


Ilustración 57. Sonda geotérmica vertical. Fuente: CHYN. Géothermie. L'Utilisation de la chaleur terrestre. Suisse énergie.

En los circuitos horizontales, las tuberías de captación se entierran horizontalmente a una profundidad aproximada de 1,5 metros. En este caso, es necesario disponer de una parcela o superficie de terreno considerable, que no estuviera asfaltada ni pavimentada, sino en la que hubiera una cubierta vegetal baja o arena, ya que a tan poca profundidad se depende del aporte de radiación solar sobre el suelo. Habitualmente pueden ser necesarios entre 140 y 200 m² de terreno libre de sombras por 100 m² de vivienda.



Ilustración 58. Esquema de climatización de una piscina con apoyo geotérmico. Sistema de captación horizontal. Fuente:www.ingelco.es.

Por otro lado, los circuitos horizontales, por la gran superficie de terreno que necesitan, representan sólo el 10% de las instalaciones realizadas en España, según Eclaron. Aún así, estas instalaciones presentan numerosas ventajas:

- La instalación es más sencilla y de menor coste económico. En excavaciones de grandes dimensiones el coste de excavación supone valores de entorno el 15 % de la inversión total, incluyendo la bomba de calor.
- No requiere permisos ni autorizaciones especiales, aparte del permiso de obra.
- Es limpio y ecológico. En el movimiento de tierras originado, el volumen excavado se repone como relleno del hueco originado.

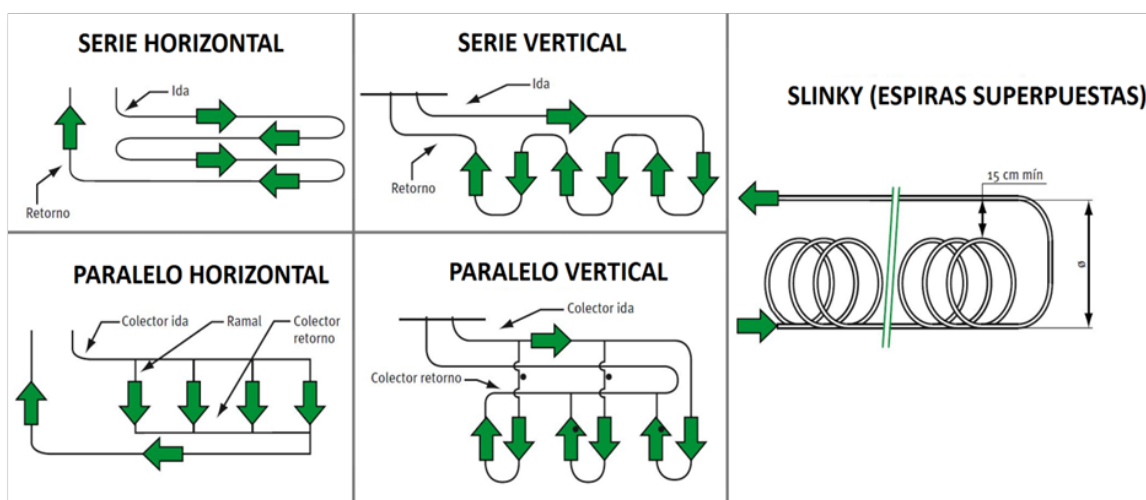


Ilustración 59. Configuraciones horizontales y verticales del intercambiador de lazo cerrado.

La configuración Slinky es una variante de la horizontal, consistente en disponer la tubería formando bucles o espiras. Se emplea para instalar la mayor longitud de intercambiador con la menor excavación posible.

Sistemas Geotérmicos Especiales

En algunas excavaciones, para asegurar la estabilidad de los terrenos circundantes, o porque un suelo no tiene suficiente resistencia para soportar las cargas de una estructura mediante cimentaciones superficiales, se emplean cimentaciones profundas. Estos pilotes, pantallas subterráneas, muros de contención o losas, se hincan en el terreno, generalmente a nivel de la capa freática, a profundidades comprendidas entre 10 y 40 m.

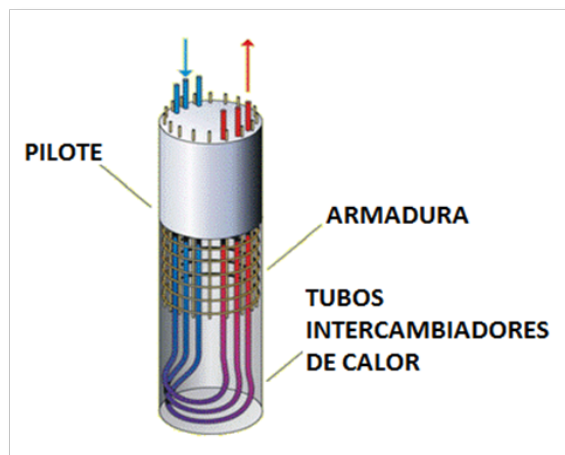


Ilustración 60. Tubos intercambiadores de calor integrados en un pilote para cimentaciones. Fuente: Geothermal Energy. Clauser, C. 2006.

Estos sistemas crean unas condiciones propicias para el intercambio de energía geotérmica de muy baja temperatura con el terreno. Sólo hay que insertar una red de tubos de polietileno por los que circule agua con un anticongelante en el interior de esas piezas de hormigón, y conectarlos en circuito cerrado con una bomba de calor.

Esta red de tubos intercambiadores, formada por conductos en “U” embutidos en los cimientos, y que confluyen en un colector común, alimentarán una bomba de calor geotérmica y permitirán satisfacer las necesidades de climatización y agua caliente sanitaria del edificio.

La capacidad de almacenamiento térmico de un conjunto de pilotes, depende directamente de la velocidad de flujo de la capa freática. Una velocidad de 0,5 a 1 metro por día permite que se disipe la energía transferida por los pilotes y se impida su almacenamiento.

El diseño de una instalación de climatización utilizando cimientos geotérmicos debe ser concebido lo más pronto posible en un proyecto, pues los pilotes serán colocados en obra antes de que las instalaciones de calefacción y refrigeración hayan sido dimensionadas.

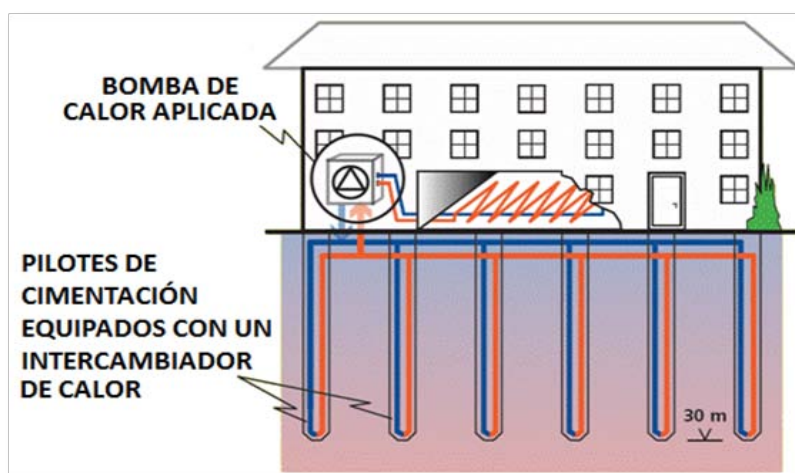


Ilustración 61. Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización. Fuente: Infos-Géothermie n° 1. Suisse énergie. 2001.

Un ejemplo de carácter novedoso, es el que se ha utilizado en las líneas de ferrocarril o trenes ligeros suburbanos de Wiener Linien GmbH (Viena). En estas líneas, las estructuras de sostenimiento lateral o de bóveda de los túneles están realizadas en hormigón armado con pantallas metálicas, a una profundidad que oscila entre 15 y 40-50 metros, con valores puntuales de hasta 100 metros, para evitar interferencias con cimentaciones de edificios o galerías de servicios. Estas grandes superficies intercambiadoras, situadas a una profundidad adecuada, son un excelente lugar para la instalación de un sistema de captadores de energía geotérmica.

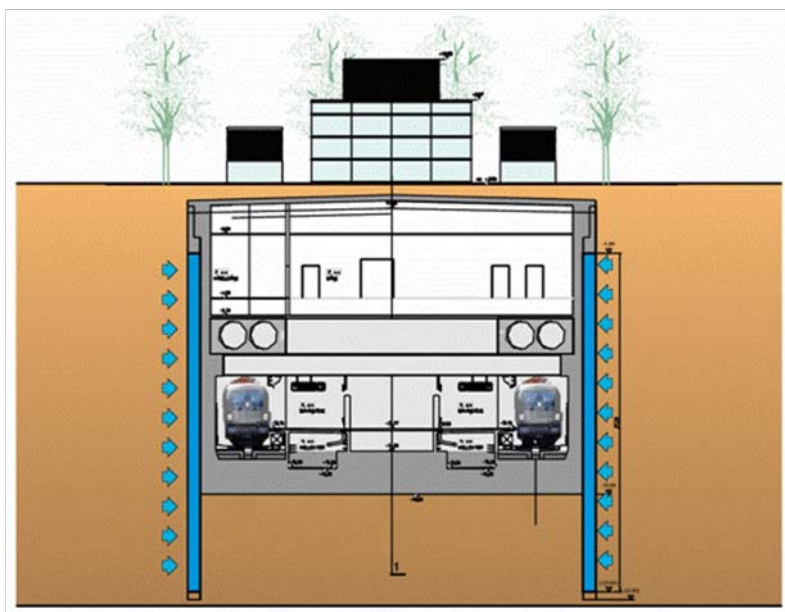


Ilustración 62. Pantallas geotérmicas en la estación U2/3 Praterstern del ferrocarril subterráneo de Viena (Austria). Fuente: www.enercret.com.

Este sistema de captadores, conectado a una BCGT sirve para la climatización de las propias estaciones de ferrocarril o, incluso, para la de grandes edificios en zonas próximas. Además, es una aplicación de muy bajo coste, pues la inclusión de los tubos captadores se realiza durante la ejecución de la obra, de la cual constituye una sobreinversión mínima.

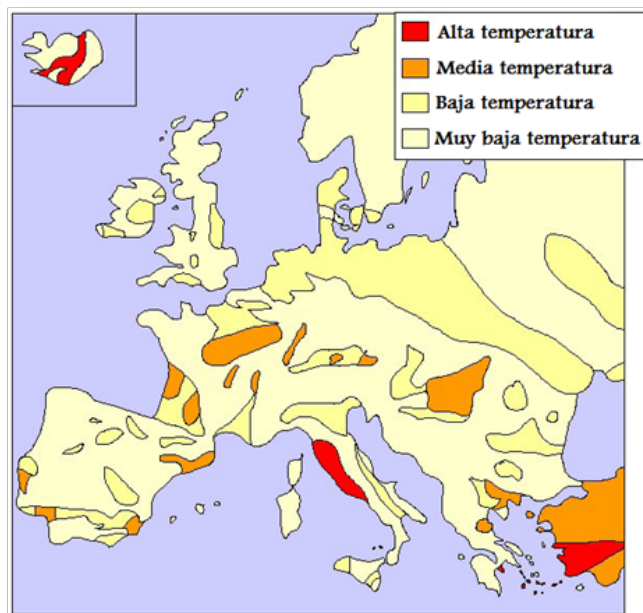
El único inconveniente reseñable es que los eventuales daños sufridos por un tubo captador no presentan fácil reparación pues no se pueden acceder una vez colocado y hormigonado el pilote o la pantalla. En este caso, es necesario sobredimensionar el número de pares de tubos captadores, de forma que si alguno debe ser inutilizado, siempre se cuente con el número mínimo calculado para cubrir las necesidades de aportación de calor a las bombas geotérmicas. De esta forma, el tubo captador quedaría fuera de uso embutido en la estructura resistente del sostenimiento.

2.6.3. IMPLANTACIÓN DE LA GEOTÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Europa

Los principales yacimientos de energía geotérmica de alta temperatura se encuentran en Italia, Islandia, Francia, Austria, Hungría, Bulgaria y en menor grado en Alemania y Suiza.

La principal tecnología existente en estos momentos para el aprovechamiento de geotermia de alta temperatura es la denominada “convencional”. Está relacionada con sistemas hidrotermales, asociados fundamentalmente, con áreas de vulcanismo activo. Aunque recientemente, se ha comenzado a reconocer el potencial de las zonas asociadas a cuencas sedimentarias profundas y a zonas de roca caliente seca o sistemas geotérmicos estimulados.



*Ilustración 63. Principales yacimientos de energía geotérmica en Europa.
Fuente: Antics and Sanner 2007.*

En 2010, el PER 2011-2020 indica que en Europa se han alcanzado los 1.500 MWe de potencia eléctrica instalada de energía geotérmica. El país europeo con una mayor potencia eléctrica instalada es Italia (843 MWe), seguido de Islandia (575 MWe), Portugal (29 MWe), Francia (16 MWe), Alemania (6,6 MWe) y Austria (1,4 MWe).

Los objetivos de potencia eléctrica instalada para Europa son de 6 a 10 GW para 2020 y 15 a 30 GW para el horizonte 2030. Estos objetivos sólo serán alcanzables con una adecuada reducción de costes en las diferentes tecnologías de generación.

Geotermia de Media y Baja Entalpía

En la Unión Europea, 16 de los 25 países desarrollaron aplicaciones ligadas al uso directo del calor de la energía geotérmica llegando a producir 2,5 Mtep en los países miembros de la Unión Europea y 1 Mtep en los demás países europeos.

Hungría es el primer país en utilización directa del calor proveniente de energía geotérmica (con un factor de capacidad⁸ de 0,47), seguido de Italia (con 0,36) y Francia

⁸ El factor de capacidad es el cociente entre la energía real consumida y la que se hubiera generado funcionando a plena carga durante en el mismo periodo.

(con 0,30). Los principales usos por orden de relevancia son baños termales y piscinas, seguido de calefacción de distrito e invernaderos.

En la UE la potencia instalada de energía geotérmica de muy baja temperatura al término de 2008, ascendía a 8.920 MWt con un total de 782.460 instalaciones. Sumada la producción geotérmica de uso directo, la potencia instalada total era de 11.450 MW.

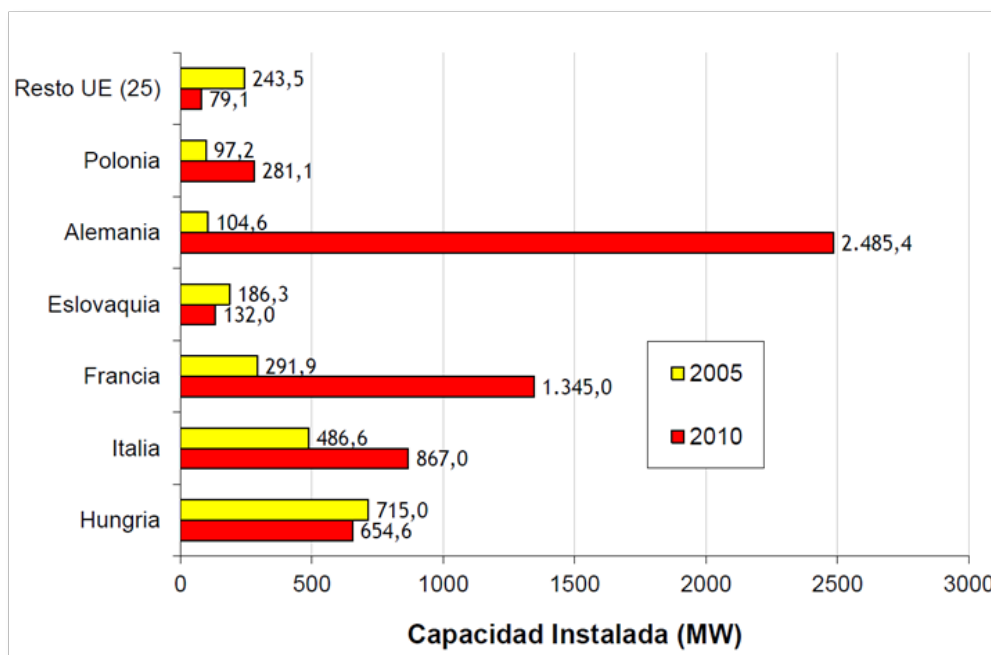


Ilustración 64. Potencia instalada en Europa de energía geotérmica de uso directo.

Fuente: PER 2011-2020.

Para el año 2010, según el European Geothermal Energy Council, la unión europea cuenta con una potencia superior a los 3.700 MWt instalados en sistema de calefacción urbana (*District heating*).

Geotermia de Muy Baja Temperatura

Las previsiones para la geotermia de muy baja temperatura, mediante la utilización de la bomba de calor, son muy favorables para los próximos años y se espera un importante crecimiento del sector. Esto es debido, tanto a la existencia de una gran diversidad de bombas de calor geotérmicas en el mercado, como a las actuales políticas de la Unión Europea enfocadas al aumento de la implantación de este tipo de sistemas de climatización, que a día de hoy ya son una realidad consolidada en el mundo.

Según el PER 2011-2020, las **bombas de calor geotérmicas** representan el 69,7% (35.236 MWt) de la potencia total instalada y el 49% (214.782 TJ/año) de la energía geotérmica utilizada a nivel mundial. La potencia individual de estas bombas oscila entre los 5,5 kW para usos residenciales, y más de 150 kW para las instalaciones comerciales e institucionales.

Suecia es el país de la UE con mayor capacidad instalada de bombas de calor geotérmicas, seguido de Alemania y Francia.

España

Actualmente en España no existen instalaciones geotérmicas de alta temperatura para generación de **electricidad**, aunque sí existe un gran y creciente interés en desarrollar proyectos de este tipo en el corto-medio plazo. Actualmente, existe una iniciativa para desarrollar un proyecto para producción de electricidad con geotermia de alta temperatura en Tenerife.

Respecto a la geotermia de **baja temperatura**, la potencia actual instalada corresponde a aplicaciones de usos directos del calor, principalmente a balnearios e invernaderos, realizados en los años ochenta. Por otro lado, se estima que, a partir del año 2015, varios proyectos de redes de distrito de calor, que actualmente están en fases de exploración e investigación o tramitando las autorizaciones administrativas, se deberían poner en marcha en Madrid, Burgos y Barcelona.

La geotermia **somera o de muy baja temperatura** para climatización es ya una realidad en España. Aunque históricamente los sistemas abiertos con bomba de calor han sido los más utilizados, a partir del año 2000, los sistemas cerrados comenzaron también a aplicarse.

Aunque en España, no se dispone de datos exactos sobre la potencia instalada de instalaciones geotérmicas de uso térmico, el PER 2011-2020, estima que la potencia actual instalada supera los 100 MWt, debido a sobre todo el gran aumento en los últimos años del uso de bombas de calor geotérmicas.

Aunque históricamente los sistemas abiertos con bomba de calor han sido los más utilizados, los sistemas cerrados comienzan a aplicarse en España a partir del año 2000 y, actualmente, cada vez se diseña y se construyen instalaciones de mayor potencia aplicadas a la calefacción y refrigeración de edificios del sector terciario. Este crecimiento tan lento de esta tecnología, se debe en parte, a que la energía geotérmica no fue considerada como energía renovable hasta la Directiva Europea 2009/28/CE. La geotermia no podía por lo tanto sustituir a la energía solar térmica o combinarse con ella para cumplir los requisitos de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del CTE. Todavía hoy existen comunidades autónomas, como Galicia y Asturias, que no la reconoce.

El principal reto de la geotermia para usos térmicos es la reducción de sus costes, en particular el coste de las perforaciones del intercambiador geotérmico y el coste de las bombas de calor.

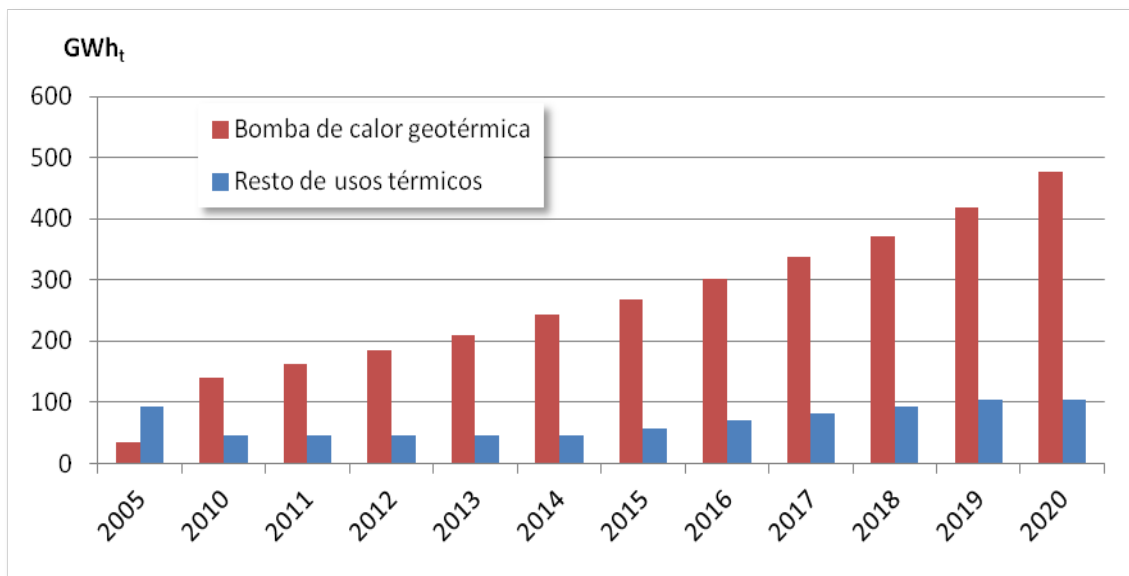


Gráfico 24. Evolución de las instalaciones geotérmicas para usos térmicos en España. Fuente: Borrador del PANER 2011-2020.

Según los datos recogidos en el PANER 2011-2020 (Gráfico 24), en los últimos años, el crecimiento del número de bombas de calor geotérmicas ha sido superior al 30 %. Este plan prevé que se establezca la tendencia actual y cuenta con una tasa de crecimiento de aproximadamente el 15 % durante los próximos 5 años, luego, a partir del 2015, una vez se haya consolidado el mercado, lo reduce al 10-12 %.

Según Eclareon [5], el patrón típico de las instalaciones de bombas de calor geotérmicas en España es una instalación en vivienda individual de obra nueva, con un circuito cerrado de captación vertical.

La segmentación del mercado español se puede observar en el Gráfico 25.

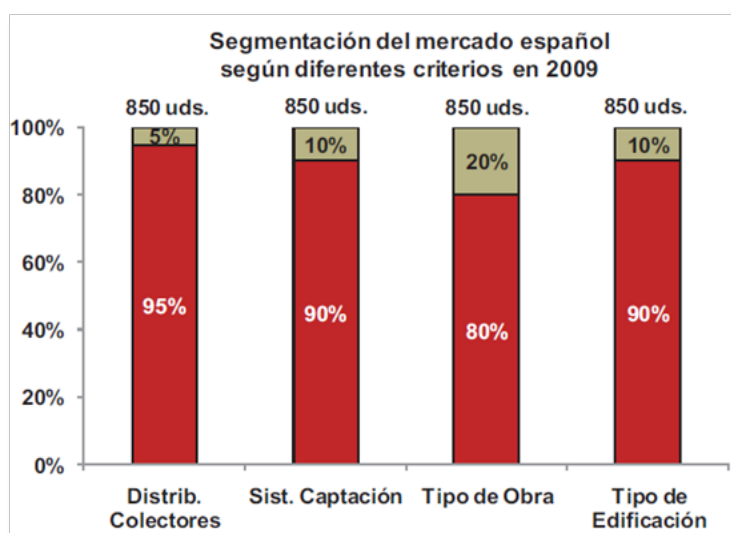


Gráfico 25. Segmentación del mercado español de BCGT. Fuente: Investigación de eclareon [5].

La amplia mayoría de las instalaciones (80 %) se realiza en viviendas de **nueva construcción**, aunque el número de instalaciones en **viviendas reformadas** - con un 20% del mercado - está en aumento.

En cuanto a la tipología de los edificios, el 90 % de las instalaciones se realiza en **viviendas unifamiliares**. Efectivamente, a pesar de que la eficiencia de la BCGT en edificios terciarios y bloques de viviendas sea mayor, actualmente el número de bombas de calor instaladas en estos edificios sólo representa el 10 % de instalaciones. Lógicamente, si se comparase la potencia instalada estos porcentajes variarían de manera notable.

En la actualidad, a pesar del colapso experimentado por el sector de la construcción, las expectativas de evolución de los precios de la energía en los próximos años están impulsando un crecimiento continuo de instalaciones geotérmicas de muy baja temperatura tanto en el ámbito doméstico como en el institucional, así como la creación de un mercado emergente de aplicación de la geotermia somera o de muy baja temperatura para climatización y ACS mediante bomba de calor.

Andalucía

En Andalucía, es destacable la existencia de un importante potencial para la implantación de sistemas de energía geotérmica mediante bomba de calor, en el entorno de las capitales de provincia, sobre todo Granada, Sevilla y Córdoba, donde una elevada densidad de población hace ya más rentable su uso en climatización.

El uso de la energía geotérmica se limita hoy en día mayoritariamente a la calefacción de edificios e invernaderos, refrigeración y agua caliente sanitaria. Los costes de instalación, aún elevados, la necesidad de financiación, el desconocimiento de la tecnología y el cauce administrativo explican su todavía escasa implantación en Andalucía.

Para incentivar el uso de la energía geotérmica en Andalucía y aumentar su aprovechamiento, la Agencia Andaluza de la Energía ha publicado un estudio de los recursos geotérmicos de Andalucía, denominado "Potencial Geotérmico en Andalucía". Este estudio analiza el potencial de los distintos tipos de recursos geotérmicos, presentando: los recursos y reservas geotérmicas de Andalucía, la selección de áreas más favorables y tecnologías aplicables en las mismas, la factibilidad técnico-económica de su explotación y un catálogo de propuestas que abarcan desde el marco normativo a la difusión de resultados y profundización de conocimientos; de esta manera se tiene una información de fácil manejo y accesible a todos.

Desde 2009 distintas instalaciones ya están funcionando: en Ronda, la Escuela Infantil Colores con instalación de calefacción, aire acondicionado y agua caliente sanitaria, en Sevilla la sede del Parlamento de Andalucía para la climatización del edificio (frío y calor) así como varias instalaciones de usuarios particulares.

2.6.4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] LIZAUR, Amaya; NUÑEZ-DALY, Emma. “National Renewable Energy Legislation and implications for the geothermal sector”. En: *Dublin GTRH Conference* [en línea]. APPA. Dublín: octubre 2009. [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <[http://www.gtrh.eu/downloads/Lizaur%20Geothermal%20energy-Spain%20\(APPA\)%20Dubl%20n.pdf](http://www.gtrh.eu/downloads/Lizaur%20Geothermal%20energy-Spain%20(APPA)%20Dubl%20n.pdf)>
- [2] ESTUDIO DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS EN ANDALUCÍA. TOMO I – MEMORIA Y MAPAS [en línea]. AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA. Ed. diciembre 2009, [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/agenciadelaenergia/portal/com/bin/contenidos/proyectos/areas/energiasRenovables/hidraulicasNuevasEnergias/potencial_geotermico/1300195570334_estudio_recursos_geotermicos_andalucxa.pdf>
- [3] “Línea de Financiación de Grandes Instalaciones de EERR Térmicas en Edificación” Biomasa - Solar – Geotermia [en línea]. IDAE. Rev. Abril 2011, [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Presentacion_programa_GIT_bedaeeb6.pdf>
- [4] « *État des Énergies Renouvelables en Europe* » [en línea]. EurObserv'ER. Ed. 2010, [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.eurobserv-er.org/pdf/barobilan10.pdf>>
- [5] II CONGRESO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN Y LA INDUSTRIA. LIBRO DE ACTAS. Madrid, 2010. 552 p. ISBN: 978-84-613-8588-1
- [6] LUNA GONZÁLEZ, Juan Pedro; DE ISABEL, Juan Antonio. “ESTADO ACTUAL DE LA NORMATIVA Y PROCEDIMIENTOS DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES GEOTÉRMICAS”. En: I CONGRESO DE ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN Y LA INDUSTRIA [en línea]. Dirección General de Industria, Energía y Minas. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA. Madrid: octubre 2008, [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.geoener.es/pdf/2008/juan-pedro-luna-estado-actual-de-situacion-normativa.pdf>>
- [7] España. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. 30 de junio de 2010, p. 173.
- [8] CALVO SORANDO, José Pedro. “Energía geotérmica para el siglo XXI”. IGME. *Cuadernos de Energía*. 2006, nº 14. p. 64-68.
- [9] ELLIS, Daniel. “*Geothermal Heat Pumps: Harnessing On-Site Renewable Energy to Meet Energy-Efficiency and Climate Change Goals*” [en línea]. [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <http://www.geoexchange.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=15:igshpa-conference-presentations&Itemid=182>
- [10] ELLIS, Daniel. “*Geothermal Heat Pumps Public Policy Update*” – October 2010 [en línea]. Octubre 2010. [ref. de junio de 2011]. Disponible en Web: <http://www.geoexchange.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=15:igshpa-conference-presentations&Itemid=182>

2.7 SUBVENCIONES

2.7.1. ESPAÑA

“BIOMCASA, SOLCASA Y GEOTCASA”

En los últimos años, el IDAE está pretendiendo dar un impulso a las energías renovables en usos térmicos, para instalaciones de ACS, calefacción y climatización de edificios. La idea es que paulatinamente se vayan sustituyendo las clásicas calderas que emplean combustibles fósiles por calderas de biomasa o por instalaciones geotérmicas o solar-térmicas. Para ello, a partir de mayo del 2009, se pusieron en marcha los programas **GEOTCASA**, **BIOMCASA** y **SOLCASA**, orientados a la financiación de instalaciones geotérmicas, de biomasa y solar-térmicas, respectivamente.



Estos programas tienen como objetivo extender el uso de la biomasa, solar térmica y geotérmica como fuentes de energía renovables en edificios, mediante instalaciones adaptadas a las necesidades específicas del usuario, ofreciendo al cliente un servicio integral de energía (a través de ESEs), garantizando el cumplimiento de la reglamentación aplicable, maximizando la eficiencia energética y garantizando el suministro de la fuente energética.

Con el fin de cubrir las necesidades de financiación para grandes instalaciones de producción de energía térmica en la edificación, a partir del aprovechamiento de las energías renovables (tanto biomasa, como solar térmica y energía geotérmica), nace esta nueva convocatoria destinada a aquellos proyectos que, por su tamaño y complejidad, queden fuera de los límites establecidos en las convocatorias de los programas BIOMCASA, SOLCASA y GEOCASA, promovidos por el IDAE.



El **Programa GIT** para la ejecución de Grandes Instalaciones Térmicas en la edificación, pretende complementar los programas BIOMCASA, SOLCASA y GEOCASA, estableciendo un sistema de financiación de grandes instalaciones en estas áreas, que continúe el impulso de una oferta de calidad y adaptada a las necesidades de los usuarios de agua

caliente y climatización en edificios, todo ello en el marco del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.

Para poder acogerse a estos programas, cualquier ciudadano, comunidad, asociación o administración, deberá obligatoriamente contar con una empresa de servicios energéticos autorizada, que lleve a cabo el proyecto técnico.

Las empresas de servicios energéticos (ESE) forman una categoría propia desde que la Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006 les otorgó carta de naturaleza. La definición de esta actividad es la siguiente: “Se define la Empresa de Servicios Energéticos como una persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo. El pago de los servicios prestados se basará en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos.”

Además, para que estas ESEs puedan participar en dichos programas, deberán ser habilitadas por el IDAE. Este procedimiento comprobará el cumplimiento de los requisitos de solvencia técnica y económico-administrativa; y la capacidad de dar los siguientes servicios:

- Simulación, ensayos TRT y/o sondeos geotérmicos previos (GEOTCASA).
- Diseño básico y de detalle de las instalaciones.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de instalaciones “llave en mano”.
- Operación y mantenimiento.
- Suministro de biomasa (BIOMCASA).
- Facturación de los servicios en base a la energía consumida por el cliente.

Para que la ESE sea **habilitada en el programa GIT**, tendrá que cumplir unos **requisitos adicionales**:

1. Ser ESE habilitada en el programa:
 - BIOMCASA, si se desea habilitar en GIT de Biomasa.
 - SOLCASA , si se desea habilitar en GIT Solares.
 - GEOTCASA , si se desea habilitar en GIT Geotérmicas.
2. Capacidad, estructura y medios adecuados:
 - Documentación administrativa.
 - Documentación para acreditar solvencia técnica y económica:
 - Relación de los servicios o trabajos realizados de similares características al objeto de la convocatoria (grandes proyectos), que incluya detalle de los trabajos, fechas y promotores públicos o privados de los mismos.
 - Descripción detallada de las diferentes tecnologías utilizadas en los grandes proyectos a realizar, y justificación de la fiabilidad basada en rendimiento, COP, EER, emisiones, prestaciones y calidad para el usuario.

- Declaración responsable con el compromiso de actuación como sociedad de servicios energéticos para grandes proyectos, indicando los contenidos contractuales que pretende aplicar a los usuarios. Fórmula de facturación a los usuarios y precios aplicados.
- Declaración responsable del representante de la empresa aceptando expresamente las condiciones del programa.
- (Biomcasa GIT) Medios con los que se cuenta para asegurar el suministro de combustible, indicando, entre otras cuestiones: proveedores, tipo y cantidad de combustible y forma de asegurarlo durante la vida del proyecto.

La Tabla 32 indica los derechos y obligaciones que adquiere la ESE al ser habilitada por el IDAE para acogerse a los programas GEOTCASA, BIOMCASA y SOLCASA.

Tabla 32. *Derechos y obligaciones de las ESEs habilitadas.*

EMPRESA DE SERVICIOS ENERGÉTICOS HABILITADA	
DERECHOS	OBLIGACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a la Financiación de proyectos previamente aceptados por IDAE. • Participar en los procesos de promoción y divulgación de IDAE. • Hacer uso del anagrama de cada programa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener los estándares de calidad (RITE, Guías Técnicas de IDAE,...) • Facturar sus servicios (incluyendo la nueva instalación) a precios al menos un 10% inferiores a los obtenibles con combustibles fósiles.

Un factor fundamental en el planteamiento de estos programas es el hecho de que, durante todo el contrato de servicios energéticos, la Instalación es propiedad de la ESE, y no del cliente. Es decir, la ESE utiliza y explota su instalación en casa del cliente para entregar la energía demandada al precio pactado, por lo que mantenerla y gestionarla de forma eficiente redundará en suprapropio beneficio. Esto garantiza instalaciones en condiciones óptimas de servicio, en favor de sus usuarios y de un uso eficiente de la energía.

Las funciones desempeñadas por cada uno de los entes que participan en el ciclo de vida de la financiación de la instalación, se resumen en la Ilustración 65. Cabe destacar, que las ESEs deben garantizar al cliente, el compromiso de cobro de precios máximos con una rebaja mínima del 10%, incluida la financiación de equipos, conforme al precio de la energía convencional.

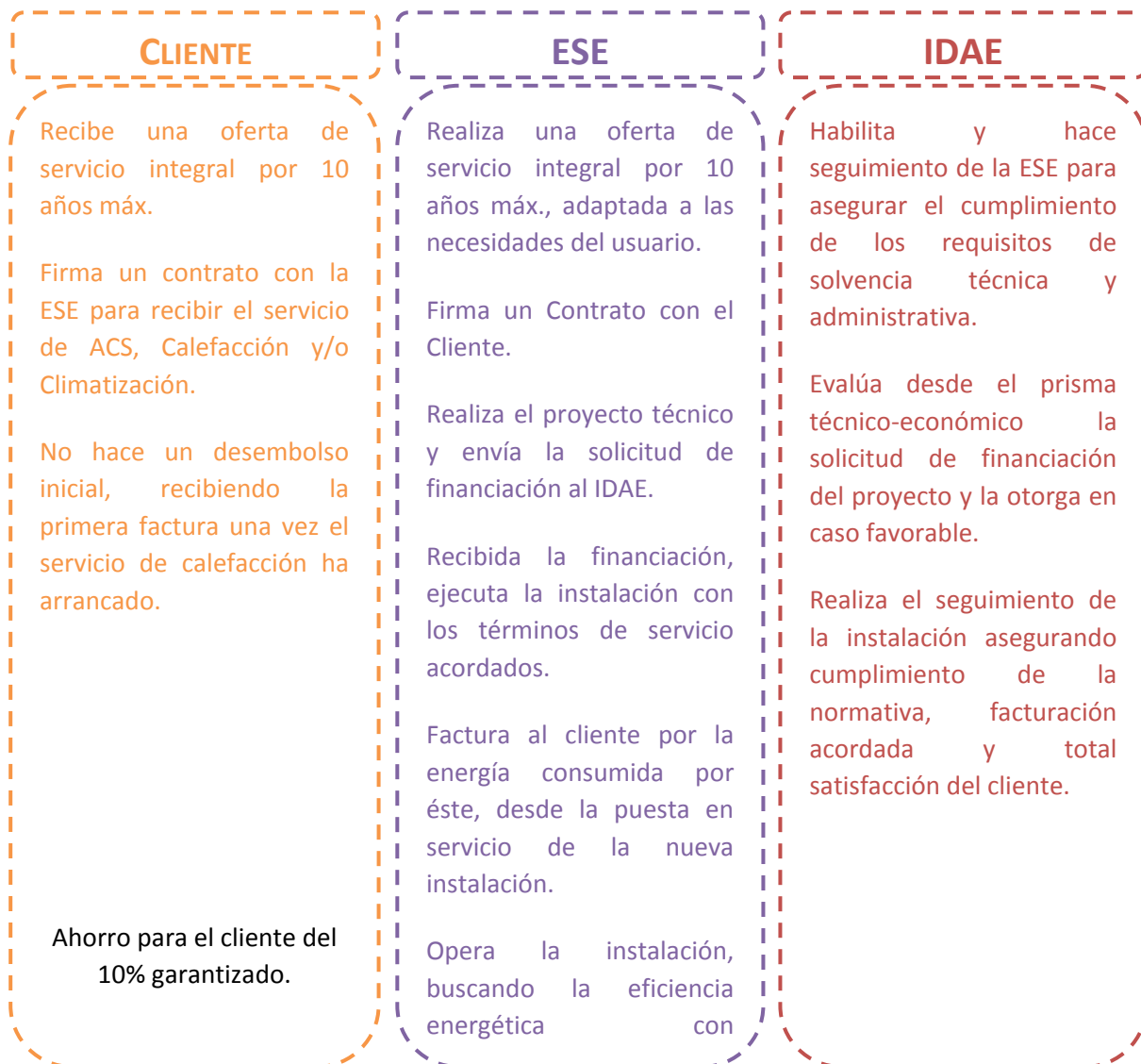


Ilustración 65. Ciclo de vida de la instalación financiada.

Por otro lado, a parte de los límites absolutos de financiación por proyecto, correspondientes a cada uno de los programas, en función de la tipología de la instalación, existirán unos límites por kW instalado.

La Tabla 33 muestra las características de cada uno de los programas descritos anteriormente, además resume cuantitativamente los distintos factores que caracterizan la financiación ofrecida por estos programas.

Tabla 33. *Resumen de las características de los programas GEOTCASA, BIOMCASA, SOLCASA y sus correspondientes GIT.*

	Edificios			Grandes Instalaciones
	BIOMCASA Biomasa Térmica	SOLCASA Solar Térmica	GEOTCASA Energía Geotérmica	GIT
BOE	4719, 13 Marzo 2009	8054, 13 Mayo 2010	8053, 13 Mayo 2010	7441, 7 Abril 2011
Dotación Económica Programa	5.000.000 + 3.000.000 €	5.000.000 €	3.000.000 €	17.000.000 €
Financiación Máxima/ Instalación	100%	100%	100%	80 %
Coste Máx. Financiable/ Proyecto	hasta 350.000 €	desde 20.000 € hasta 250.000 €	hasta 350.000 €	GIT BIOMCASA: desde 350 K€, hasta 3 M€ GIT SOLCASA: desde 250 K€, hasta 3 M€ GIT GEOTCASA: desde 350 K€, hasta 3 M€
Limites financiables por kW	400 a 800 €/kW	1.000 a 1.850 €/kW	500 a 2.200 €/kW	BIOM: 400-950 €/kW SOL: 1.000-1.850 €/kW GEOT: 800-2.600 €/kW
Límite Máx. Financiación Acumulada Programa	1.000.000 €	1.000.000 €	1.000.000 €	5.000.000 €

ICAREN – Incentivo al Calor Renovable

El ICAREN, programa mencionado en el PER 2001-2020, incentivará el suministro de energía térmica. Aún no está desarrollado pero el sistema retributivo de ICAREN se basará en establecer un incentivo económico al kWh producido que percibirá la ESE que ejecute y gestione la instalación.

Este incentivo será determinado por un modelo económico-financiero regido por el criterio básico de: viabilizar económicamente la inversión permitiendo que el usuario se beneficie de un cierto ahorro en sus costes energéticos y la ESE logre un retorno razonable de su inversión.

En concreto, el incentivo vendrá determinado bajo el criterio de que añadido a un Precio de Referencia, permita desarrollar la actividad haciendo frente a los costes de amortización y financiación, operación

2.7.2. ANDALUCÍA

Desde 2006, el IDAE⁹ ha trasladado la gestión de las subvenciones a las comunidades autónomas, ya que el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio tiene transferidas estas competencias. Cada comunidad define el tipo de instalaciones que desea subvencionar, bajo qué criterios y condiciones, con el fin de cumplir la meta que el PER les asigna.

La Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía ha delegado la gestión del “**Programa de Subvenciones para el Desarrollo Energético de Andalucía**” a la Agencia Andaluza de la Energía, la cual tiene encomendadas las competencias de tramitación, análisis y resolución de las solicitudes, así como las de control y análisis de la justificación, pago, revocación y reintegro, en su caso, de las subvenciones concedidas. Este Programa de Subvenciones, está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional e incorporado en el Programa Operativo FEDER Andalucía 2007-2013, y por los fondos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través de los convenios firmados entre la Agencia Andaluza de la Energía y el IDAE.

La **Orden de 4 de febrero de 2009**, publicada en el BOJA número 30 de 13 de febrero de 2009 y modificada por la **Orden de 7 de diciembre de 2010**, publicada en BOJA número 244 de 16 de diciembre de 2010, establece las bases reguladoras del “Programa de Subvenciones para el Desarrollo Energético de Andalucía”, para los años 2009 a 2014. Esta orden está provista de un fondo de 480 M€. El plazo de presentación de solicitudes finalizará el 30 de diciembre de 2014.

Existen cinco Programas Específicos: Programa **PROSOL**, Programa de Vehículos Eficientes, Plan **Renove de Ventanas** de Andalucía, Programa de **Iluminación Eficiente** de Andalucía y Programa de **Climatización Eficiente** de Andalucía. En todos estos Programas las solicitudes se tramitan a través de las empresas colaboradoras, proveedoras del bien o servicio subvencionado.

⁹ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Este Programa de Subvenciones está dirigido a *empresas, fundaciones, asociación o agrupación de empresas, administración local, entidades públicas y ciudadanos o agrupaciones de los mismos*; para subvencionar todo tipo de proyectos que estén relacionados con:

1. El fomento del ahorro y la eficiencia energética.
2. La producción de energía a partir de fuentes renovables¹⁰.
3. El mejor aprovechamiento de la energía y la valorización de calores residuales.
4. La redacción de consultorías y auditorías energéticas, estudios de viabilidad y acciones de difusión.
5. La mejora y desarrollo de las infraestructuras para el transporte y la distribución de energía en Andalucía.

En lo referente a la incorporación de energías renovables, la intensidad máxima de la ayuda sobre el coste subvencionable¹¹ cubre hasta un 45 % en el caso de grandes empresas, un 55 % en medianas empresas y no empresas, y un 65 % en pequeñas empresas. Sólo son susceptibles de recibir subvención aquellas instalaciones que superen los mínimos legales; es decir, no se concede una ayuda por cumplir lo que dice la ley, sino por llegar un poco más lejos, siendo más exigentes o proponiendo soluciones innovadoras.

Las subvenciones concedidas por esta orden y los programas anteriores (desde 2005) han cubierto como media el 19,9 % de la inversión. El programa actual es el que mayor subvención está aportando, llegando al 28,83 % de media.

En cuanto a la eficiencia energética en la edificación, también se puede conseguir una subvención para los edificios de alta calificación energética que obtiene una clase A o B,

Para la producción de energía térmica se subvencionan las siguientes instalaciones:

- Instalaciones **solares térmicas** para producción de agua caliente, que incorporen, al menos, un intercambiador de calor.
- Instalaciones de intercambio **geotérmicos** integradas en el sistema de climatización de edificios nuevos o existentes.
- Instalaciones de **biomasa, biogás o biocarburantes** para uso finales térmicos de una potencia superior a 5 kW térmicos.

¹⁰ No se incluyen como subvencionables los proyectos de producción de energía eléctrica conectados a la red, incluidos en el régimen especial de producción de electricidad.

¹¹ La orden establece un “coste subvencionable” y la metodología para calcularlo. El coste subvencionable es el máximo coste que podría recibir subvención, que normalmente no coincide con el coste total de la instalación.

Capítulo 3. Importancia de las Medidas Pasivas

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se estudiará en detalle el comportamiento térmico de dos edificios de viviendas; un bloque de viviendas y una vivienda unifamiliar adosada. Se presenta a continuación la geometría de estos edificios.

En los anexos I y II se encuentra el detalle de las características de los cerramientos. Se han elegido transmitancias térmicas y factores solares de los elementos del envoltente de manera a que la demanda térmica de los edificios cumple con la opción general del CTE (LIDER) para las distintas climatologías estudiadas.

Primero se estudiarán las medidas pasivas que permiten disminuir las demandas energéticas en calefacción y refrigeración. Luego se repararán los sistemas de calefacción y refrigeración más comunes usados en viviendas en Andalucía analizando la eficiencia de estos sistemas así como las mejoras en la calificación energética y la integración de energías renovables.

3.1.1. BLOQUE DE VIVIENDA

Este bloque se compone de cuatro plantas; una planta baja no habitable y 3 plantas residenciales acondicionadas. La superficie de las plantas habitables es de 138 m², cada vivienda midiendo 69 m².

La orientación del edificio es oeste-este. Se considera que el bloque tiene edificios adyacentes en el norte y el sur, por lo que estos cerramientos son adiabáticos y se modelizan como medianeras, a la excepción de una pequeña ventana que representa la presencia de un patio de luz.

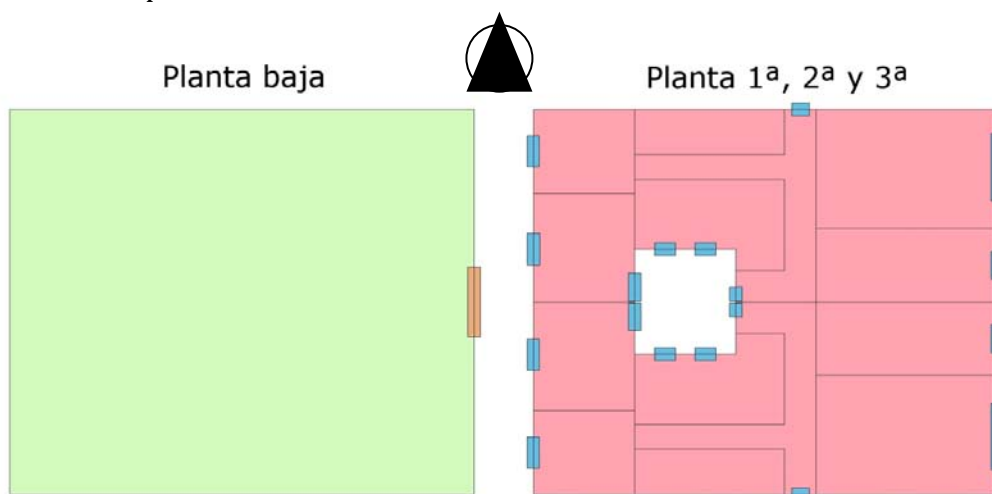


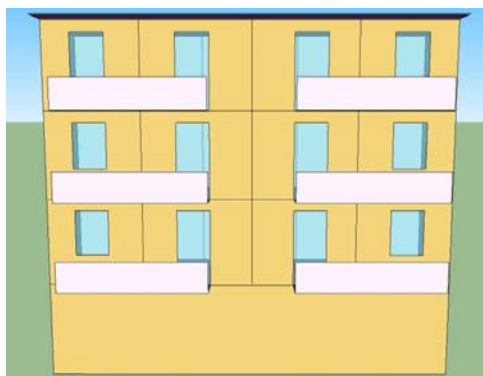
Ilustración 66. Distribución en planta. Bloque de vivienda.

La fachada este es la que más porcentaje de hueco tiene con 37 % de su superficie. En esta fachada, cada vivienda cuenta con una ventana de 1,3 por 0,9 m y un ventanal de 2 por 1,9 m dando a un balcón. La fachada oeste tiene menos superficie con una puerta acristalada y una ventana en cada vivienda.

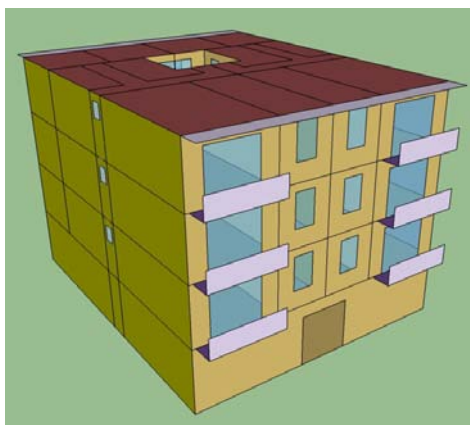
En los cerramientos sur y norte, descontando las medianeras adiabáticas, las fachadas tienen 21 % de huecos; una ventana en el perímetro del edificio que da al pasillo, y dos pequeñas ventanas por planta que dan al patio interior.



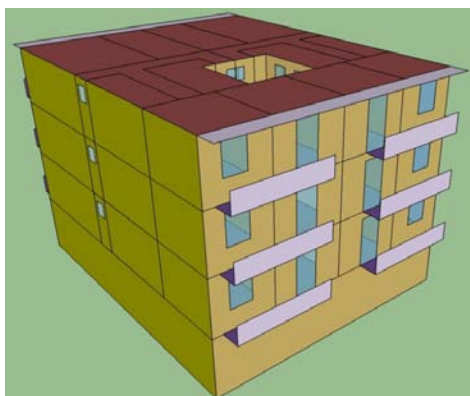
Fachada este



Fachada oeste



Vista en perspectiva de la fachada este y sur adiabática



Vista en perspectiva de la fachada oeste y sur adiabática

Ilustración 67. Fachadas. Bloque de vivienda.

3.1.2. VIVIENDA UNIFAMILIAR

La vivienda unifamiliar consta de un sótano corrido, dos plantas y una cubierta a dos aguas. El sótano y el espacio bajo la cubierta se consideran no habitables mientras la planta baja y la primera están acondicionadas.

Se ha atribuido a cada habitación una zona térmica. La Ilustración 68 muestra la distribución en planta.

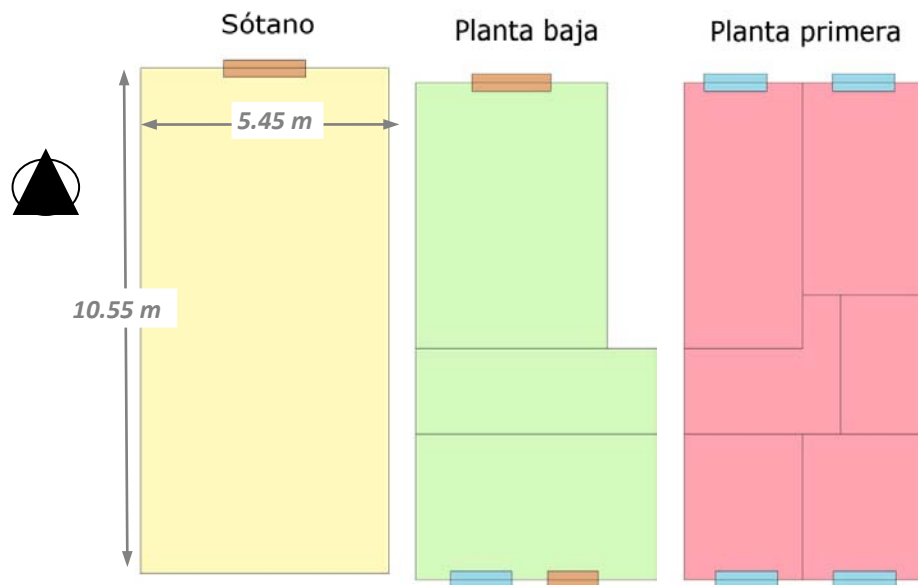


Ilustración 68. Geometría del edificio objeto. Vivienda unifamiliar.

Las fachadas principales dan al norte y al sur, los cerramientos este y oeste siendo medianeras adiabáticas. El sótano está semienterrado, de modo que la fachada sur queda bajo tierra y la norte está expuesta al exterior.

El porcentaje de hueco es el mismo en las dos fachadas, la fachada norte cuenta con dos ventanas, una de las dos abriéndose en un balcón, mientras la fachada sur tiene 3 ventanas.

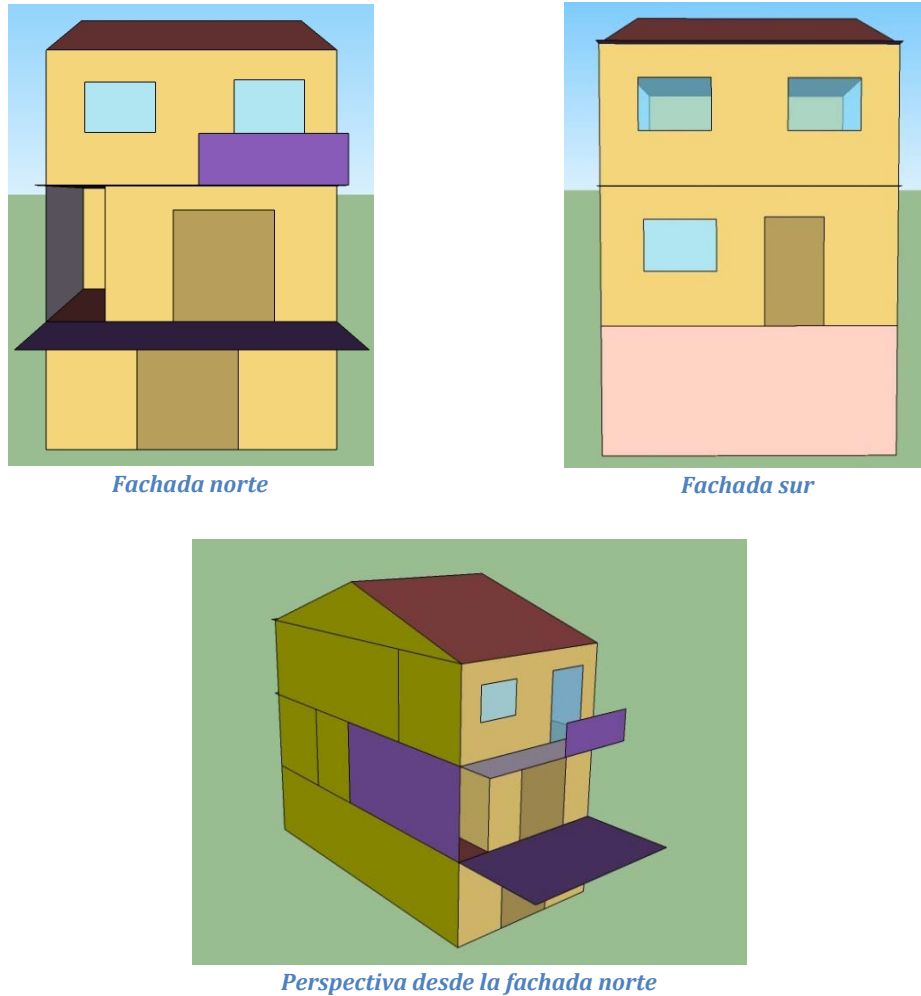


Ilustración 69. Geometría del edificio objeto. Vivienda unifamiliar.

3.1.3. CLIMATOLOGÍAS

En cuanto a las climatologías, Andalucía presenta gran variedad de climas, cubriendo las 12 zonas climáticas definidas por el CTE. Para simplificar el estudio se han elegido tres zonas en las que se estudiará el comportamiento de los dos edificios.

Tabla 34. Climatologías Estudiadas.

Granada	C3
Málaga	A3
Sevilla	B4

Los siguientes gráficos muestran las temperaturas y la radiación en las tres ciudades estudiadas. Se han promediados los valores diarios de la semana en la que se alcanzan las temperaturas máximas y mínimas del año.

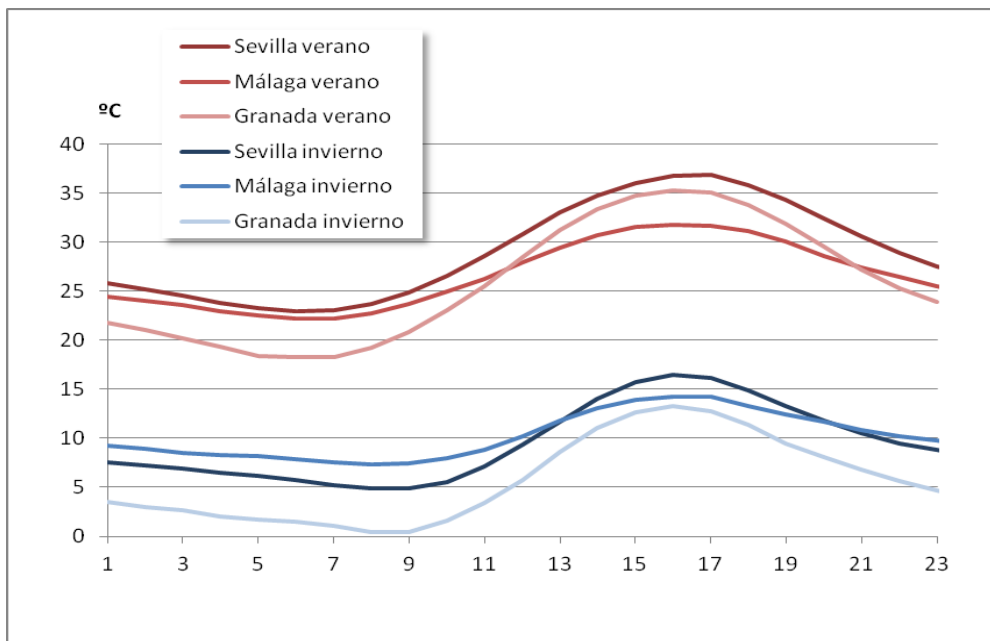


Gráfico 26. Temperaturas promediadas. Verano e Invierno. Granada - Málaga - Sevilla.

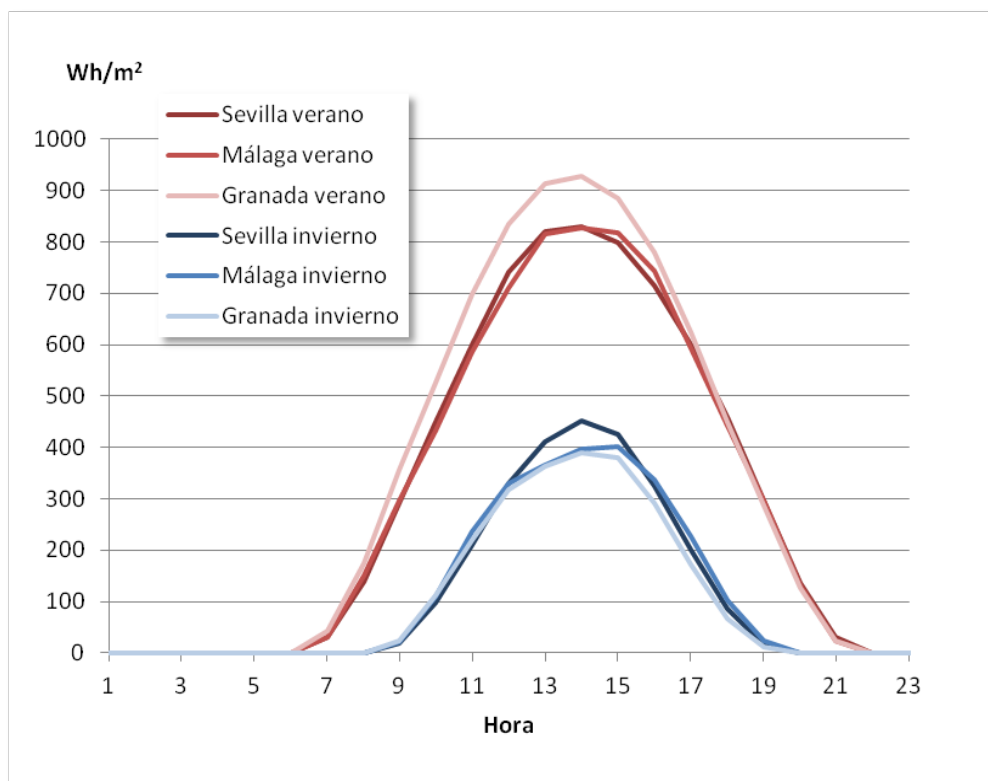


Gráfico 27. Radiación global horizontal. Verano e Invierno. Granada - Málaga - Sevilla.

Granada

El clima de Granada se caracteriza por tener unos inviernos fríos y unos veranos calurosos (zona C3), así como una gran amplitud térmica a lo largo del día. En verano la radiación

recibida es bastante más alta que la de las otras dos ciudades estudiadas, y de las más altas de España.

En edificios residenciales, según los criterios de cálculos definidos para la opción general, la demanda de calefacción es mucho mayor que la de refrigeración, del orden del 75 % de la demanda total.

Málaga

La climatología de Málaga es A3. Se caracteriza por un verano caluroso y un invierno suave. La amplitud térmica es reducida tanto en verano como en invierno. Málaga es, junto con Almería, la provincia de Andalucía que más horas de luz recibe al año en España.

Sevilla

El clima de Sevilla tiene un verano muy caluroso (4) alcanzando temperatura de más de 35º, y un invierno suave (B) con temperaturas diurnas superiores a los 5º. En invierno es de las ciudades que mayor radiación recibe en España.

3.2 DEMANDA

3.2.1. DEMANDA INICIAL

Los casos base elegidos como partida para el estudio de la medidas de ahorro energético, serán los correspondientes al edificio de referencia definido en el DB-HE.

Bloque de Viviendas

En Granada la demanda en calefacción del edificio de viviendas es el triple de la demanda de refrigeración (relación típica para las zonas C3) alcanzando 44,8 kWh/m².

Málaga se caracteriza por un clima moderado tanto en invierno como en verano. Las demandas de este bloque de vivienda muestran la equivalencia de estas demandas con un valor de 18 kWh/m² en demanda de calefacción y refrigeración.

Finalmente el clima de Sevilla se caracteriza por una demanda de refrigeración de 26,96 kWh/m² superior de 5 kWh/m² a la demanda de calefacción.

Tabla 35. *Demandas de calefacción y refrigeración. Bloque.*

kWh/m ²	Calefacción	Refrigeración	Total
Granada	44.87	14.07	58.94
Málaga	18.17	18.76	36.93
Sevilla	21.02	26.96	47.98

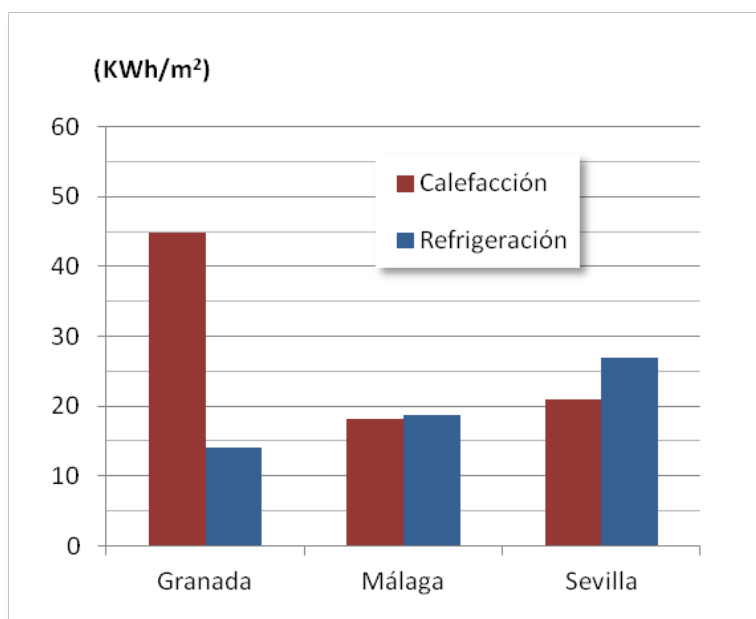


Gráfico 28. *Demandas Bloque de viviendas. Granada - Málaga - Sevilla.*

Vivienda Unifamiliar

Tabla 36. Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda Unifamiliar.

kWh/m ²	Calefacción	Refrigeración	Total
Granada	61.83	6.03	67.86
Málaga	25.89	12.15	38.05
Sevilla	32.11	19.37	51.49

En este caso de vivienda unifamiliar, la demanda de refrigeración es inferior a la demanda de calefacción en todas las climatologías estudiadas.

Como para el bloque de viviendas, en Granada la demanda de calefacción es mucho mayor a la demanda de refrigeración, en este caso superando por 10 veces la demanda de refrigeración (61 kWh/m² respecto a 6 kWh/m²).

Está claro que en Granada habrá que favorecer las medidas pasivas que aumentan los aportes solares y reducen las pérdidas de calor a través del envolvente en invierno.

En Málaga, la demanda de refrigeración corresponde al 50 % de la demanda de calefacción de 25,89 kWh/m² mientras en Sevilla la demanda de refrigeración llega a ser el 60 % de la demanda de calefacción.

Si se comparan los resultados entre los dos edificios, se observa que para las tres climatologías la demanda total a lo largo del año, como era de esperar, es superior para la vivienda unifamiliar (ver Tablas 35 y 36).

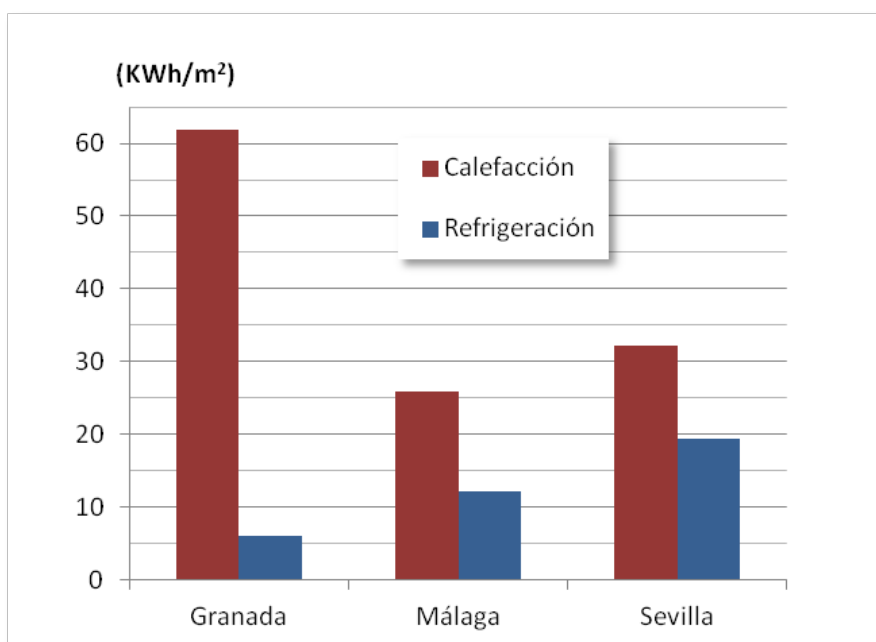


Gráfico 29. Demandas Vivienda Unifamiliar. Granada - Málaga - Sevilla.

3.2.2. ORIENTACIÓN

El diseño bioclimático persigue la adaptación de los edificios a su entorno, aprovechando los recursos naturales de forma pasiva, con el mínimo uso de sistemas de climatización, para conseguir condiciones de confort a lo largo de todo el año. La arquitectura bioclimática tiene en cuenta aspectos como la geometría, la orientación, el aislamiento, la distribución de las estancias, la localización sobre el terreno, etc.

Uno de los aspectos fundamentales es el **aprovechamiento de la radiación solar** de forma directa. En todo el hemisferio norte del planeta, se maximiza la captación solar orientando las fachadas con mayor superficie de ventanas y las zonas de mayor uso hacia el sur. De esta forma, en invierno, los rayos de sol calentarán de manera gratuita las estancias limitando el uso de sistemas de calefacción. Para que en verano no se sobrecalienten los edificios se colocan protecciones solares, como voladizos o lamas, sobre los huecos orientados al sur.

Para aprovechar al máximo la radiación solar hay que tener muy presente la trayectoria que sigue el sol a lo largo del año (ver Ilustración 70). En invierno, en España, el recorrido es corto y los rayos están muy inclinados sobre la vertical. El sol amanece en el sureste (con 30° de desviación respecto al Este) y se pone en el oeste. En verano, el recorrido es largo y los rayos son mucho más verticales lo que facilita la protección de los huecos orientados al sur. La instalación de pequeños voladizos, toldos o persianas, limitará de manera muy eficiente la entrada de radiación solar. En verano, el sol amanece en el noreste (con 30° de desviación respecto al Este) y se pone en el noroeste.

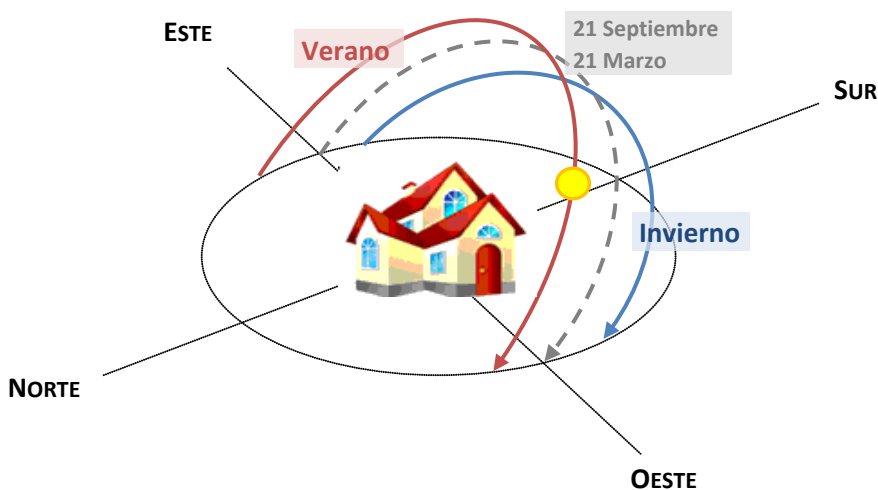


Ilustración 70. Trayectorias solares.

Los Gráficos 30 y 31 muestran los resultados de demandas tras cambiar la orientación del bloque de viviendas, definido en el caso base, para el clima de Granada.

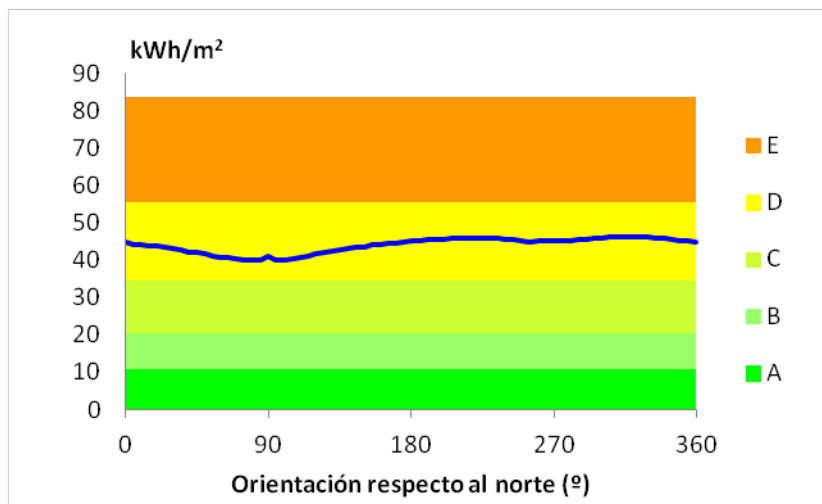


Gráfico 30. Demanda de calefacción en función de la orientación. Bloque. Granada.

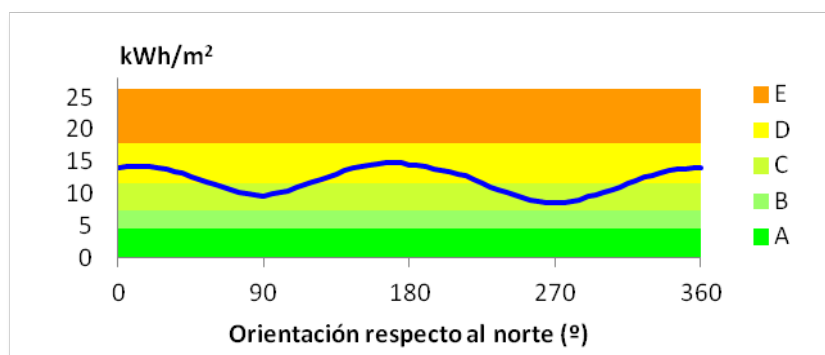


Gráfico 31. Demanda de refrigeración en función de la orientación. Bloque. Granada.

La orientación inicial (0°) corresponde a la disposición inicial del bloque con sus fachadas principales orientadas este-oeste. Se observa que girando el edificio de 90° se consigue minimizar tanto la demanda de calefacción como la de refrigeración. Efectivamente la orientación sur de los huecos permite a la vez una mayor captación de la radiación solar en invierno y una minimización de las ganancias solares en verano.

Se observa que en refrigeración la variación de la orientación consigue mejorar de manera significativa la demanda pasando de D para el caso base a C (casi B) cuando se gira el edificio de 270° .

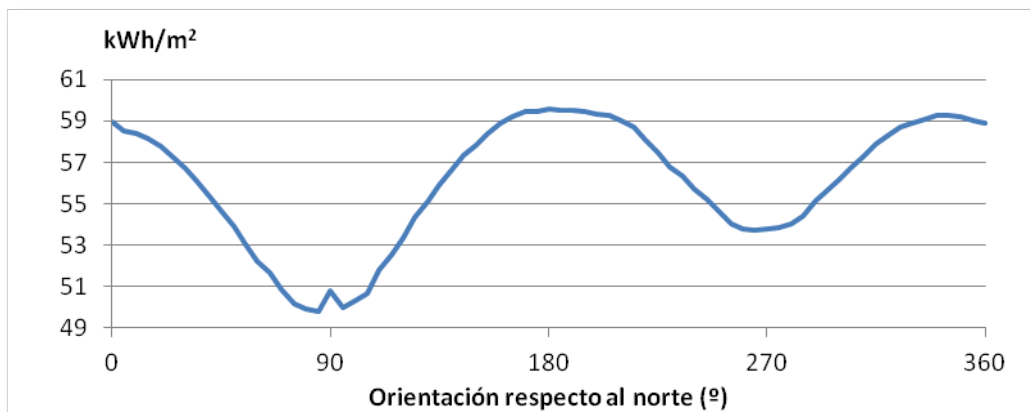


Gráfico 32. Suma de demanda de calefacción y refrigeración según orientación. Bloque de viviendas. Granada.

La orientación de un edificio depende del proyectista pero también del emplazamiento de la parcela. Está claro que no todos los solares permiten optimizar esta orientación. Por esta razón es imprescindible que se tomen en cuenta criterios de eficiencia energética en la planificación urbanística desde el inicio de esta planificación.

Hay que destacar que aparte de reducir la demanda energética de calor y frío del edificio, una buena orientación también permite reducir los gastos energéticos asociados a la iluminación.

3.2.3. COMPACIDAD

Para realizar un estudio de la compacidad, hay que tener muy presente la definición de la misma, entendiéndose ésta como la relación entre el volumen acondicionado y su correspondiente área de envolvente. En una primera valoración, la intuición nos dice que un edificio más compacto tendrá una demanda energética inferior, pues en cierto modo reducimos la superficie con el exterior y las correspondientes pérdidas asociadas a la misma.

El estudio de la compacidad, se hace un tanto difícil de cuantificar, pues para distintas tipologías de edificios se encuentran soluciones constructivas, disposición y porcentaje de huecos muy diferentes. Por tanto, comparar edificios con distintas compacidades no arroja resultados que se puedan comparar.

Para estudiar el comportamiento de las demandas energéticas asociadas a un aumento de la compacidad, se usa un ejemplo de “caja” opaca con las siguientes características:

- No existen huecos.
- Todos los edificios tienen una superficie construida de 100 m².

El edificio es de una planta con 3m de altura, por lo que el volumen acondicionado es de 300m³. Los cerramientos exteriores y la cubierta usan los mismos materiales. Cabe destacar que para esta superficie de 100m² de edificio, la compacidad máxima sería la de la esfera con un valor de 1,38.

La compacidad de un edificio, depende de la geometría (forma y tamaño), y de las condiciones de contorno. La Ilustración 71 muestra esta variación en función de estos tres factores.

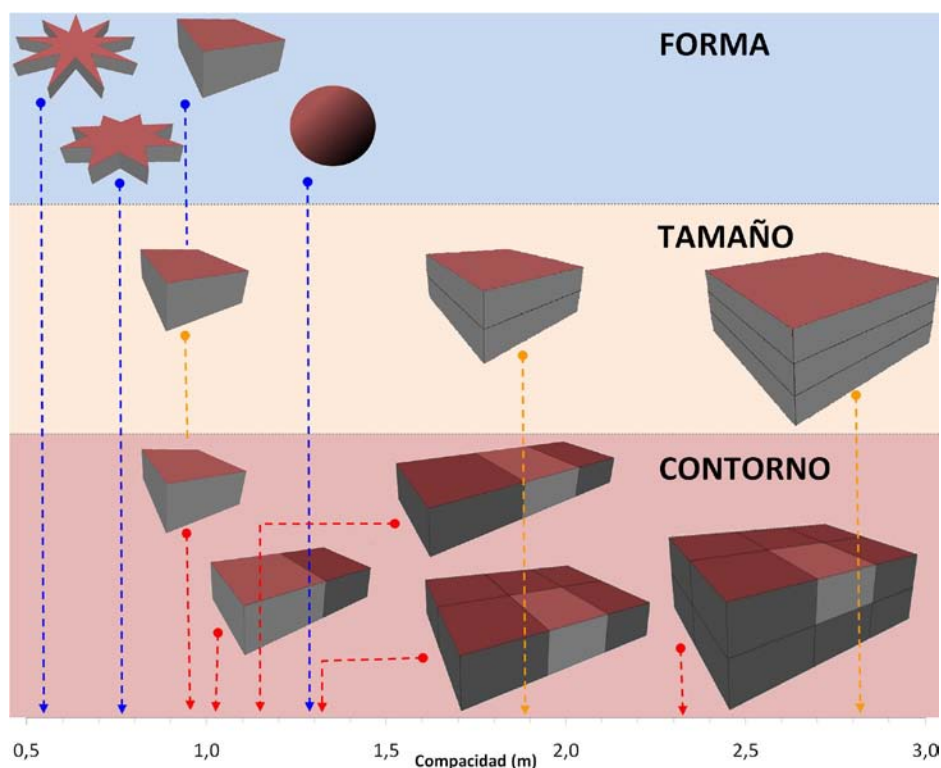


Ilustración 71. Variación del valor de la compacidad según la forma, el tamaño o el contorno.

Forma

Se muestra la variación de la compacidad en función de la forma del polígono, manteniendo el volumen constante.

Tamaño.

Guardando las proporciones del prisma a cuatro caras, se representa la variación de su compacidad cuando se dobla y triplica el número de plantas (en estos casos, el volumen se ve incrementado en 8 y 27 veces respectivamente).

Condiciones de contorno.

La superficie de envolvente depende directamente del número de cerramientos adiabáticos que tenga nuestro edificio. Se observa como aumenta la compacidad conforme se reduce el número de cerramientos expuestos al exterior. La compacidad de un apartamento situado en un bloque de vivienda es lógicamente mucho más alta (2,5 en este caso) que la de una vivienda unifamiliar (inferior a 1).

En la Ilustración 72 se caracteriza la influencia de la compacidad en la demanda de climatización anual. Los resultados se basan en las premisas anteriores para el cálculo de la demanda del edificio. Se puede observar, que como era de esperar, cuanto menor la compacidad mayor la demanda en calor y frío.

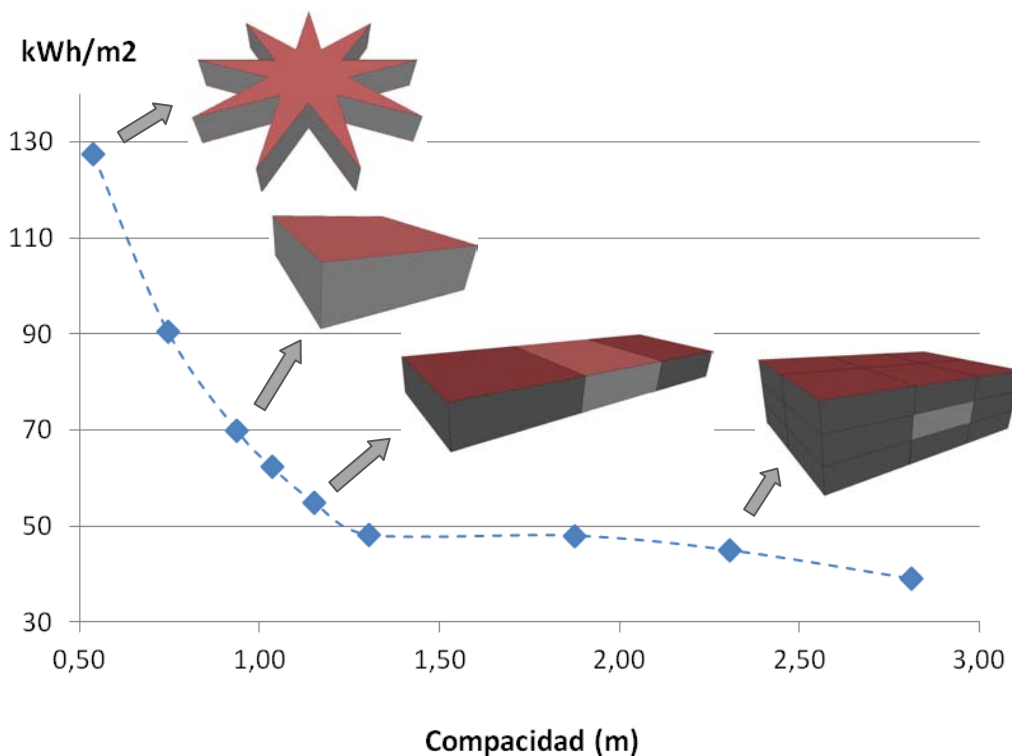


Ilustración 72. Demanda de climatización (calefacción + refrigeración) en función de la compacidad.

3.2.4. CERRAMIENTOS OPACOS

Aislamiento

La transmitancia térmica (U) es lo que caracteriza la transferencia de calor a través de los cerramientos opacos del edificio. La transmitancia térmica depende de la conductividad de los materiales que componen el cerramiento, transferencia por conducción, y de las condiciones exteriores e interiores del mismo, transferencia por convección. Los materiales que tienen conductividad más baja, tendrán más peso sobre la transmitancia total del cerramiento.

En el caso del aislamiento, cuya conductividad suele ser de uno o varios órdenes de magnitud inferior a los demás materiales, si se aumenta su espesor de unos centímetros, se convierten en la resistencia térmica dominante.

La conductividad térmica de los materiales aislantes es muy baja, lo que permite reducir las pérdidas de calor a través del cerramiento. El Gráfico 33 muestra la evolución de la demanda térmica de calefacción, para cada centímetro adicional de aislamiento (sobre el mínimo establecido por el DB-HE), de todos los cerramientos de la envolvente del bloque de viviendas en Granada. Se observa que para el caso base, la demanda de calefacción es de clase D mientras que con un espesor adicional de algo menos de 5 cm se consigue una calificación parcial C en calefacción.

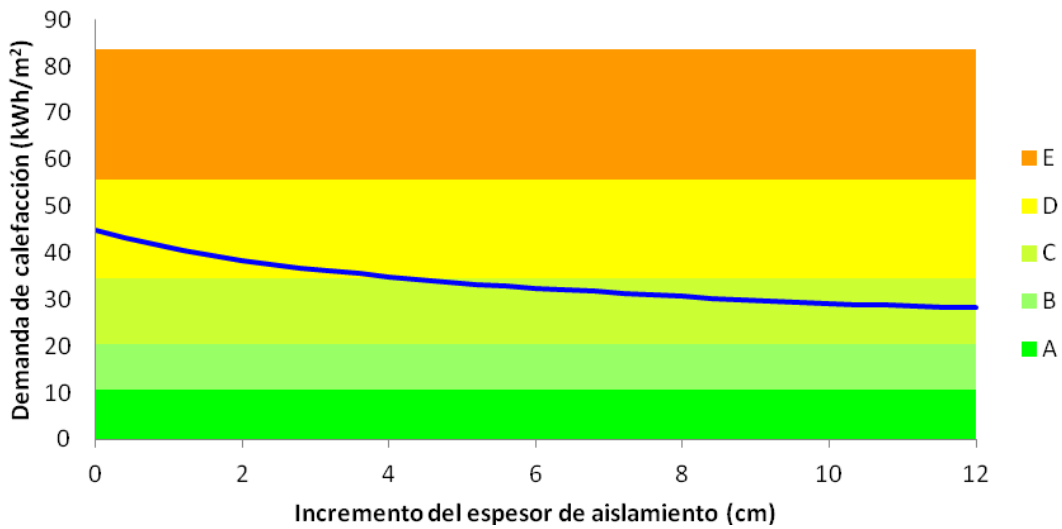


Gráfico 33. Demanda de calefacción según el espesor de aislamiento. Bloque de vivienda. Granada

La reducción en la demanda térmica, debida al incremento del espesor de aislamiento de los cerramientos de un edificio, tiene una tendencia asintótica. Este comportamiento, nos lleva a pensar que, posiblemente, a partir de un espesor concreto de aislamiento, el ahorro energético no compense la sobreinversión en material aislante.

Optimización del espesor de aislamiento

Para elegir el espesor de aislamiento que maximiza el beneficio de la sobreinversión en aislante, entendiéndolo como ésta, el incremento del espesor existente sobre los requisitos mínimos del DB-HE, se realiza un estudio económico basado en la UNE-EN 15459:2007, denominada: “Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios”.

El estudio económico tiene como objetivo minimizar la suma del coste asociado al incremento de material aislante y al coste de climatización + ACS, en un periodo de 30 años. En adelante se llamará “Coste Global” a esta suma. Para ello, se contempla 3 escenarios económicos según la tasa de evolución de los precios de la energía.

Tabla 37. Escenarios económicos.

	Tasa de evolución del coste	
	Electricidad	Gas
Escenario 1	0,5%	0,5%
Escenario 2	1,5%	1,5%
Escenario 3	3,5%	3,0%

La Tabla 38 muestra los datos financieros y los costes energéticos empleados para el estudio.

Tabla 38. *Datos financieros y costes energéticos.*

DATOS FINANCIEROS	
Duración del cálculo (τ)	30 años
Tasa de inflación	2,00%
Tasa de interés de mercado	4,30%
Tasa de interés real	2,25%
Coste de la electricidad	0,18 €/kWh
Coste del gas	0,1491 €/kWh

Además, se ha supuesto un coste en aislamiento de 155 €/m³ con un periodo de vida de 50 años, un valor de 1,7 del rendimiento de los sistemas de climatización, tanto para calefacción como refrigeración, y una caldera de gas natural con rendimiento de 0,75 para cubrir la demanda de ACS.

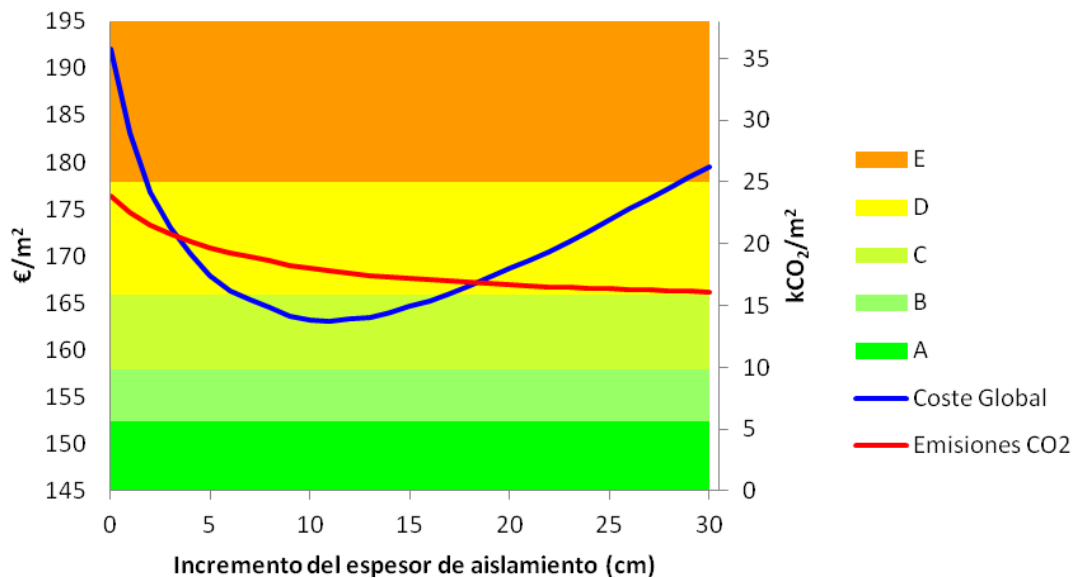


Gráfico 34. *Coste global y emisiones de CO₂ según el espesor de aislamiento. Bloque de viviendas en Granada.*

En el Gráfico 34 se observa como disminuye las emisiones conforme aumenta el espesor de aislamiento. En el caso estudiado, la calificación energética final D estaba muy cercana a la calificación energética E por lo que el incremento de aislamiento no consigue que esta calificación pase a C. El incremento óptimo de aislamiento sería en este caso de 11 cm.

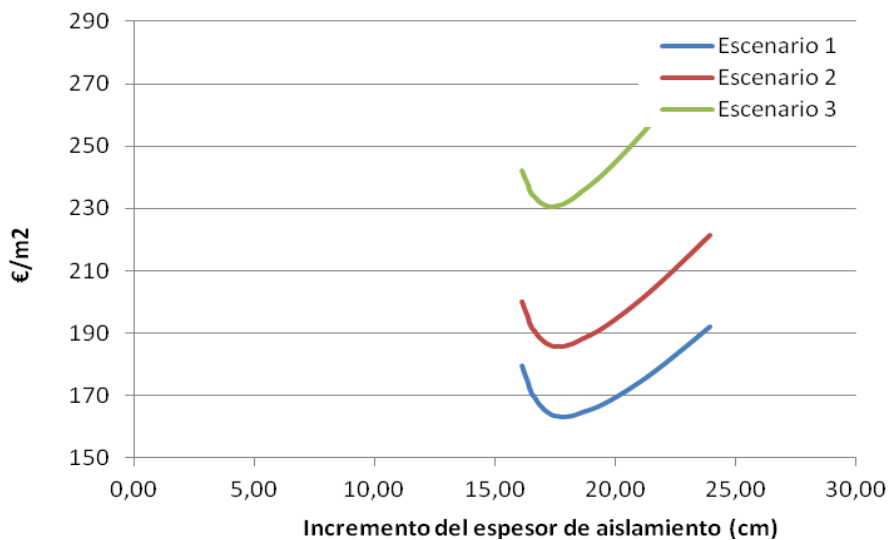


Gráfico 35. Influencia del escenario económico en el Coste Global.

Los resultados obtenidos en función del escenario económico se representan en el Gráfico 35 para el bloque de viviendas situado en Granada. Aunque las tendencias de estas curvas se mantienen, podemos observar que en los escenarios económicos más desfavorables (mayores precios de la energía), se minimiza el coste global para un mayor espesor de aislamiento (ver Tabla 39).

Tabla 39. Incremento óptimo del espesor de aislamiento para los distintos escenarios económicos.

	Incremento OPTIMO del espesor de aislamiento de los Cerramientos ¹²	Coste Global a 30 años
Escenario 1	11 cm	163 €/m ²
Escenario 2	13 cm	186 €/m ²
Escenario 3	15 cm	231 €/m ²

Por otro lado, a la hora de aislar los cerramientos del edificio, es de gran utilidad conocer cuáles son los que ofrecen, para la misma cantidad empleada de aislante, un mayor ahorro energético (y por consiguiente económico).

En el bloque de viviendas se distinguen los siguientes tipos de cerramiento:

- Forjado NH: forjado que separa la primera planta de la planta baja (espacio no habitable).
- Cubierta.

¹² Con el término “Cerramientos” nos referimos al incremento simultáneo del espesor de aislamiento de todos los cerramientos de la envolvente térmica (para el bloque de viviendas: Forjado NH, Cubierta y fachada).

- Fachada: cerramientos que dan al exterior (incluyendo los del patio).

El Gráfico 36 muestra como para el mismo incremento de aislamiento, por tener más superficie expuesta al exterior, el ahorro económico es superior en el caso del incremento en fachadas. Esto significa que los espesores óptimos de aislamiento serán distintos en cada elemento constructivo.

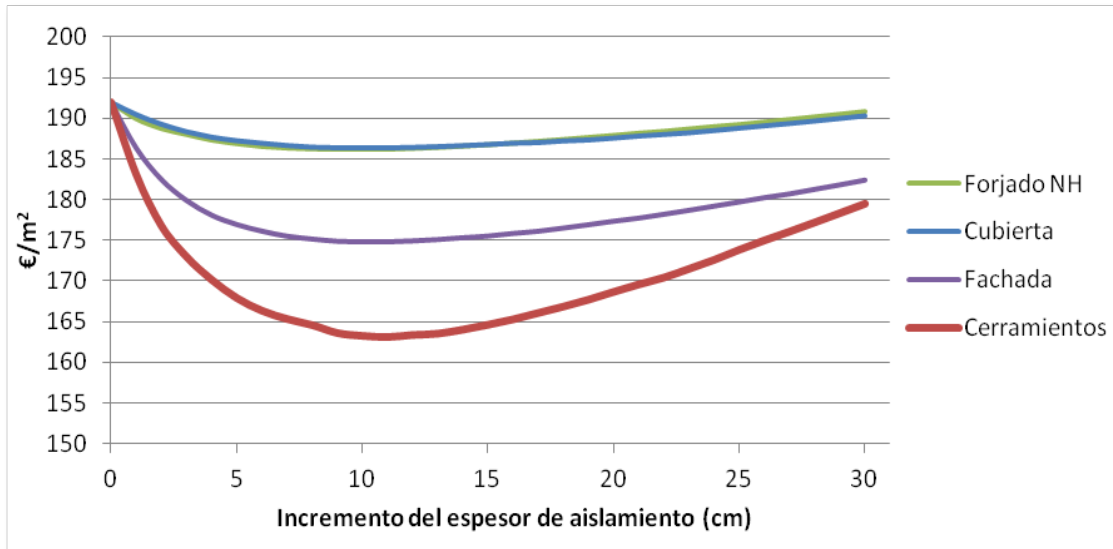


Gráfico 36. Variación del Coste Global con el incremento del espesor de aislamiento.

La Tabla 40 muestra el ÓPTIMO ABSOLUTO para los dos casos de viviendas estudiadas en las distintas climatologías. Este ÓPTIMO ABSOLUTO se consigue usando el espesor de aislamiento que minimiza el Coste Global para cada tipo de cerramiento.

Tabla 40. Óptimos absolutos para cada tipo de cerramiento de la envolvente térmica. Bloque de viviendas y de la vivienda unifamiliar (Escenario 1).

ÓPTIMO ABSOLUTO	Bloque de viviendas	Vivienda unifamiliar
Forjado NH	9 cm	9 cm
Cubierta	10 cm	13 cm
Fachada	10 cm	13 cm

En el Gráfico 37 se aprecia como el valor del Óptimo Absoluto es muy cercano al obtenido considerando todos los cerramientos por igual. Aunque este valor puede llegar a ser más importante en algunos casos, podemos concluir, que la aproximación obtenida al considerar el incremento de aislamiento en todos los cerramientos de la envolvente térmica por igual nos dará un valor de referencia muy cercano al óptimo absoluto¹³.

¹³ Nota: Que esta aproximación sea tan buena, se debe a que al considerar los espesores mínimos exigidos por el DB-HE, ya hicimos una distinción de partida entre los mismos.

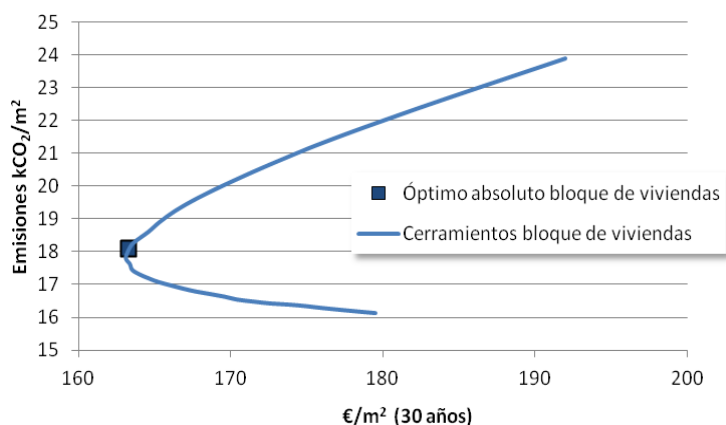


Gráfico 37. Comparación entre el Óptimo absoluto y el Óptimo. Escenario 1. Bloque de viviendas. Granada.

Color de la fachada

El color del cerramiento influye en los intercambios de calor a través de los cerramientos opacos. Un color oscuro absorberá más radiación y aumentará la temperatura de la cara exterior del cerramiento, mientras que un color claro aumentará la reflexión de la luz incidente sobre el cerramiento manteniendo la temperatura de la cara exterior más baja.

En la Tabla 41 se encuentran los valores de absorptividad correspondiente a cada color.

Tabla 41. Tabla de absorptividad.

Blanca lacada	0,21	Marrón claro	0,80
Blanca brillante	0,25	Marrón medio	0,84
Plateada	0,25	Azul claro	0,88
Capa de aluminio	0,40	Marrón oscuro	0,88
Verde claro	0,47	Verde oscuro	0,89
Amarilla	0,57	Azul oscuro	0,91
Roja	0,74	Gris oscuro	0,91
Gris claro	0,75	Negra lacada	0,92
Media capa de óxido	0,78	Negra lisa	0,95
Esmalte marrón	0,79	Negra mate	0,98

Lógicamente, como se observa en los Gráficos 38 y 39, cuanto más alta es la absorptividad, se consigue más ahorro en calefacción, mientras que sube la demanda de refrigeración.

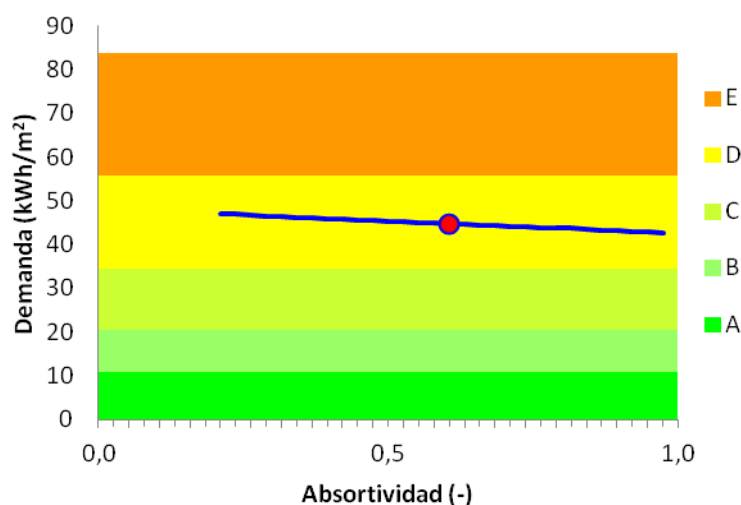


Gráfico 38. Demanda de calefacción según la absorptividad. Bloque de viviendas. Granada.

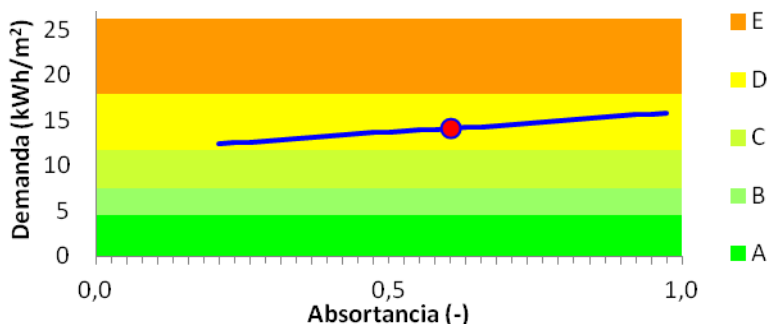


Gráfico 39. Demanda de refrigeración según la absorptividad. Bloque de viviendas. Granada.

La **temperatura** de la superficie exterior de los elementos de la envolvente térmica con **baja absorptividad** (colores claros) será inferior a la obtenida si se hubiese diseñado con colores oscuros (alta absorptividad). Una baja absorptividad aumentará la demanda de calefacción y disminuirá la demanda de refrigeración.

3.2.5. PUENTES TÉRMICOS

Un puente térmico es una parte del cerramiento donde la resistencia térmica cambia significativamente. Este cambio puede tener varias causas:

- Penetraciones de materiales de diferente conductividad térmica en el cerramiento, como jambas de las ventanas.
- Cambio de espesor del cerramiento.
- Intersecciones con otros cerramientos como paredes, suelos o techos.

Los puentes térmicos, por la disminución de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento, se convierten en partes sensibles de los edificios donde aparte de incrementar las pérdidas de calor aumentan los riesgos de condensaciones superficiales y formación de moho en las épocas frías.

En la Tabla 42 se encuentra un listado de los distintos puentes térmicos simulados. Estos elementos se pueden describir a nivel térmico por dos características: el factor de transmitancia térmica lineal (Ψ) y el factor de temperatura superficial (fR_{si}). Para su estudio, se han agrupados en 4 casos, el caso de partida y 3 casos de mejoras.

Tabla 42. *Puentes Térmicos. Bloque de vivienda. Granada.*

Puentes Térmicos		Caso Base	Mejora intermedia	Mejora final P.T. (excepto huecos)	Mejora final P.T.
Frente forjado	Ψ (W/mK)	0,41	0,17	-0,06	-0,06
	fR_{si} I	0,75	0,81	0,65	0,65
Unión cubierta	Ψ (W/mK)	0,44	0,19	0,17	0,17
	fR_{si}	0,72	0,82	0,81	0,81
Esquina convexa forjado	Ψ (W/mK)	0,44	0,19	0,17	0,17
	fR_{si}	0,72	0,82	0,81	0,81
Esquina concava cerramiento	Ψ (W/mK)	0,16	0,08	0,02	0,02
	fR_{si}	0,80	0,82	0,66	0,66
Esquina convexa cerramiento	Ψ (W/mK)	-0,13	-0,27	-0,37	-0,37
	fR_{si}	0,82	0,90	0,90	0,90
Hueco ventana	Ψ (W/mK)	0,25	0,13	0,25	0,02
	fR_{si}	0,63	0,76	0,63	0,81
Unión solera pared exterior	Ψ (W/mK)	0,13	0,12	0,10	0,10
	fR_{si}	0,74	0,70	0,76	0,76

En el Gráfico 40, se observa la disminución de la demanda de calefacción conforme van mejorando los puentes térmicos.

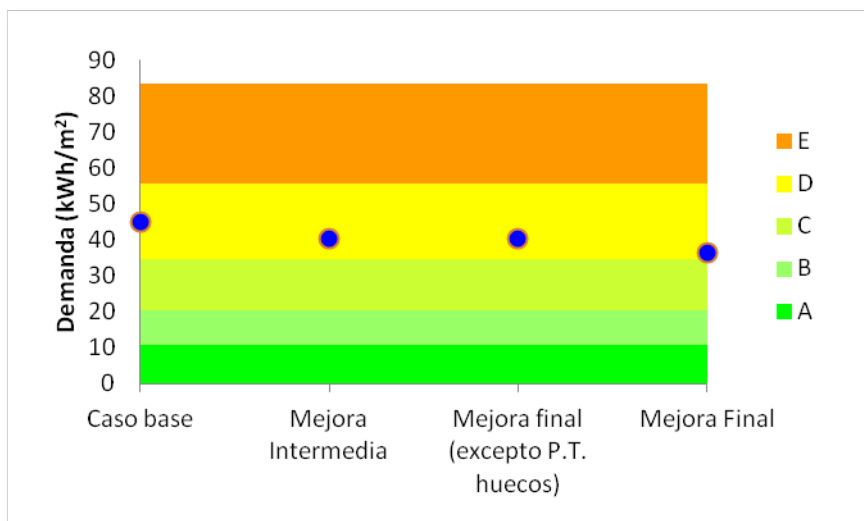


Gráfico 40. *Demanda de calefacción según los puentes térmicos. Bloque de viviendas. Granada.*

En el Gráfico 41, se muestra el desglose del ahorro conseguido tratando en particular los puentes térmicos de los huecos.

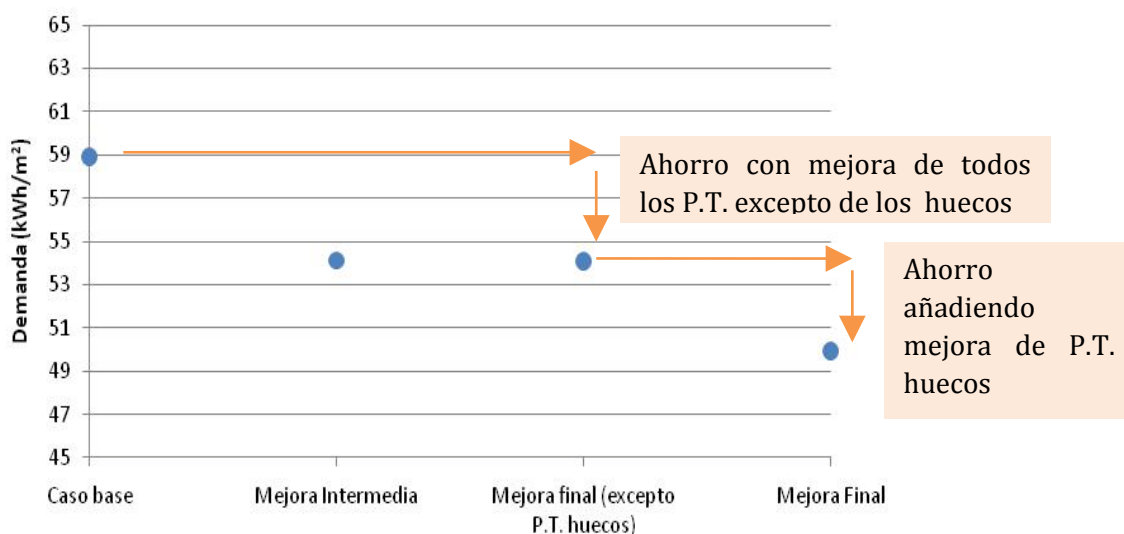


Gráfico 41. Demanda total según los puentes térmicos. Bloque de viviendas. Granada.

3.2.6. VENTANAS

La ventana se compone de una parte semitransparente, el vidrio, y una parte opaca, el marco. En el modelado térmico de la ventana, también hay que tener en cuenta las infiltraciones derivadas de la misma (caracterizadas por el coeficiente de permeabilidad al aire).



La transferencia de calor a través de la parte semitransparente, el **vidrio**, se puede descomponer en dos partes que actúan simultáneamente:

Transmitancia Térmica

La transmitancia térmica se calcula según la UNE EN 673 y caracteriza la transferencia térmica que se produce en el hueco acristalado cuando existe una diferencia de temperatura a ambos lados del mismo.

Al variar la transmitancia térmica de los huecos, para el bloque de vivienda en Granada (Gráfico 42), se observa que cuanto mayor sea la transmitancia térmica mayor será la demanda en calefacción.

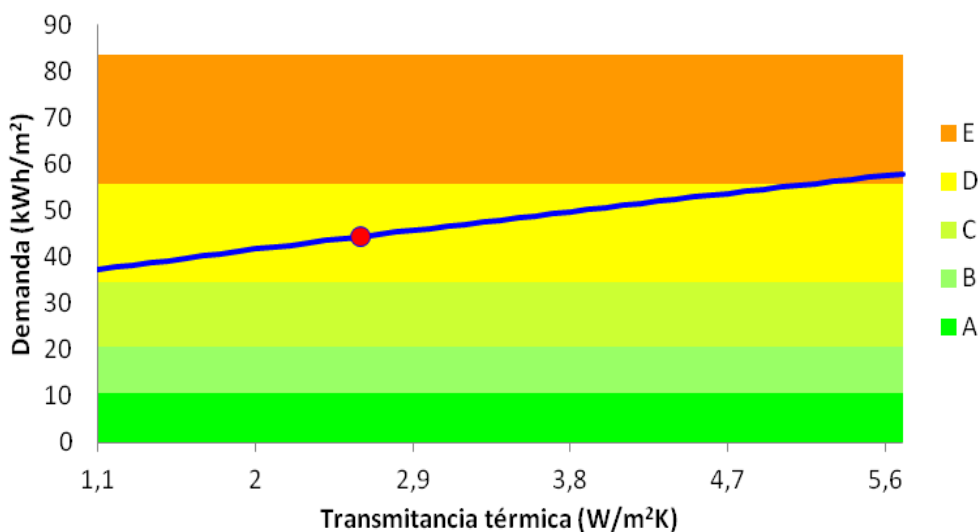
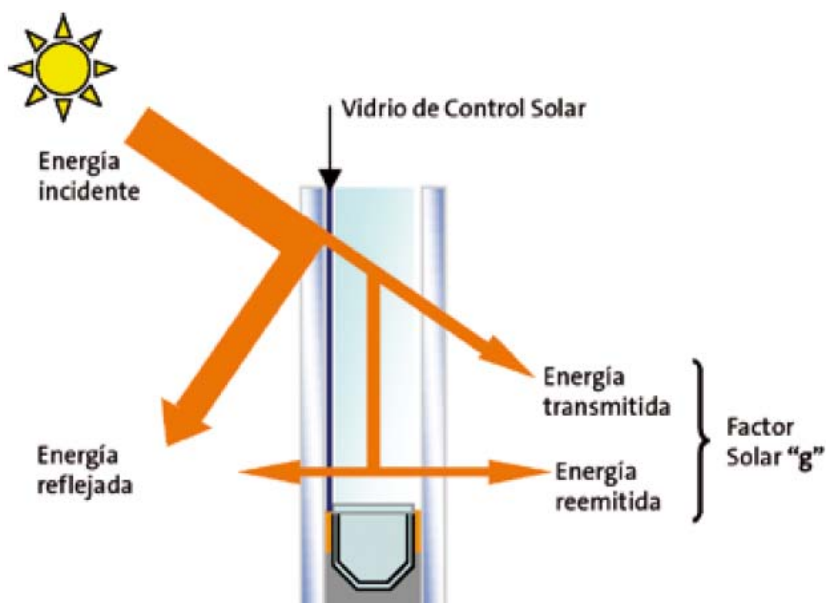


Gráfico 42. Demanda de calefacción según la transmitancia de los huecos. Bloque de vivienda. Granada.

Factor Solar

Este parámetro designa la energía térmica que penetra en un recinto por medio de la radiación solar. Según la norma UNE EN 410, el valor “g” se compone de dos factores: la energía radiante del Sol que entra en el recinto por transmisión directa a través del acristalamiento y la energía que cede este acristalamiento en forma de energía térmica al interior del recinto tras haber sido absorbida por el acristalamiento y haber producido su calentamiento.

El valor de factor solar está comprendido entre 0 y 1. Cuanto mayor sea el factor solar mayor será la cantidad de radiación solar que entre.



A continuación se muestran los resultados obtenidos modificando el factor solar considerándolo fijo a lo largo del año.

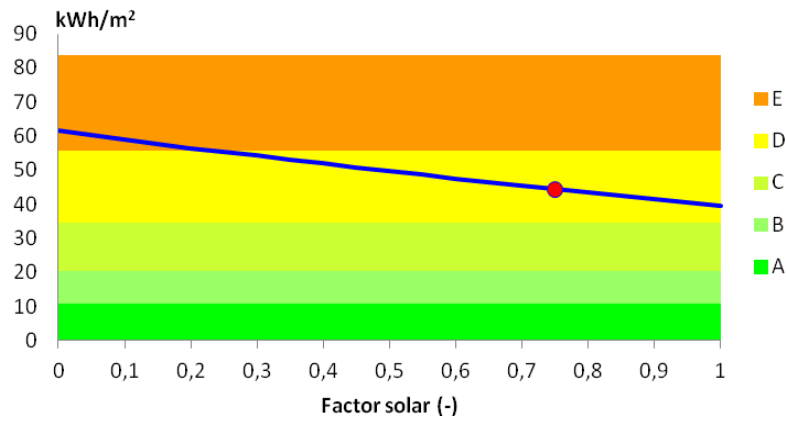


Gráfico 43. Demanda de calefacción según el factor solar del vidrio de las ventanas. Bloque de vivienda. Granada.

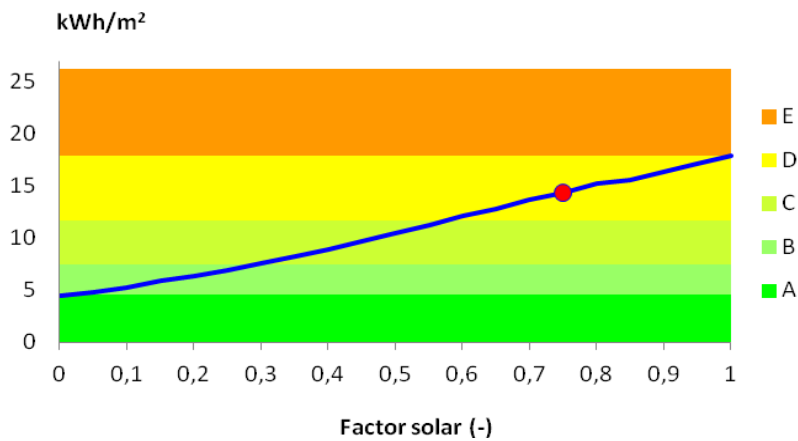


Gráfico 44. Demanda de refrigeración según el factor solar del vidrio de las ventanas. Bloque de vivienda. Granada.

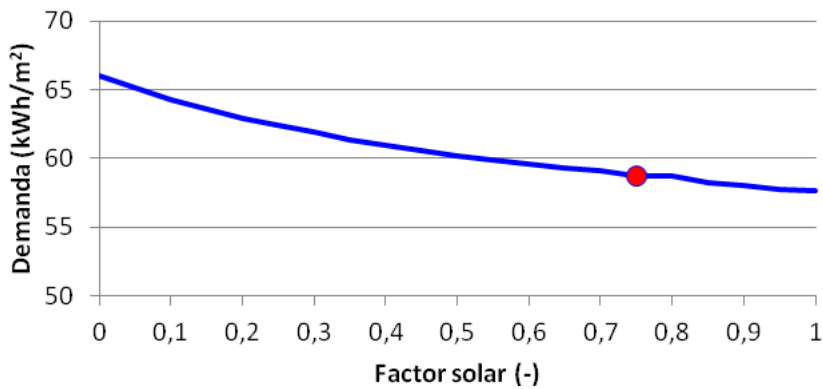


Gráfico 45. Demanda total según el factor solar de los huecos. Bloque de vivienda. Granada.

Por otro lado, la parte opaca de la ventana, el **marco**, presenta como características térmicas:

- La transmitancia térmica, “U”. Al igual que en el caso de los vidrios, el marco tiene una transmitancia térmica que caracteriza la transferencia de calor debida a la diferencia de temperatura entre su superficie interior y exterior.
- La absorptividad, “α”. Este parámetro se define según el color del marco, y representa la fracción de la radiación solar incidente en una superficie que es absorbida por la misma. Cada color tiene asociado su correspondiente valor de absorptividad.

Tipos de Ventanas

A la vista del comportamiento de ambas magnitudes, transmitancia térmica y factor solar, se aprecia que el vidrio óptimo sería el que presentase una baja transmitancia, y un alto factor solar. En los vidrios reales, ambas características van estrechamente ligadas, y una disminución de la transmitancia conlleva valores más bajos del factor solar. Por tanto, a la hora de elegir un vidrio, hay que tener muy presente la situación de los mismos en el edificio (orientación) y las condiciones climatológicas.

A continuación se presentan los resultados de las simulaciones realizadas para 47 tipos de ventanas reales. Las descripciones de las características de estas ventanas se encuentran en Anexo III.

Estas simulaciones acotan el ahorro energético derivado de la mejora del comportamiento térmico de las ventanas del edificio, y además caracterizan la importancia del mismo según la orientación de la fachada.

A continuación se muestran los resultados de las simulaciones empleando diferentes tipos de ventanas, para distintas orientaciones del bloque de viviendas, y situado este en Granada.

FACHADA ESTE - GRANADA

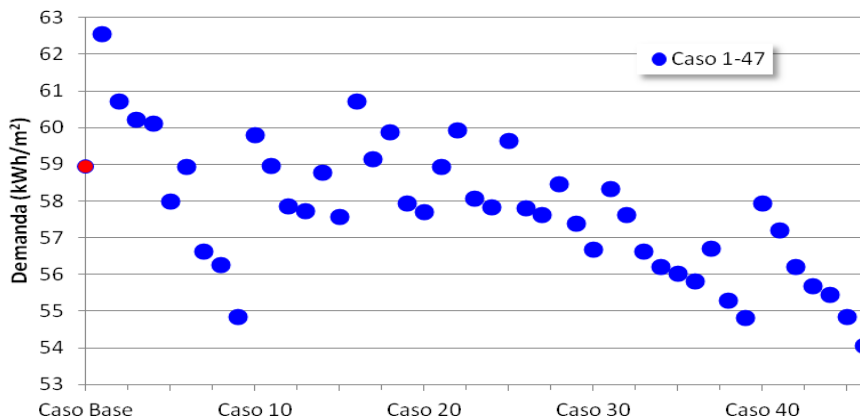


Gráfico 46. Demanda total en función del tipo de ventanas. Bloque de vivienda. Granada. Fachada Este.

FACHADA OESTE - GRANADA

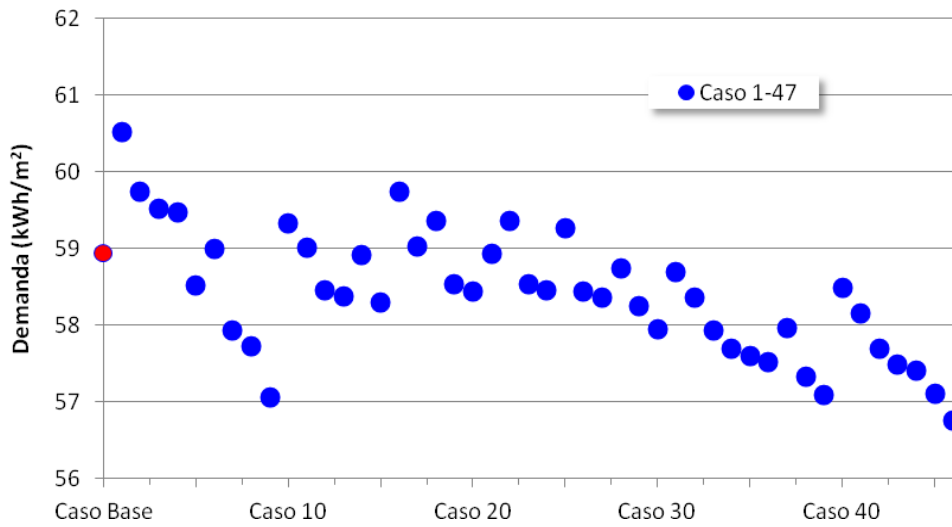


Gráfico 47. Demanda total en función del tipo de ventanas. Bloque de vivienda. Granada. Fachada oeste.

Si se comparan los cambios de vidrios en las dos fachadas se observa que se consigue mas ahorro realizando estos cambios en la fachada este (la demanda total pasa de 59 kWh/m² para el caso base a 53 kWh/m² con el mejor de los vidrios) que en la fachada oeste (la demanda total pasa 59 kWh/m² a 57 kWh/m²). Es lógico, puesto que esta fachada tiene más superficie acristalada (37 %) que la fachada oeste (17 %).

FACHADA ESTE Y OESTE SIMULTANEAMENTE - GRANADA

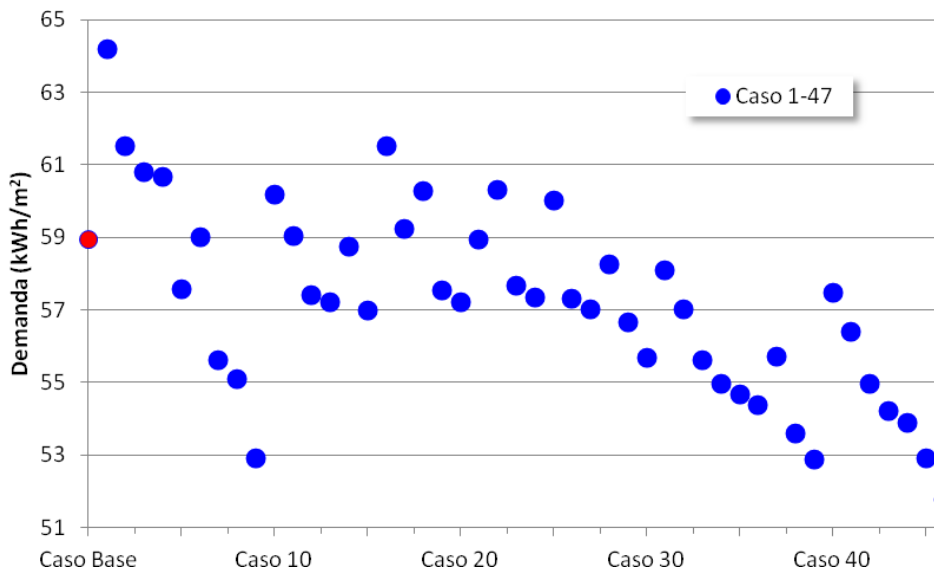


Gráfico 48. Demanda total en función del tipo de ventanas. Bloque de vivienda. Granada. Fachada este y oeste.

El vidrio que consigue los mayores ahorros en demanda total es el último de los casos utilizados, vidrio "Tipo 47". Este ahorro se maximiza si se da simultáneamente en ambas fachadas. El vidrio "Tipo 47" tiene una transmitancia térmica de $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un factor solar de 0,47. Con estas características consigue reducir tanto las pérdidas de calor por conducción en invierno como los aportes solares en verano (factor solar bajo).

3.2.7. PROTECCIÓN DE LOS HUECOS

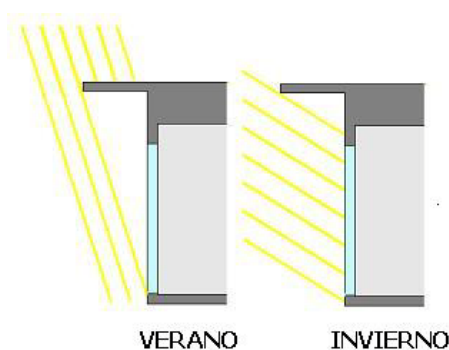
Protecciones Fijas

Cuando se habla de protecciones fijas de los huecos de ventanas, se refiere a los voladizos, lamas o retranqueo, que se instalan o se construyen con la obra inicial. Estas protecciones se quedan todo el año y afectarán tanto a la demanda de calefacción como a la demanda de refrigeración.

Para poder aprovechar al máximo la energía solar a la hora de climatizar un edificio hay que dimensionar estas protecciones solares con cuidado teniendo en cuenta las trayectorias solares a lo largo del año visto anteriormente (Ilustración 70):

- En invierno, en España el recorrido es corto y los rayos son bajos. El Sol amanece en el sureste (con 30° de desviación respecto al Este) y se pone en el suroeste.
- En verano, el recorrido es largo y los rayos son mucho más verticales. El Sol amanece en el noreste (con 30° de desviación respecto al Este) y se pone en el noroeste.

Debido a la inclinación de los rayos en invierno, las protecciones de las ventanas dejarán que la radiación solar penetre a través de las mismas disminuyendo la demanda de calefacción. En cambio, en verano estos elementos constructivos bloquearán el Sol, más alto en esta temporada, disminuyendo la demanda energética asociada al calentamiento que causa esta radiación.



Para estudiar el efecto de estos elementos, se instala un voladizo con diferentes longitudes de vuelo, en un bloque de viviendas situado en Sevilla. Para maximizar el efecto en la reducción de la demanda total, se muestra los resultados obtenidos para el bloque orientado al sur (giro de 90°). Esto significa que ahora la fachada con mayor superficie de ventanas (antes fachada este) mira hacia el sur.

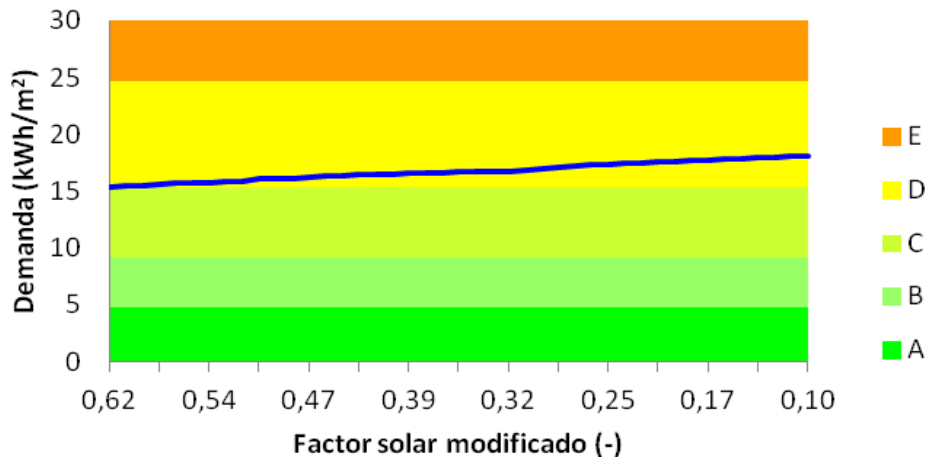


Gráfico 49. Demanda de calefacción en función del factor solar modificado. Bloque de vivienda. Sevilla. Fachadas este, oeste y sur.

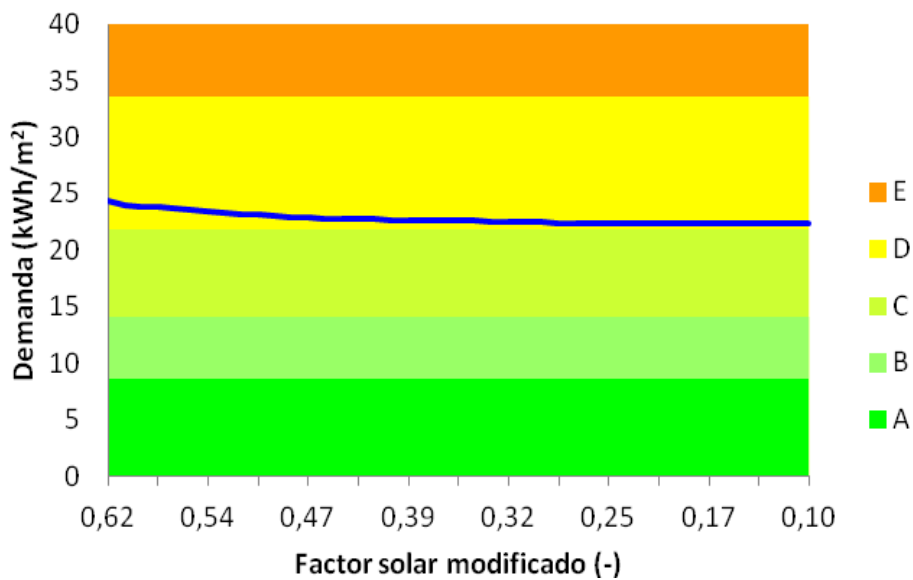


Gráfico 50. Demanda de refrigeración en función del factor solar modificado. Bloque de vivienda. Sevilla. Fachadas este, oeste y sur.

El uso de un elemento fijo como protección del hueco, es equivalente a una reducción de la superficie de ventana donde incide la radiación solar, o de otro modo, a una reducción del factor solar de la misma. El CTE lo tiene en cuenta la presencia de esta protección mediante un nuevo coeficiente denominado “factor solar modificado”, que se obtiene a partir de las características de la ventana y un coeficiente adicional resultante de la influencia del elemento de protección sobre la ventana el “factor de sombra”.

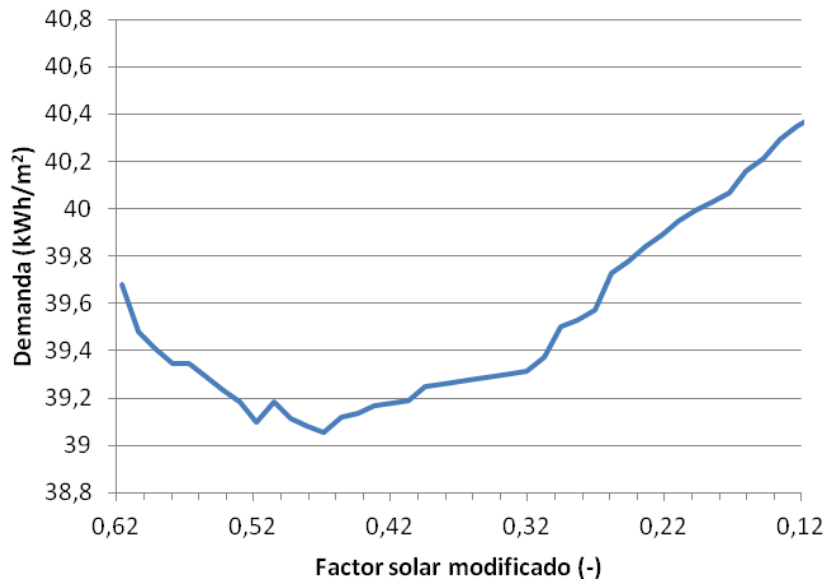


Gráfico 51. Demanda total en función del factor solar. Bloque de vivienda. Sevilla. Fachadas este, oeste y sur.

Se observa que para el caso de Sevilla, se minimiza la demanda para un factor solar modificado de 0.5.

Protecciones Móviles

Las protecciones móviles son las que sólo se usan en verano, como las persianas, toldos o cortinas.

La Tabla 43 enseña los factores solares de verano correspondiente al uso de toldo, persiana exterior y persiana interior.

Tabla 43. Protección de huecos. Factor solar de verano.

Factor corrector en verano	Toldo	Persiana exterior	Cortina Estor
Transmitancia térmica	1	0,64	0,64
Ganancia Solar	0,05	0,07	0,55

El toldo es opaco y colocado a 45 ° de inclinación. La persiana es opaca y de color pastel (datos según normas CEN prEN ISO 10077-1 y UNE EN 13363-1).

En los Gráficos 52 y 53 se muestra la variación de las demandas de calefacción y refrigeración en función del uso de las distintas protecciones móviles.

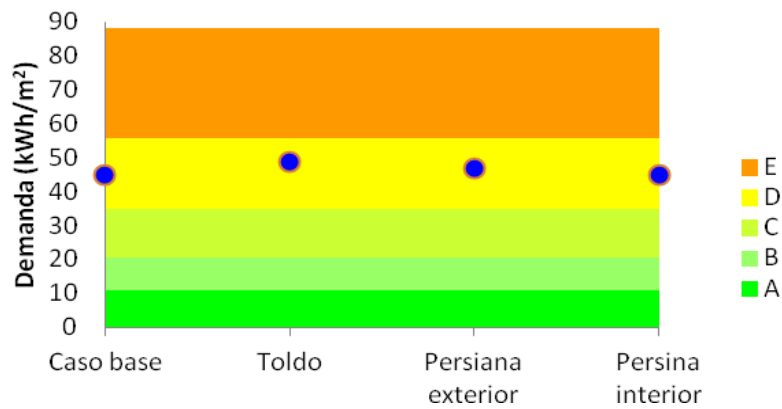


Gráfico 52. Demanda de calefacción según el tipo de protección solar. Bloque de vivienda. Granada.

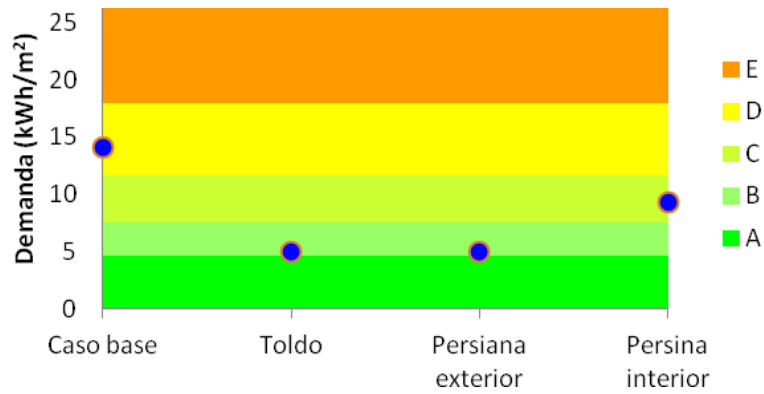


Gráfico 53. Demanda de refrigeración según el tipo de protección solar. Bloque de vivienda. Granada.

De este estudio, la persiana exterior resulta ser la más beneficiosa en el caso del bloque de viviendas en Granada (Gráfico 54).

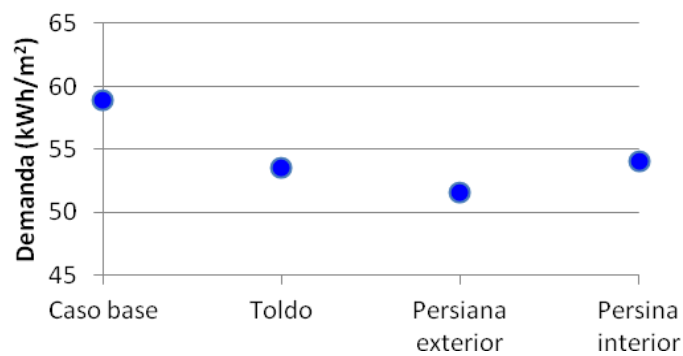


Gráfico 54. Demanda total según el tipo de protección solar. Bloque de vivienda. Granada.

3.2.8. RENOVACIÓN DE AIRE

La ventilación de los edificios es fundamental para llegar al confort en su interior, ya que es necesario eliminar la humedad y otros contaminantes que se crean en el ambiente, para obtener una calidad del aire interior adecuada que cumpla con las exigencias del CTE.

Pero este fenómeno, por otro lado, puede llevar asociado importantes pérdidas de calor con el exterior, que produzcan un aumento de la demanda de calefacción, y según qué condiciones perjudique también la demanda de refrigeración. Por lo tanto, un control adecuado de la ventilación puede resultar muy beneficioso en ahorros energéticos.

La ventilación natural se produce cuando el viento crea corrientes de aire en el edificio permitiendo su circulación de manera natural, sin necesitar el uso de sistema mecánico. Esta ventilación natural ocurre gracias a la diferencia de temperatura y presión entre dos estancias con orientaciones opuestas. Un buen diseño del edificio (geometría y orientación adecuadas) colocando ventanas en fachadas transversales y opuestas permite la ventilación cruzada y favorece este movimiento de aire de manera natural.

Además de conseguir una buena calidad del aire interior, esta **ventilación cruzada** ayuda a combatir la demanda de refrigeración del edificio. Efectivamente, en los periodos calurosos, durante muchas horas del día (y especialmente durante la noche), la temperatura del aire exterior es inferior a la temperatura interior del edificio convirtiendo la ventilación cruzada en una de las estrategias pasivas más eficiente (enfriamiento gratuito). En el caso de viviendas unifamiliares de varias plantas se puede además usar el efecto chimenea, basado en la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire más frío, para disminuir la demanda de refrigeración en épocas calurosas.

El programa Calener VyP, para los edificios residenciales, siempre considera una renovación de aire de cuatro durante las noches de verano. La variación que se aplica a continuación corresponde por lo tanto a la renovación de aire diaria.

Los Gráficos 55, 56 y 57 enseñan estos ahorros en el caso del bloque de vivienda en Granda. Tanto en calefacción como en refrigeración el aumento de la tasa de renovación de aire aumenta las demandas.

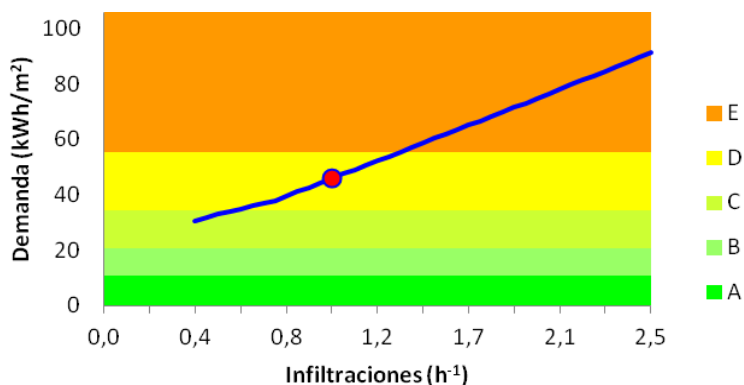


Gráfico 55. Demanda de calefacción en función de la renovación de aire. Bloque de vivienda. Granada.

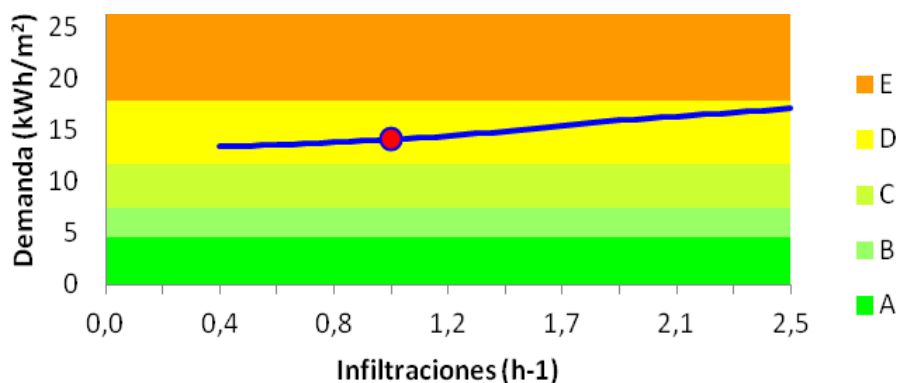


Gráfico 56. Demanda de refrigeración según la renovación de aire. Bloque de vivienda. Granada.

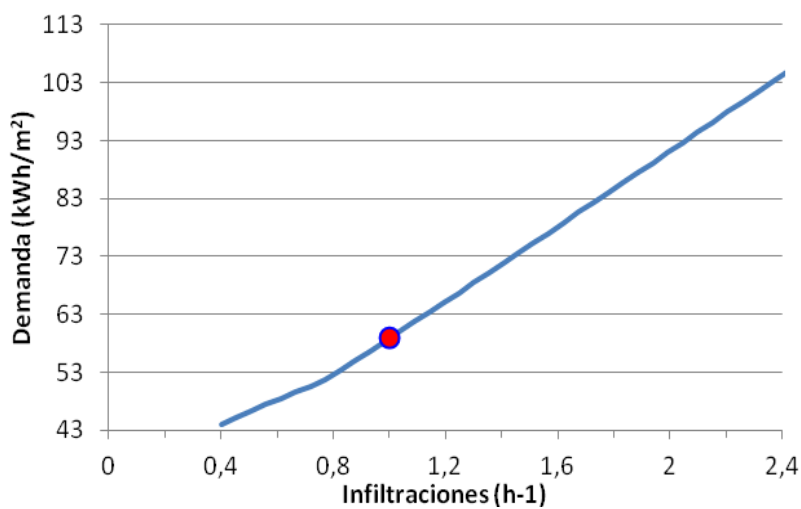


Gráfico 57. Demanda total en función de la renovación de aire. Bloque de vivienda. Granada.

En el caso de Granada, se observa como la reducción de las infiltraciones conlleva una considerable disminución de la demanda de calefacción.

3.3 POTENCIAL DE AHORRO EN DEMANDAS

A continuación se presenta el potencial de ahorros energéticos a través de las medidas pasivas.

Primero se estudia el potencial de cada una de las medidas mencionadas en el apartado anterior de manera independiente. Luego se eligen las medidas que permiten conseguir el mayor ahorro y se aplican sucesivamente.

Se ha realizado este ejercicio para los dos edificios presentados y las tres climatologías.

3.3.1. BLOQUE DE VIVIENDAS

Medidas Pasivas Independientes

En la Tabla 44 se muestran los valores usados para cada una de las medidas en las distintas climatologías.

Tabla 44. *Medidas Pasivas. Bloque de Vivienda. Granada – Málaga – Sevilla.*

BLOQUE	Absortividad	Aislamiento	Orientación	Protección de huecos	Ventanas	Tasa de renovación de aire	Factor solar de verano	Puentes Térmicos
GRANADA	0,98	15 cm	90º	0,57	EyO U=1,1	0,4 h-1	Pers. Ext.	Mejora final
MÁLAGA	0,3	10 cm	90º	0,57	EyO U=1,4	0,4 h-1	Pers. Ext.	Mejora final
SEVILLA	0,25	10 cm	90º	0,65	EyO U=1,4	0,4 h-1	Pers. Ext.	Mejora final

Para la elección del espesor óptimo de aislamiento, se han usado los espesores de aislamiento óptimos según el escenario 2 (15 cm en Granada y 10 en Málaga y Sevilla).

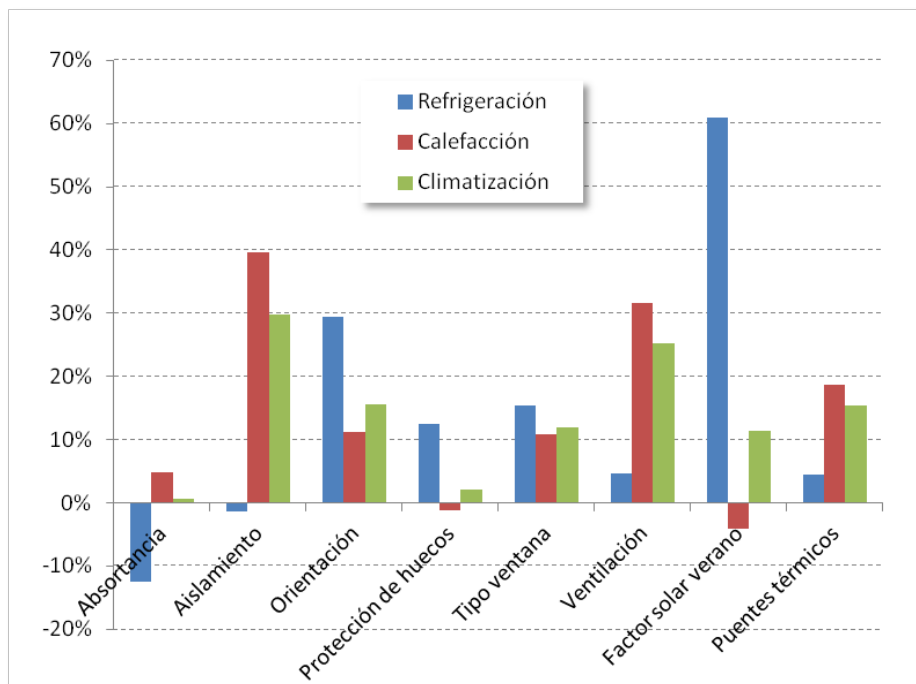


Gráfico 58. *Potencial de ahorro en demandas. Bloque de viviendas. Granada.*

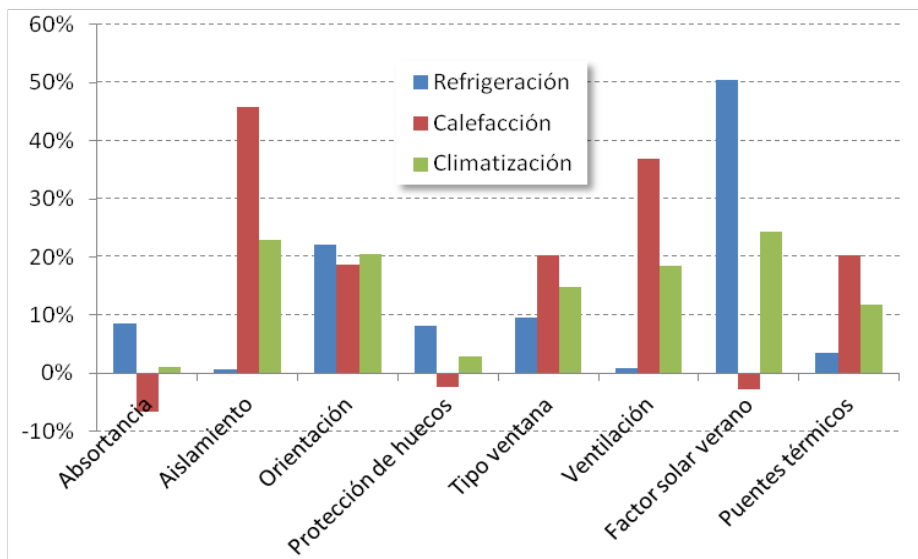


Gráfico 59. Potencial de ahorro en demandas. Bloque de Viviendas. Málaga.

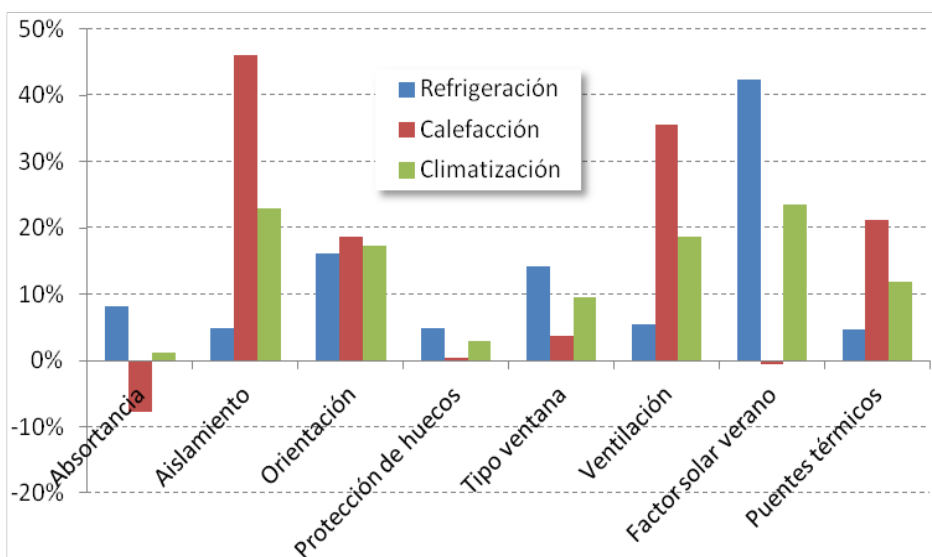


Gráfico 60. Potencial de ahorro en demandas. Bloque de Viviendas. Sevilla.

Análisis de resultados

Destaca de los gráficos el ahorro conseguido gracias al incremento del espesor de aislamiento. En todos los casos esta medida consigue disminuir la demanda total cerca del 45 %.

Destaca también el ahorro logrado en la demanda de refrigeración, hasta el 60 % en Granada, por el uso de persianas exteriores.

Conjunto de Medidas Pasivas

Para cada climatología se aplicarán sucesivamente las medidas pasivas partiendo de la medida que más ahorro consigue hasta la que menos (Tabla 45).

Tabla 45. *Conjunto de Medidas Pasivas. Bloque de viviendas.*

Bloque	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
Granada	15 cm aislamiento	Ventanas (1.1 Este y Oeste)	Control ventilación (0.4)	PT	Factor solar verano
Malaga	10 cm aislamiento	Factor solar verano	Control ventilación (0.4)	PT	
Sevilla	Factor solar verano	10 cm aislamiento	Control ventilación (0.4)	PT	

En los siguientes gráficos se puede observar la disminución de las demandas de calefacción, refrigeración y total para las distintas climatologías.

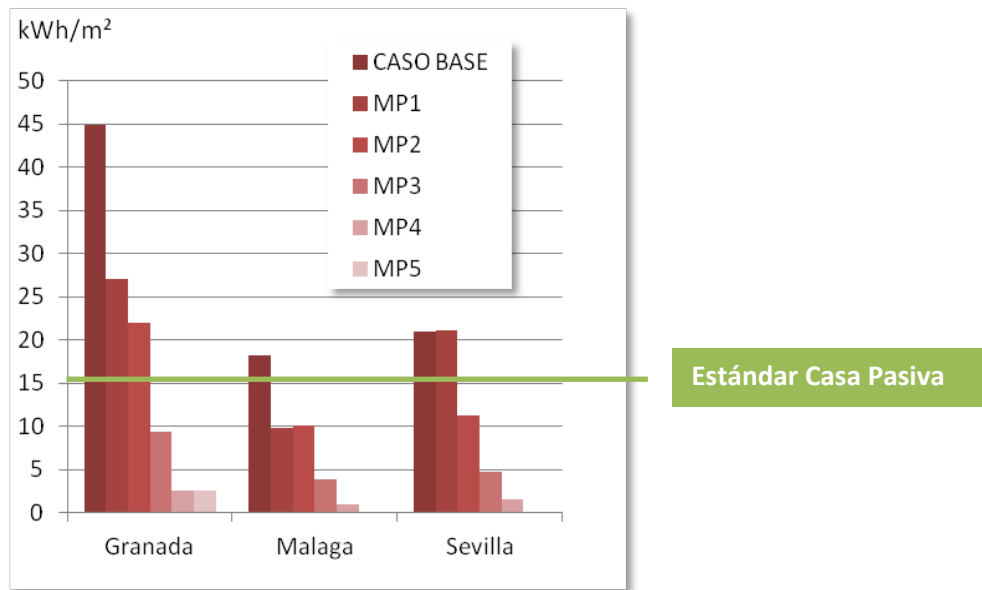


Gráfico 61. Demandas de calefacción. Bloque.

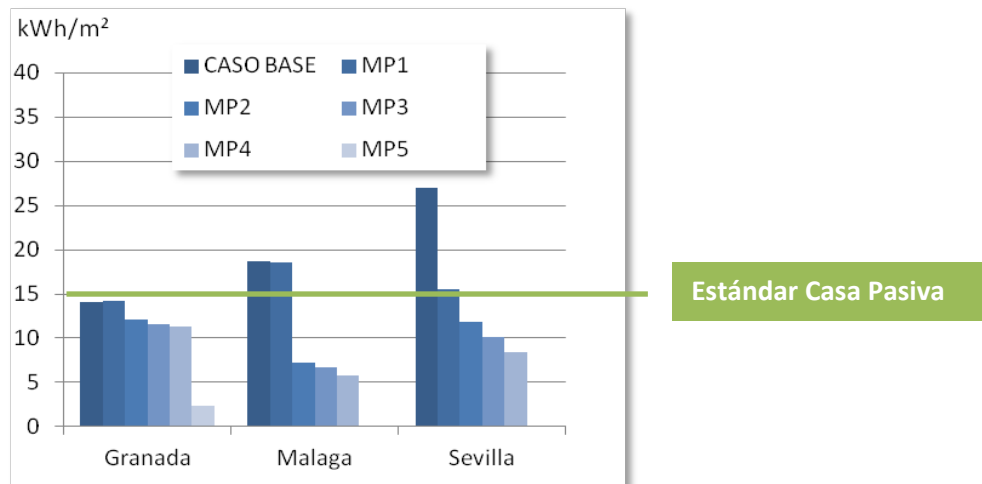


Gráfico 62. Demandas de refrigeración. Bloque.

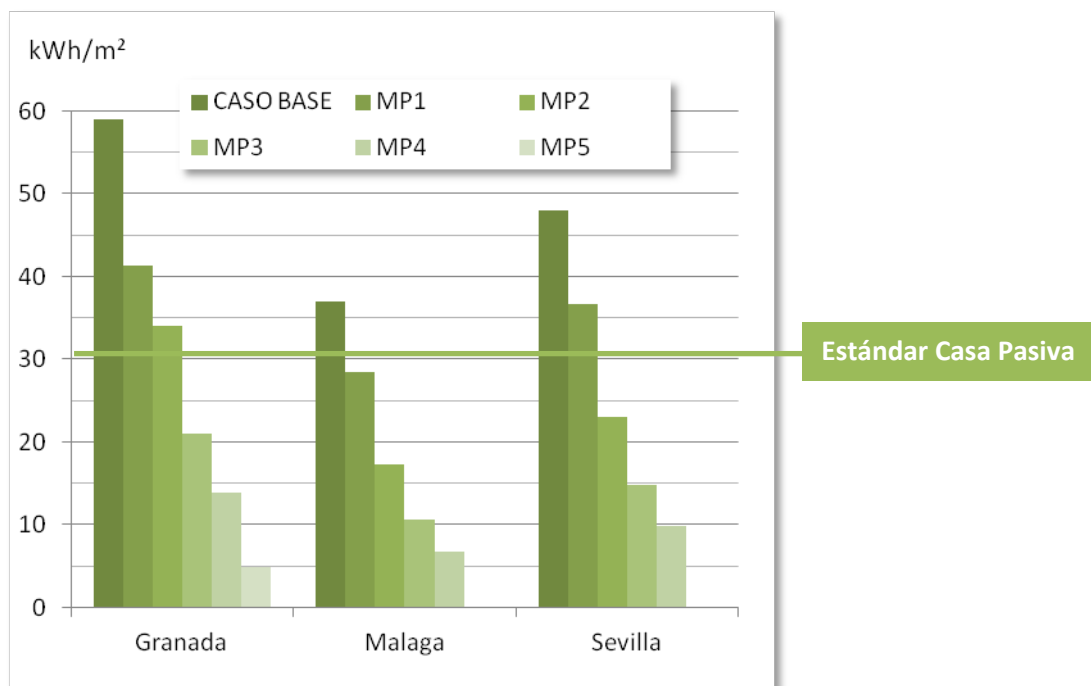


Gráfico 63. Demandas total (calefacción + refrigeración). Bloque.

Análisis de resultados

Para todas las climatologías se observa que se pueden conseguir bastante fácilmente las demandas límites definidas por el estándar de la Casa Pasiva (15 kWh/m² en calefacción y refrigeración). En particularidad en Málaga, la demanda de calefacción llega a este límite aplicando una sola medida. No hay que perder de vista que el estándar pasivo, aparte de limitar la demanda energética exige una estanqueidad mínima y limita el consumo de energía primaria. En el presente estudio se usan los niveles límites de demandas como referencia, en ningún momento podemos hablar de casa pasiva puesto que los dos otros criterios no se consideran.

En Granada, puesto que la demanda de calefacción de partida es muy elevada, el efecto del incremento del espesor de aislamiento es muy notable.

En Sevilla, la medida más eficiente consiste en usar persianas exteriores puesto que en esta climatología la demanda de refrigeración de partida es mayor a la demanda de calefacción.

En el último gráfico (Gráfico 63) destaca la reducción de la demanda total aplicando las distintas medidas. Conseguir una disminución tan drástica de la demanda necesita el control de la estanqueidad de la vivienda (renovación de aire de 0.4) y una puesta en obra muy cuidadosa que permita eliminar los puentes térmicos. Si no es fácil llegar a demandas tan reducidas, estos resultados demuestran el potencial de las medidas pasivas, por la mayoría desaprovechadas hoy en día.

3.3.2. VIVIENDA UNIFAMILIAR

Medidas Pasivas Independientes

En la Tabla 46 se muestran los valores usados para cada una de las medidas pasivas en las distintas climatologías.

Tabla 46. *Medidas Pasivas. Bloque de Vivienda.*

Unifamiliar	Absortividad	Aislamiento	Orientación	Protección de huecos	Ventanas	Tasa de renovación	Factor solar de verano	Puentes Térmicos
GRANADA	0,98	15 cm	0º	1	NyS U=1,4	0,4 h-1	Persiana exterior	Mejora final
MÁLAGA	0,9	10 cm	0º	0,94	N=1,1 S=1,4	0,4 h-1	Persiana exterior	Mejora final
SEVILLA	0,9	10 cm	0º	0,97	N=1,1 S=1,4	0,4 h-1	Persiana exterior	Mejora final

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos en la disminución de las demandas.

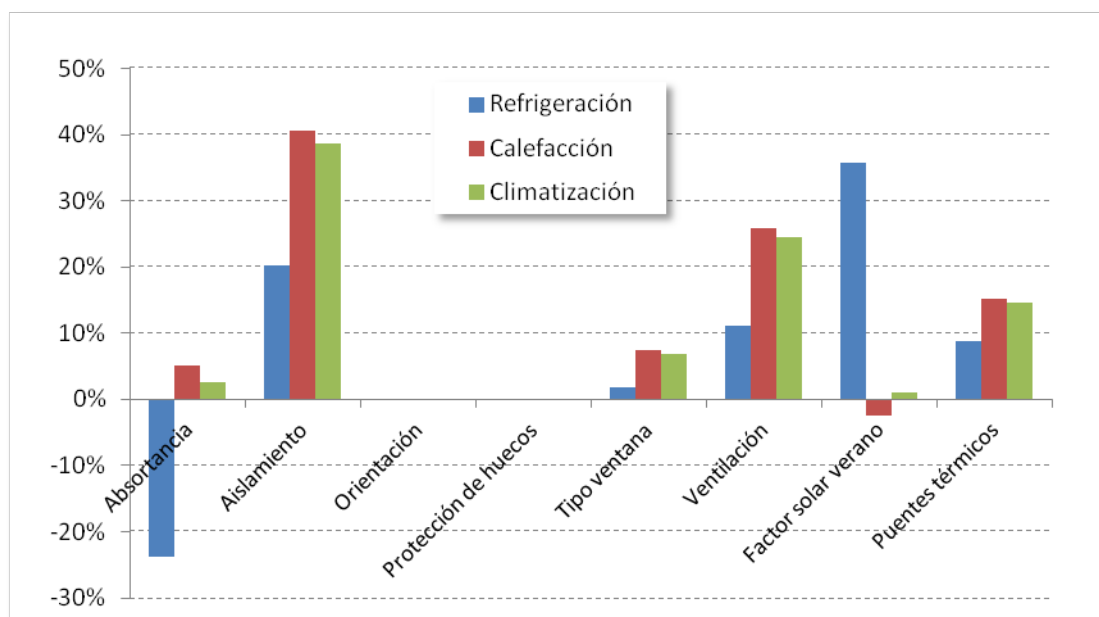


Gráfico 64. *Potencial de ahorro en demandas. Vivienda Unifamiliar. Granada.*

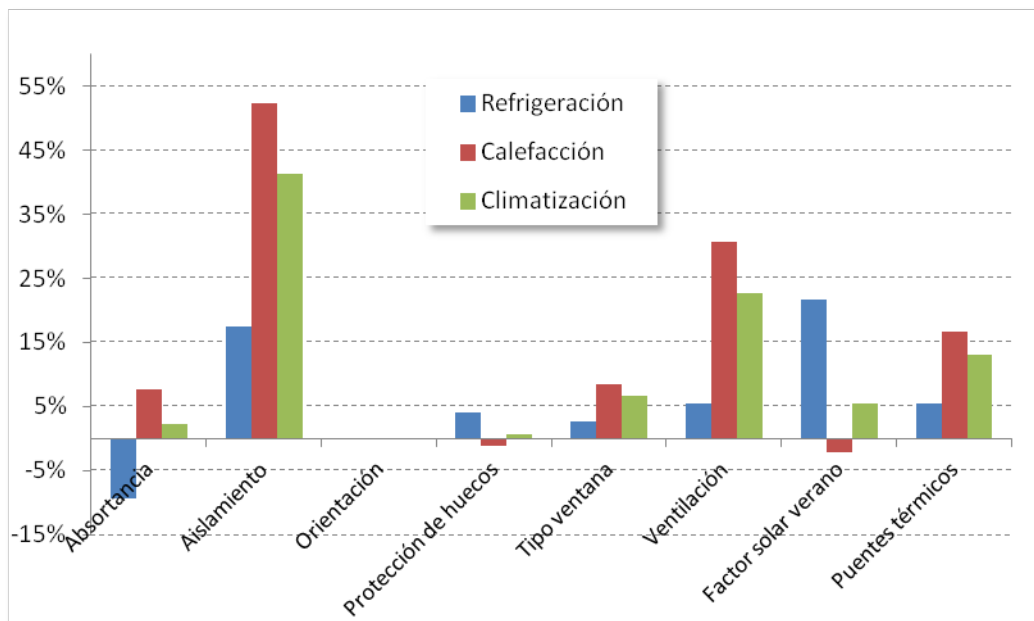


Gráfico 65. Potencial de ahorro en demandas. Vivienda Unifamiliar. Málaga.

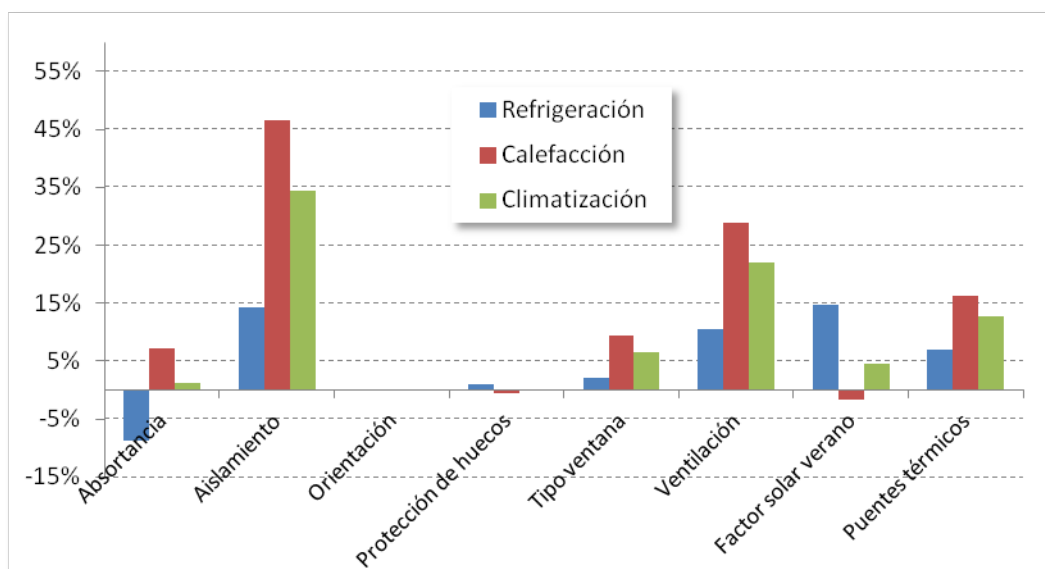


Gráfico 66. Potencial de ahorro en demandas. Vivienda Unifamiliar. Sevilla.

Análisis de resultados

En el caso de la vivienda unifamiliar el efecto del aislamiento se nota considerablemente también. Se destaca el caso de Málaga donde se consigue disminuir la demanda en calefacción de 50 %.

Conjunto de Medidas Pasivas

Para cada climatología se aplicarán sucesivamente las medidas pasivas según el orden mencionado en la Tabla 47.

Tabla 47. *Conjunto de Medidas Pasivas. Bloque de Vivienda.*

Unifamiliar	MP1	MP2	MP3	MP4
Granada	15 cm aislamiento	Control ventilación (0.4)	PT	Ventanas
Málaga	10 cm aislamiento	Control ventilación (0.4)	PT	Ventanas + persiana
Sevilla	10 cm aislamiento	Control ventilación (0.4)	PT	Ventanas + persiana

En los siguientes gráficos se puede observar la disminución de las demandas de calefacción, refrigeración y la suma de la dos para las distintas climatologías.

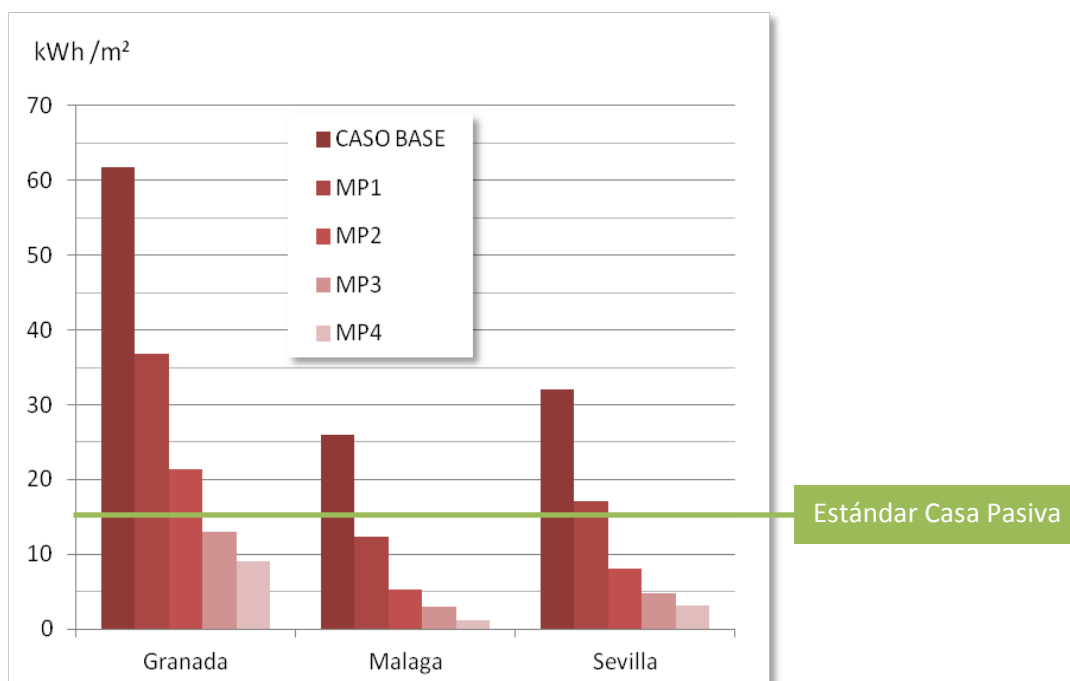


Gráfico 67. Demandas de calefacción. Vivienda Unifamiliar.

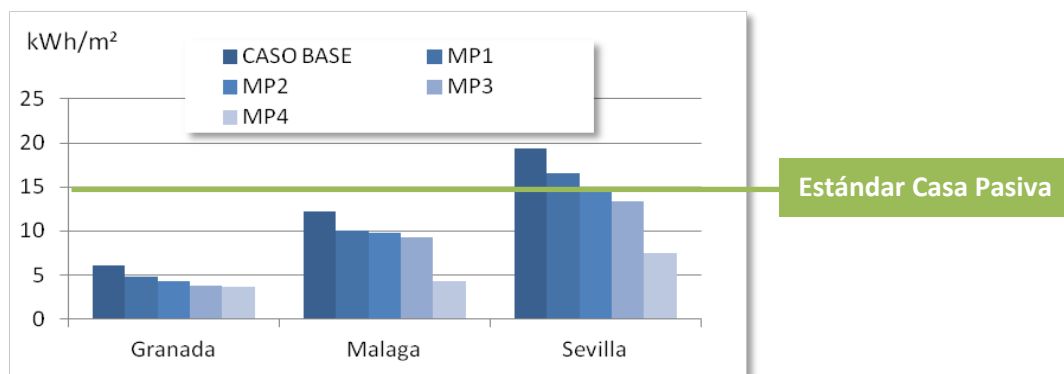


Gráfico 68. Demanda de refrigeración. Vivienda Unifamiliar.

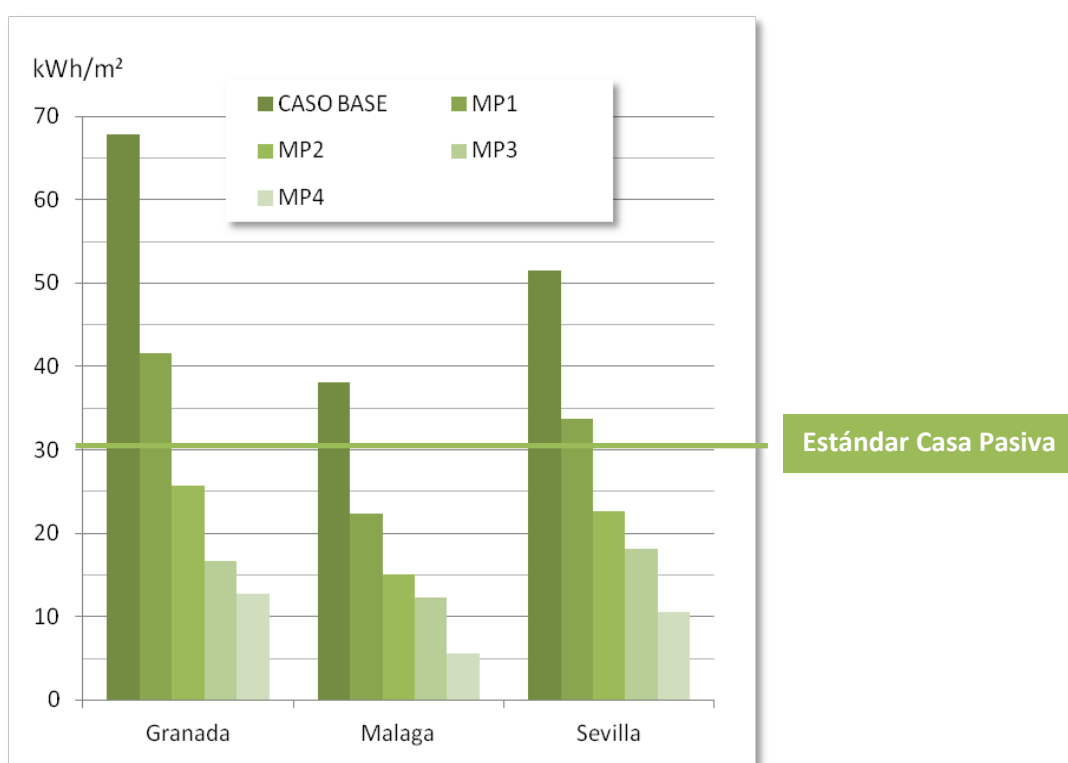


Gráfico 69. Demanda total. Vivienda Unifamiliar.

Análisis de resultados

En este caso, las medidas que predominan son las que permiten disminuir la demanda de calefacción (aislamiento y control de la renovación de aire) puesto que la demanda de refrigeración es inferior a la demanda de calefacción en todos los casos.

Al igual que en el caso del bloque, la demanda total MP5 es muy reducida respecto a la demanda inicial. Se puede conseguir gracias a un control muy estricto de la renovación de aire, a través del uso de persianas exteriores y eliminando los puentes térmicos. Este ejercicio demuestra el potencial de cada una de las medidas hoy en día en gran medida desaprovechado.

3.4 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

En este capítulo se mostrará la influencia de la demanda energética de partida y los tipos de sistemas de climatización empleados en la calificación energética final.

Como comentado en el capítulo 1, la Junta de Andalucía ha incluido una nueva calificación energética A EXCELENTE, que se ha reflejado en este estudio bajo la denominación A+.

La clase A++ se ha añadido para los casos en que el balance energético de la casa es positivo. Se alcanzará gracias a la producción de electricidad a través de una instalación fotovoltaica.

Para las demandas energéticas de partida, se consideran tres casos:

- El caso **Base**: Caso de partida, cumple estrictamente los requerimientos del CTE,
- Las demandas de 15 kWh/m² en calefacción y refrigeración que cumplen con el Estándar de la Casa Pasiva (**CP**),
- Las demandas mínimas conseguidas aplicando las medidas pasivas, como visto en el apartado anterior, llamada Máximo Potencial (**MP**).

3.4.1. PRESENTACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSIDERADOS

Tabla 48. *Sistemas considerados en el estudio.*

1	Sin sistema	
2	Solo Calor - Caldera	
2a	Gas	Convencional
2b		Baja Temperatura
2c		Condensación
2d	Biomasa	
3	Calor y Frio	
3a	Bomba de calor - B	Centralizado
3b		Individual
3c	Bomba de calor - A	Centralizado
3d		Individual
3e	Bomba de calor geotérmica	Alta eficiencia
3f		Eficiencia

Para todos los casos se ha considerado un apoyo al sistema de agua caliente compuesto por un sistema de gas, como lo requiere el nuevo reglamento de la Junta de Andalucía.

Los sistemas considerados en este estudio han sido seleccionado en función del uso que tienen en edificios residenciales (Tabla 48).

Sin Sistema

La primera configuración que se considera es que las viviendas no tienen sistemas ni para combatir la carga de calefacción ni la de refrigeración. Este caso se encuentra a menudo en Andalucía, un ejemplo muy común son las viviendas de protección oficiales.

En este caso, Calener VyP coloca un sistema de climatización por defecto asumiendo que el usuario instalará una caldera de gasóleo de 0,75 de rendimiento para combatir la carga de calefacción y una bomba de calor de eficiencia energética de 1.7 en refrigeración.

Sistema solo Calor

La segunda configuración considera que se coloca un sistema para combatir la demanda de calefacción. En Andalucía se encontrará sobre todo en la provincia de Granada donde la demanda de calefacción es muy superior a la de refrigeración.

En este estudio para este sistema se considera el uso de tres tipos de calderas; convencional, de baja temperatura y de condensación. Efectivamente, en Andalucía, dada la alta demanda de refrigeración, si se instala una bomba de calor, combatirá también automáticamente la demanda de refrigeración.

Sistema con Calor y Frío

La tercera configuración considera tres tipos de bomba de calor.

El primer tipo de bomba es la bomba de calor convencional (aire-aire) de eficiencia energética B. Se considera dos configuraciones; individual o en sistema centralizado.

El segundo tipo de bomba es de tipo convencional con alto rendimiento y eficiencia energética A. Se consideran dos configuraciones; individual o centralizado.

Finalmente se supone el uso de bomba de calor geotérmica en dos configuraciones. La primera configuración, más eficiente, considera el uso de suelo radiante, que permite trabajar con temperatura de impulsión baja, y un intercambiador enterrado vertical. La segunda configuración supone un sistema de menor eficiencia funcionando con un intercambiador horizontal o un intercambiador vertical y radiadores como unidades terminales.

3.4.2. BLOQUE DE VIVIENDAS

A continuación se presentan los resultados de calificación energética de los edificios estudiados obtenidos en las distintas climatologías. Para analizar los resultados es interesante recordar las demandas iniciales (Tabla 49).

Tabla 49. Demandas de calefacción y refrigeración. Bloque.

kWh/m ²	Calefacción	Refrigeración	Total
Granada	44.87	14.07	58.94
Málaga	18.17	18.76	36.93
Sevilla	21.02	26.96	47.98

La Tabla 50 muestra los resultados obtenidos para los distintos sistemas presentados.

Tabla 50. *Calificación Energética. Bloque de vivienda. Granada – Málaga – Sevilla.*

	Granada			Málaga			Sevilla		
	Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
1	D	C	A	E	D	B	E	D	B
2									
2a	C	B	A	D	D	B	D	C	B
2b	C	B	A	D	D	B	D	C	B
2c	C	B	A	D	D	B	D	C	B
2d	A	A	A	C	B	A	C	B	A+
3									
3a	D	C	A	D	D	B	D	C	B
3b	D	C	A	D	D	B	D	C	B
3c	C	B	A	D	C	B	D	C	A+
3d	D	B	A	D	D	B	D	C	A+
3e	B	A	A	C	B	A	B	B	A+
3f	B	A	A	C	C	A	B	B	A+

Sin Sistema

El caso base sin sistema consigue una mala calificación en todas las climatologías; D en Granada, mientras en Málaga y Sevilla consigue una E, calificación energética por debajo del mínimo exigido por la Junta de Andalucía.

Disminuyendo la demanda energética para cumplir con el criterio de la casa pasiva se consigue mejorar de una clase la calificación final; en Granada pasa a C mientras en Málaga y Sevilla pasa a D.

Este ejemplo demuestra que no existe relación directa entre el estándar de la casa pasiva y la calificación energética pudiendo obtener una calificación energética D en Málaga o Sevilla si no se usan sistemas.

Finalmente limitando al máximo la demanda de partida (MP), en Granada se ganan dos letras pasando a A, en Málaga y Sevilla sólo se llega a B.

Sistema solo Calor

Dada la alta demanda de calefacción en Granada, el uso de un sistema que combate esta demanda emitiendo poco CO₂ (caldera de gas) permitirá alcanzar una buena calificación; el caso base se calificará en C, el estándar pasivo en B y el caso de máximo potencial en A.

Obviamente el uso de caldera de biomasa permite conseguir la calificación A para los tres casos de demandas.

En Málaga y Sevilla, debido a la alta demanda de refrigeración, el uso de caldera de gas sólo permite conseguir una calificación energética B partiendo del caso más favorable de demanda (MP). En este mismo caso, el uso de biomasa permite alcanzar la calificación energética A en Málaga y A+ en Sevilla.

Sistema con Calor y Frío

En el caso base, se destaca cómo, aunque usando un sistema que combate el frío y el calor, sólo se consigue calificación D en las tres climatologías, a la excepción de la geotermia.

En Málaga, para el caso CP, no varía la calificación anterior puesto que la demanda del estándar pasivo es muy cercana a la del caso Base (36,93 kWh/m² respecto a 30 kWh/m²). En esta misma climatología, sorprende que se pueda llegar a la calificación energética A sólo de dos formas, las dos con las demandas al mínimo (MP), usando una caldera de biomasa o una bomba de calor geotérmica.

Coefficiente de paso de Energía Final a Emisiones de CO₂

Los resultados arrojados por la tabla anterior (dificultad de conseguir altas calificaciones) brindan la oportunidad de profundizar en el método de cálculo de la calificación energética. Este método se basa en comparar las emisiones de CO₂ producidas por el sistema colocado en nuestra vivienda con unas emisiones de referencia calculadas para cada climatología.

Pero ¿Cómo se calculan las emisiones producidas por nuestro sistema? En la Tabla 51 se muestran los coeficientes de paso usados por el programa Calener Vyp.

Tabla 51. Paso de energía final a emisiones de CO₂

	Emisiones
Gas	204 g CO ₂ /kWh t
Gasóleo C	287 g CO ₂ /kWh t
Electricidad peninsular	649 g CO₂/kWh e

Uno de los valores de esta tabla sorprende. **El coeficiente de paso de la electricidad está casi tres veces más alto** que el coeficiente real mencionado por las compañías eléctricas en su factura de electricidad (**240 grCO₂/kWh e**, media nacional del año 2011).

Queda claro que los sistemas que emplean como energía la electricidad para calentar o enfriar, o sea las bombas de calor, se ven perjudicadas por estos coeficientes, casi tres veces superiores a los coeficientes reales. Por lo tanto, las climatologías más calurosas, donde se instalan bombas de calor, tendrán más dificultad para conseguir altas calificaciones energéticas respecto a las climatologías más frías donde no se necesita combatir la demanda de refrigeración.

Para cuantificar la variación de la calificación para los sistemas empleando bombas de calor, se ha vuelto a calcular la calificación energética con este valor real. Los resultados se muestran en la Tabla 52.

Tabla 52. *Calificación Energética. Coeficiente de paso de electricidad real. Bloque de vivienda. Granada - Málaga - Sevilla.*

Coeficiente de paso de electricidad 0.24 kgCO ₂ /kWh									
	Granada			Málaga			Sevilla		
	Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
3a	B	A	A+	C	B	A+	B	B	A+
3b	B	A	A+	C	C	A+	B	B	A+
3c	B	A+	A+	B	B	A+	B	A	A+
3d	B	A+	A+	B	B	A+	B	A	A+
3e	A+	A+	A+	B	B	A+	A+	A+	A+
3f	A+	A+	A+	B	B	A+	A	A+	A+

Se observa claramente que, con el coeficiente de paso real, se pueden conseguir altas calificaciones, coherentes con las medidas aplicadas.

En el caso de la optimización de las medidas pasivas (MP), se alcanza la calificación energética A+ en todas las climatologías y en particular en Málaga, donde, con el coeficiente empleado por Calener VyP, sólo llegaba a B.

VIVIENDA UNIFAMILIAR

Para analizar los resultados se muestran las demandas iniciales de calefacción y refrigeración de la tabla 53.

Tabla 53. *Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda Unifamiliar.*

kWh/m ²	Calefacción	Refrigeración	Total
Granada	61.83	6.03	67.86
Málaga	25.89	12.15	38.05
Sevilla	32.11	19.37	51.49

La Tabla 54 muestra los resultados obtenidos para los distintos sistemas presentados.

Tabla 54. *Calificación Energética. Vivienda Unifamiliar. Granada - Málaga - Sevilla.*

	Granada			Málaga			Sevilla		
	Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
1	D	B	A+	D	C	A	D	C	A
2a	C	B	A+	C	C	A+	C	B	A+
2b	C	B	A+	C	C	A+	C	B	A+
2c	C	B	A+	C	B	A+	C	B	A+
2d	A+	A+	A+	B	A	A+	B	A+	A+
3a	D	B	A+	C	C	A+	C	B	A+
3b	D	B	A+	D	C	A	D	C	A+
3c	C	B	A+	C	B	A	C	B	A+
3d	C	B	A+	C	C	A+	C	B	A+
3e	B	A+	A+	B	B	A+	B	A+	A+
3f	B	A+	A+	B	B	A+	B	A+	A+

En este ejemplo también se pone en evidencia que la calificación energética no tiene relación directa con el Estándar de la Casa Pasiva (Tabla 54). Sin embargo, en este caso el estándar consigue mejores calificaciones, C siendo la peor letra que consigue una vivienda que cumple con el criterio de demanda.

Sin Sistema

En la vivienda unifamiliar, cuando no se usan sistemas, las tres climatologías tienen una calificación D para el caso Base y una calificación energética A para el caso de máxima potencial.

Comparando estos resultados con los de la tabla 50 se observa que esta vivienda unifamiliar consigue mejores calificaciones energéticas que el bloque de vivienda. Estos resultados se explican por el hecho de que en la vivienda unifamiliar, en las tres climatologías la demanda inicial total es inferior a la demanda tomada como referencia por

Calener VyP. En cambio, en el caso del bloque de viviendas, para las tres climatologías, la demanda total es superior a la demanda de referencia de Calener VyP.

Sistema solo Calor

Otra de la diferencia respecto al bloque de viviendas es que en el caso de la vivienda unifamiliar, en todas las climatologías la demanda de calefacción es superior a la demanda de refrigeración. Por esta razón, en el caso de máximo potencial, la vivienda unifamiliar consigue altas calificaciones (A+) usando calderas de gas en todas las climatologías.

En Málaga, no se nota apenas la diferencia entre el caso base y CP puesto que la demanda inicial es apenas más alta que la demanda correspondiente al estándar pasivo.

Sistema con Calor y Frío

En el caso MP, esta vivienda consigue altas calificaciones (A o A+) empleando bombas de calor convencionales en todas las climatologías.

En el caso de una casa pasiva, según los sistemas usados, las calificaciones obtenidas varían de C a A+.

Coefficiente de paso de Energía Final a Emisiones de CO₂

Se repite el ejercicio del cambio de coeficiente de paso de electricidad realizado para el bloque de viviendas (Tabla 55).

Tabla 55. *Calificación Energética. Coeficiente de paso de electricidad real. Vivienda Unifamiliar. Granada - Málaga - Sevilla.*

		Coeficiente de paso de electricidad 0.24 kgCO ₂ /kWh								
		Granada			Málaga			Sevilla		
		Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
3										
3a		B	A+	A+	B	A	A+	B	A+	A+
3b		B	A+	A+	B	A	A+	B	A+	A+
3c		B	A+	A+	B	A	A+	A	A+	A+
3d		B	A+	A+	B	A	A+	B	A+	A+
3e		A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+
3f		A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+

Se observa que, con el coeficiente de paso real de la electricidad, se obtiene altas calificaciones energéticas (A o A+) para el estándar de la casa pasiva donde anteriormente conseguía una calificación energética B o C.

3.4.3. INTEGRACIÓN DE ELECTRICIDAD RENOVABLE

En el apartado anterior se consideró el uso de biomasa y geotermia en los sistemas de climatización y se constató la mejora en la calificación energética obtenida.

Como mencionado en el capítulo 2 dedicado a las energías renovables, la mini-eólica y la fotovoltaica pueden producir electricidad en los edificios residenciales. Pero hoy en día, Calener VyP no permite tomar en cuenta esta producción de energía limpia directamente en los resultados de calificación (para los edificios residenciales). Si se coloca una instalación fotovoltaica o de mini-eólica en edificación, para considerar este aporte energético en la calificación hay que corregir los resultados obtenidos aparte.

En las tres climatologías tratadas la velocidad del viento es bastante limitada y no permite rentabilizar la instalación de mini-eólica. Por esta razón no se considerará en este apartado. Si el edificio estuviese localizado en una región costera y en particular en la provincia de Cádiz se podría plantear el uso de esta energía.

La Tabla 56 muestra los datos de producción anual considerado en las tres climatologías.

Tabla 56. *Instalación Fotovoltaica.*

Instalación FV	Pot. instalada	Producción anual	
	kWp	kWh	kWh/m ²
Bloque de vivienda	6.3	9300	16.85
Vivienda Unifamiliar	2.6	3800	29.41

Bloque de viviendas

En la Tabla 57, se muestran los resultados de calificación energética para el bloque de vivienda con la instalación fotovoltaica de 6,3 kWp.

A excepción del caso base, todos los casos consiguen como mínimo una calificación energética A, incluso para los casos donde no se usa sistema.

Los casos de máxima limitación de la demanda (MP) consiguen la calificación A++. Esto significa que estas viviendas han pasado de ser consumidora de energía a productora.

Para los casos cumpliendo con la demanda exigida por el estándar pasivo, en su mayoría también consiguen la mayor calificación (A++) pasando a ser productoras de energía.

Tabla 57. *Calificación Energética. Integración de FV. Bloque de vivienda. Granada – Málaga – Sevilla.*

	Granada			Málaga			Sevilla		
	Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
1	C	A+	A++	B	A	A++	C	A+	A++
2									
2a	A	A+	A++	A	A++	A++	B	A++	A++
2b	A	A+	A++	A	A++	A++	B	A++	A++
2c	A	A+	A++	A	A++	A++	B	A++	A++
2d	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3									
3a	B	A+	A++	A	A++	A++	B	A++	A++
3b	C	A	A++	B	A	A++	B	A+	A++
3c	A	A+	A++	A++	A++	A++	A	A++	A++
3d	B	A+	A++	A	A++	A++	A	A++	A++
3e	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3f	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++

Vivienda Unifamiliar

Los resultados obtenidos colocando una instalación solar fotovoltaica de 2,6 kWp en la cubierta de la casa se muestran en la Tabla 58.

Tabla 58. *Calificación Energética. Integración de FV. Unifamiliar. Granada – Málaga – Sevilla.*

	Granada			Málaga			Sevilla		
	Base	CP	MP	Base	CP	MP	Base	CP	MP
1	B	A++	A++	A++	A++	A++	A+	A+	A+
2									
2a	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
2b	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
2c	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
2d	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3									
3a	A+	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3b	A+	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3c	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3d	A+	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3e	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
3f	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++

En más del 90% de los casos esta vivienda unifamiliar consigue un balance energético positivo (A++). Efectivamente, en este caso se puede asignar una producción anual más elevada de energía renovable por metro cuadrado que en el caso del bloque de viviendas.

Capítulo 4. Casos de Buenas Prácticas

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizan una serie de edificios reales, ya construidos, en fase de construcción o en proyecto, de uso tanto residencial como terciario, que obtienen una calificación energética A o B.

Se presentarán las principales características de estos edificios, tanto las medidas pasivas como el uso de energías renovables y el uso de sistemas eficientes que permiten conseguir estas altas calificaciones energéticas.

Para poder presentar en esta guía los mejores casos de buenas prácticas el equipo de HABITEC ha realizado no sólo una extensa **labor de recopilación** y búsqueda de información en toda España sino también una extensa **labor de comprobación**.

Efectivamente, como expuesto en el capítulo 1, a fecha de hoy, sólo dos Comunidades Autónomas (Andalucía y Navarra) han desarrollado un registro de certificados de eficiencia energética accesible al público. En cuanto al control de los certificados, distintas comunidades están empezando a ponerlo en marcha.

Por estas razones, los edificios presentados en esta guía han sido revisados y analizados en detalle por el equipo de ingenieros de HABITEC.

Se aprovecha la ocasión para agradecer la colaboración a los promotores, arquitectos o ingenierías que cedieron a HABITEC todos los datos necesarios para realizar las comprobaciones y estudios que se presentan en este capítulo.

4.1.1. EDIFICIOS COMPROBADOS POR HABITEC

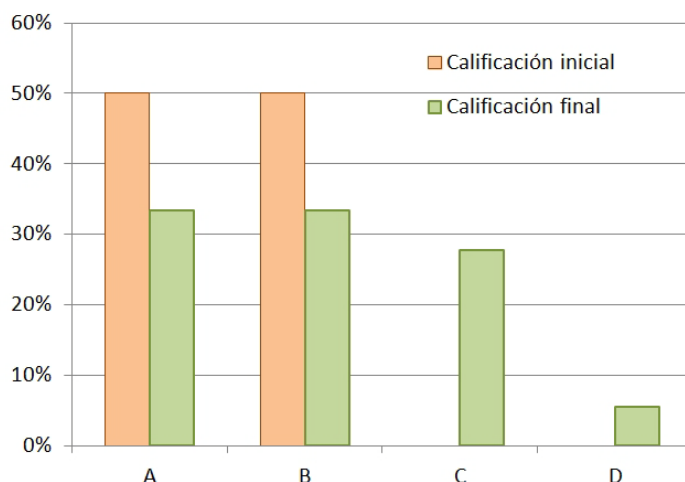


Ilustración 73. Edificios comprobados.

Se puede observar en la Ilustración 73 que, tras la comprobación, la mitad de los casos estudiados cambian de calificación perdiendo una o dos letras.

4.1.2. EDIFICIOS PRESENTADOS EN ESTA GUÍA

En la Tabla 59 se presentan de manera genérica los edificios que analizaremos en detalle.

El tercer apartado de este capítulo se centrará en la edificación residencial mientras el cuarto presentará edificios de uso terciario.

Tabla 59. *Casos de buenas prácticas en calificación energética en España.*

	Método	Calificación
Apartado 4.3 EDIFICIO RESIDENCIALES		
Construidos		
Vivienda unifamiliar en Lleida	Calener-VyP	A
Edificio de viviendas en Sevilla	Calener-VyP	A
En construcción		
Bloque de viviendas 22@, Barcelona	Calener-VyP	A
Vivienda unifamiliar en Loja, Granada	Calener-VyP	A
Viviendas unifamiliares en Murchante, Navarra	Calener-VyP	B
Vivienda unifamiliar en Carcedo de Burgos, Burgos	Ce2	A
En proyecto		
Viviendas VPO en Ripagaina, Navarra	Calener-VyP	A
Apartado 4.4. EDIFICIOS TERCIARIOS		
Construidos		
Hotel en Pulianas, Granada	Calener-VyP	B
Centro de salud en Coria, Cáceres	Calener-GT	B
Edificio Marín, Pontevedra	Calener-VyP	B

La mayoría de las calificaciones se realizaron con el Calener-VyP mientras dos edificios usaron otros métodos, el método simplificado Ce2 y el Calener-GT.

Como se ha comentado, el estudio de estos edificios abarca desde las medidas pasivas (geometría, orientación, huecos, materiales e infiltraciones) hasta las medidas activas de los mismos (ventilación y sistemas), finalizando con la interpretación de los resultados de calificación obtenidos en cada caso.

Antes de la exposición de los distintos edificios, se debe aclarar que las orientaciones mencionadas en esta guía (planos y tablas) siguen el criterio definido en el Documento Básico HE-1 del Código Técnico de la Edificación (ver Ilustración 74).

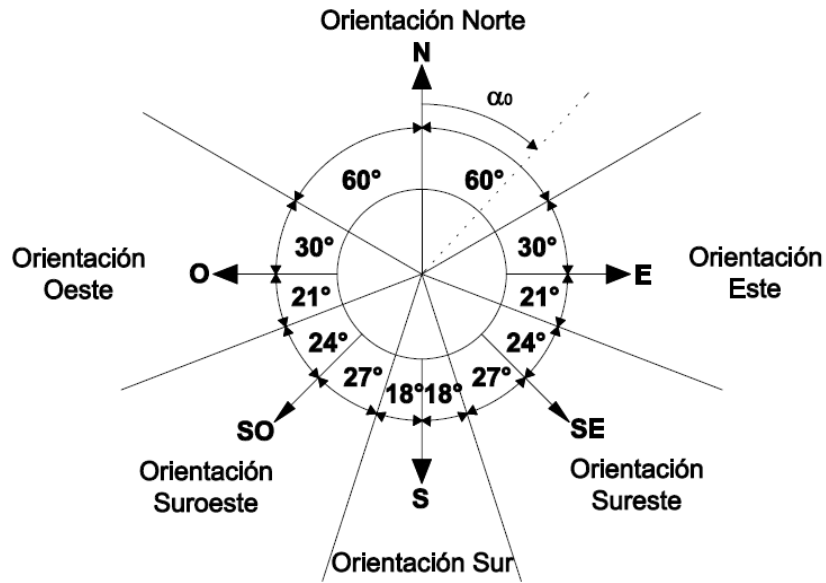


Ilustración 74. Orientaciones de las Fachadas. Fuente: DB HE-1.

4.2 ABREVIATURAS

Espacio No Habitable	NH
Factor solar del vidrio	G_{\perp}
Factor de sombra del hueco	Fs
Transmitancia térmica del hueco (W/m^2K)	U_{hueco}
Transmitancia térmica del vidrio (W/m^2K)	U_{vidrio}

4.3 EDIFICIOS RESIDENCIALES

4.3.1. EDIFICIOS CONSTRUIDOS



Se analizan a continuación las principales características que han llevado a esta vivienda a conseguir la máxima calificación energética (A). Se analizará en primer lugar la geometría, orientación del edificio y su construcción (medidas pasivas), continuando con los sistemas implantados (medidas activas) y finalizando con los resultados obtenidos.

Climatología

Esta vivienda está situada en la provincia de Lleida, que corresponde a una **zona climática D3**. Sin ser extremo, el invierno es severo, siendo la demanda de calefacción aproximadamente tres veces superior a la demanda de refrigeración.

Geometría

Una de las particularidades de esta vivienda reside en su forma. El arquitecto diseñó este edificio en forma de U de manera que se crea un patio semi interior. Este espacio se abre al Este y permite así aprovechar al máximo la luz natural y el calor del sol en invierno. Para protegerse de la entrada de los calurosos rayos de sol en verano se han dispuesto distintas protecciones solares móviles.

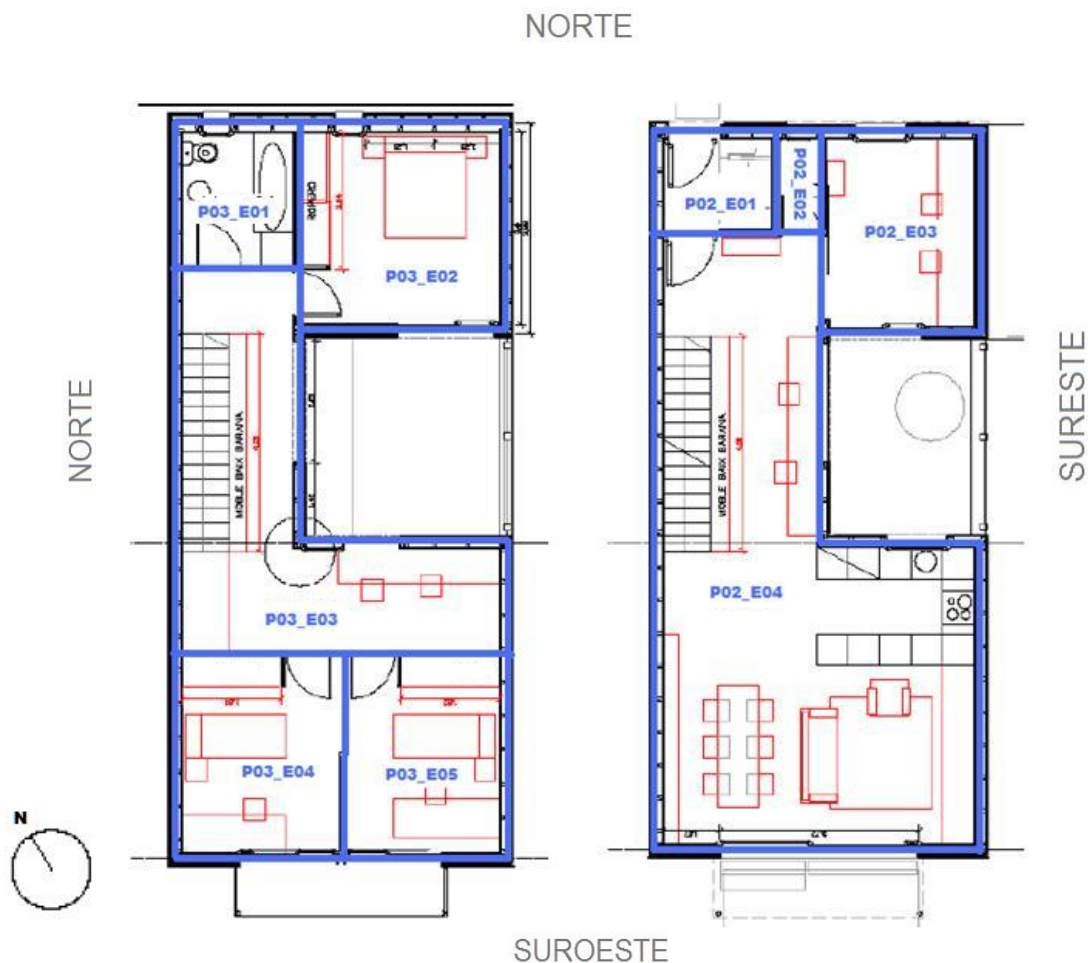


Ilustración 75. Planta primera (izquierda) y planta baja (derecha). Vivienda unifamiliar de Lleida.

Esta forma en U y el hecho de no estar adosada confieren a esta casa una baja **compacidad** de **0,91**. Sin embargo, en el futuro formará parte de una hilera de casas lo que aumentará su compacidad a 1,2, al convertirse los muros de fachada en medianeras, mejorando su eficiencia.

COMPACIDAD 0,91

Esta vivienda está formada por tres plantas: sótano enterrado, planta baja y primera planta. En la Ilustración 75 se presenta la zonificación realizada en Calener-VyP de las plantas baja y primera.

La vivienda tiene una superficie acondicionada de 176,63 m², siendo las salas de instalaciones del sótano las únicas zonas no habitables (Tabla 60).

Tabla 60. *Superficie acondicionada y no habitable. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Sótano	47,51	18,82
Planta baja	66,33	0,00
Primera planta	62,79	0,00
TOTAL	176,63	18,82

Orientación y Huecos

La vivienda está orientada al sur con una desviación de 30°, siendo la fachada suroeste (principal) y las fachadas interiores del patio (suroeste y sureste) las responsables de captar la radiación solar y calentar la casa de manera pasiva.

La **fachada principal suroeste** está formada por grandes ventanales y tres colectores solares para producción de agua caliente sanitaria (Ilustración 76). Para reducir los aportes solares en verano a través de estas ventanas el arquitecto ha optado por dos tipos de protecciones: protecciones fijas formadas por voladizos de 70 cm en planta baja y primera planta, y protecciones móviles formadas por persianas de lamas horizontales orientables.

Las ventanas de la **fachada norte** son pequeñas y provistas de postigos de madera en planta baja y metálica en primera planta para reducir las pérdidas de calor y disminuir la transmitancia térmica en esta cara más expuesta a los vientos fríos (Ilustración 77).

La forma en U de esta vivienda crea un **patio** que se abre en la parte sureste de la vivienda y aporta luz natural al interior (ver Ilustración 78). En las fachadas sureste y suroeste de este patio se encuentran amplias ventanas, mientras en la fachada norte los huecos son más pequeños (Ilustración 79). En verano, para limitar las ganancias solares a través de los grandes ventanales, el patio se cierra por completo; se despliega un toldo blanco y se corre una cortina vertical de madera en la cara sureste (Ilustración 80). En invierno,

durante el día se despliega la cubierta móvil transparente para que el patio actúe como invernadero (Ilustración 81) y durante la noche se despliega el toldo blanco para limitar el intercambio radiante con el cielo.



Ilustración 76. Fachadas suroeste. Vivienda unifamiliar de Lleida.



Ilustración 77. Fachada norte. Vivienda unifamiliar de Lleida.



Ilustración 78. Vista interior. Vivienda unifamiliar de Lleida.

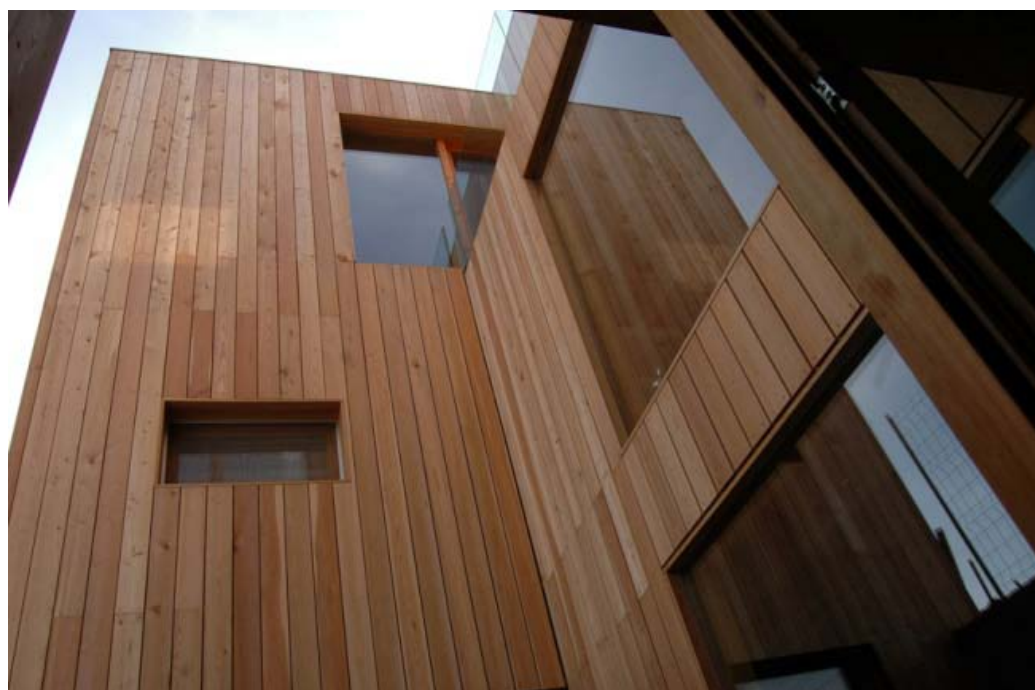


Ilustración 79. Patio. Vivienda unifamiliar de Lleida.

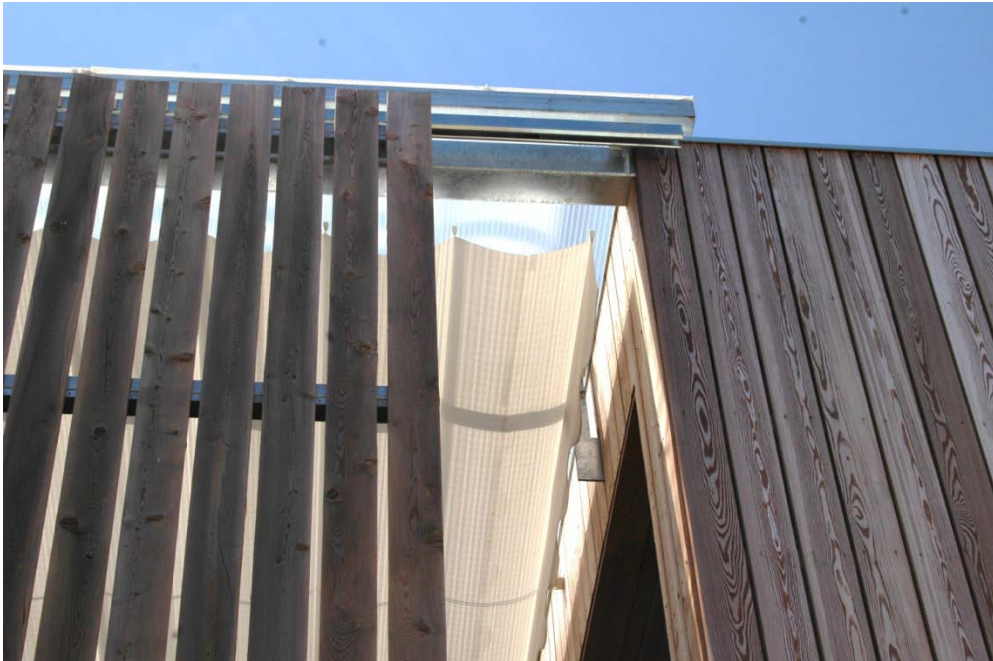


Ilustración 80. Patio, modo verano. Vista lateral. Vivienda unifamiliar de Lleida.



Ilustración 81. Patio, modo invierno. Vivienda unifamiliar de Lleida.

Como se ha comentado, la vivienda dispone de amplios huecos en las orientaciones sureste y suroeste, y huecos más pequeños en la orientación norte (Tabla 61). Estos grandes huecos permiten maximizar los aportes solares durante el invierno y las distintas protecciones los limitarán durante los calurosos meses de verano.

Tabla 61. *Porcentaje de huecos. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

Orientaciones	SUROESTE	NORTE	SURESTE
% HUECOS	52,13	13,43	46,54

Los vidrios utilizados son doble bajos emisivos. La baja transmitancia de estos vidrios ($1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) contribuirá a limitar la demanda de calefacción mientras el factor solar de 0,62 reducirá la demanda de refrigeración (Tabla 62).

 Tabla 62. *Características de los huecos. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

Huecos	U_{vidrio}	$G_{\perp \text{vidrio}}$	F_s	Protecciones
Patio interior	1,40	0,62	0,06	Toldo blanco Cortina madera
Fachada principal suroeste			0,35	Voladizos Persiana de lamas orientables

Material

Las transmitancias térmicas de los cerramientos son muy bajas en comparación con las exigencias por el Código Técnico ($0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ para suelos, $0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ para fachadas y $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ para cubiertas). Se destacan los 18 cm de lana de oveja colocados en las fachadas y los 27 cm de la cubierta (Tabla 63).

De la misma forma hay que subrayar el uso de materiales con poca energía incorporada como lo es la **lana de oveja**. Este material, aparte de conseguir una reducción de la demanda energética, también reduce de manera considerable la *embodied energy* del edificio.

 Tabla 63. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

Cerramientos		U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	AISLANTE		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelos	Espacios NH	0,66	5	0,041	Lana de oveja
	Terreno	0,47	7	0,038	Poliestireno expandido
Fachada		0,21	18	0,041	Lana de oveja
Muros	Terreno	0,47	7	0,038	Poliestireno expandido
	Espacios NH	0,66	5	0,041	Lana de oveja
Cubierta		0,14	27	0,041	Lana de oveja

Ventilación e infiltraciones

La ventilación se realiza a través de un sistema de ventilación mecánica dotado de un **recuperador de calor** de rendimiento de 70 %.

Aparte de la recuperación de calor, la ventilación utiliza otro sistema que permite mejorar la eficiencia: **el pozo canadiense** (ver Ilustración 82). Este sistema consiste en colocar tuberías en el suelo del jardín, conectándolas por un lado al sistema de ventilación y por el otro a una toma de aire exterior. De esta forma, antes de entrar en la vivienda, al pasar por las tuberías, el aire exterior intercambia calor con el suelo reduciendo el salto térmico entre el aire exterior e interior. El pozo canadiense aprovecha el calor de la tierra, la cual se queda a temperaturas menos extremas que la temperatura del aire exterior a lo largo del año (ver apartado 2.6). De esta forma se aclimata el aire exterior antes de ser introducirlo en la casa.



Ilustración 82. Sistema de ventilación mecánica. Vivienda unifamiliar de Lleida.

Sistemas

La vivienda dispone de una caldera de condensación de gas natural de 24 kW que produce el agua caliente necesaria para la calefacción por suelo radiante y para ACS (sistema mixto). Hay que destacar la alta contribución solar conseguida con la instalación de tres paneles térmicos (80 %), respecto al 50 % exigido por el CTE para esta zona (Tabla 64).

Tabla 64. *Sistemas. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

Calefacción & ACS	
Equipo	Caldera de condensación (gas natural)
Potencia térmica	24 kW
Rendimiento	1
Unidades terminales	Suelo radiante
Contribución solar [HE-4]	80 % [50 %]
Refrigeración	
	-

La vivienda no cuenta con sistema de refrigeración ya que, como se ha comentado anteriormente, en la climatología D3 la demanda de refrigeración es muy inferior a la demanda de calefacción, por lo que no se ha visto necesario instalar tal sistema. Este hecho empeora ligeramente la calificación final.

Calificación energética

La buena orientación y protección de los huecos, así como un elevado nivel de aislamiento de las fachadas (18 cm) y cubierta (27 cm) permiten obtener unas demandas muy bajas tanto en calefacción como en refrigeración consiguiendo una calificación energética A para ambas demandas (Tabla 65).

Tabla 65. *Calificación energética. Vivienda unifamiliar de Lleida.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	14,2	A
Refrigeración	9,9	B
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Calefacción	3,2	A
Refrigeración	3,8	C
ACS	1,1	A
TOTAL	8,1	A

Como se ha comentado en el apartado anterior, la vivienda no dispone de sistema para combatir la demanda de refrigeración. En estos casos, para calcular el consumo en refrigeración, Calener-VyP coloca un equipo de refrigeración (bomba de calor eléctrica) de rendimiento 1,7. Este sistema por defecto empeora la calificación de refrigeración pasando de B en demanda a C en emisiones.

Hay que reseñar que esta vivienda se terminó de construir en 2009 y desde entonces está siendo monitorizada. Según los resultados de la monitorización y la experiencia del usuario, la temperatura interior no superó los 27°C a lo largo del año sin ningún sistema de refrigeración.

Aún así el alto rendimiento de la caldera de condensación (100 %) junto a la elevada contribución solar en ACS (80 % frente al 50 % exigido por el CTE), permiten limitar las emisiones de CO₂ y obtener una calificación energética final A.

BUENAS PRÁCTICAS

- ✓ Orientación
- ✓ Huecos
- ✓ Aislamiento
- ✓ Uso de material de baja energía incorporada (lana de oveja)
- ✓ Alta contribución solar ACS
- ✓ Rendimiento del sistema de calefacción y ACS

¿QUÉ MEJORAR?

- ✓ Compacidad
- ✓ Uso de energías renovables

Autor del proyecto

Josep Bunyesc - Arquitecto - Lleida

info@bunyesc.com - www.bunyesc.com



A continuación se verán las principales características que han llevado al edificio a conseguir la calificación energética A.

Climatología

Este bloque de viviendas se sitúa en la ciudad de Sevilla, situada a tan sólo 6 metros sobre el nivel del mar, en plena Vega y Campiña del río Guadalquivir, y a orillas de éste. El clima es de tipo mediterráneo, con una temperatura media anual de 26°C en verano y 12°C en invierno, correspondiéndole una **zona climática B4**. Por ello, en este caso, la severidad climática de verano adquiere mayor relevancia que la severidad climática de invierno, siendo crucial disminuir y combatir de forma eficiente la demanda de refrigeración del edificio.

Geometría

A pesar de ser un bloque de viviendas de cinco plantas, la compacidad del edificio no es muy elevada (**1,37**) debido a la localización del aparcamiento (no habitable), rodeado de espacios acondicionados, y a la presencia de un patio interior.

COMPACIDAD 1,37

En la Ilustración 83 a la Ilustración 87 se presentan las distintas plantas y zonificaciones realizadas para la simulación del edificio en Calener-VyP.

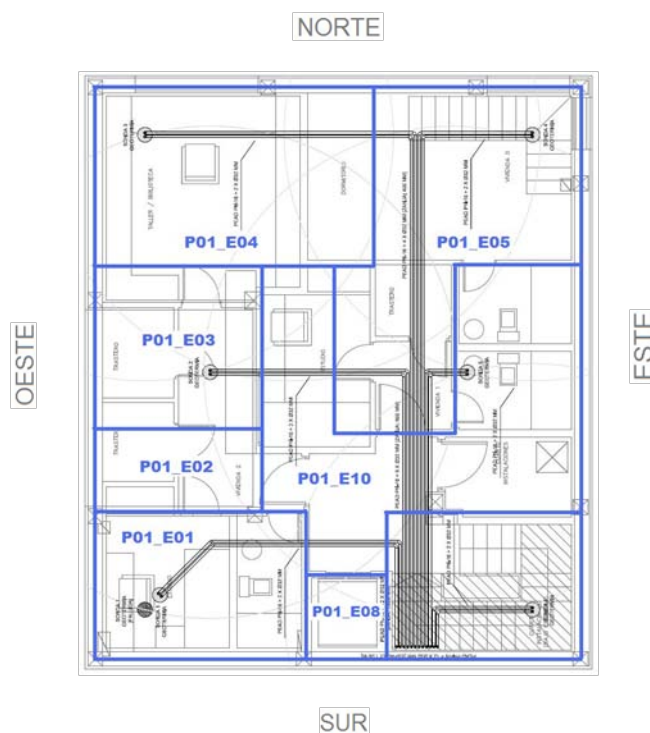


Ilustración 83. Planta sótano. Edificio Barea.

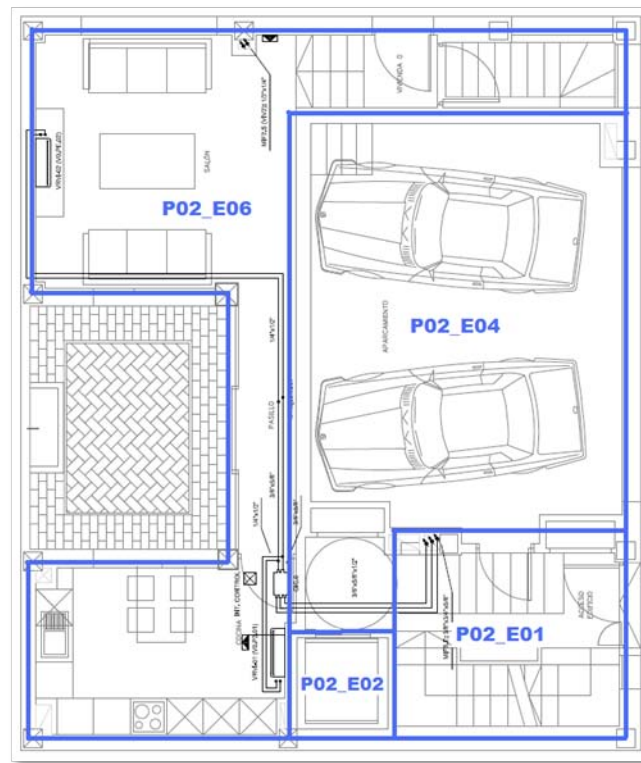


Ilustración 84. Planta baja. Edificio Barea.

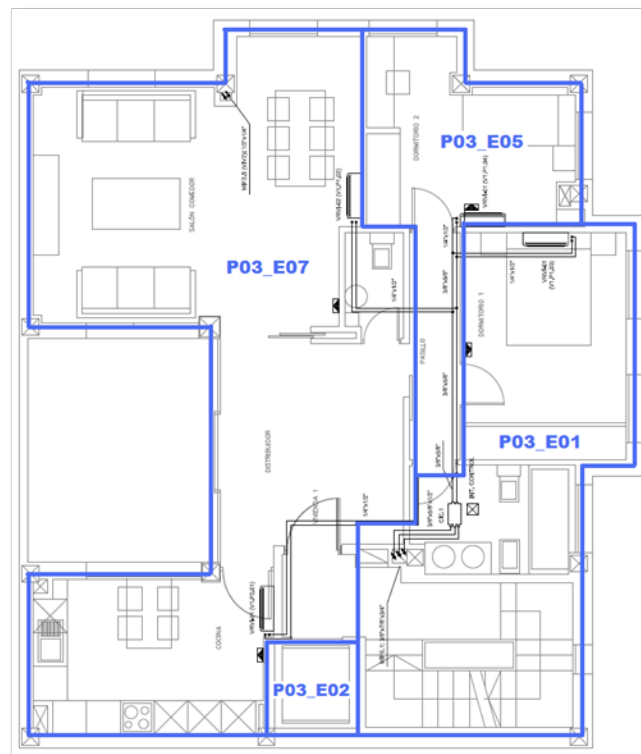


Ilustración 85. Primera Planta. Edificio Barea.

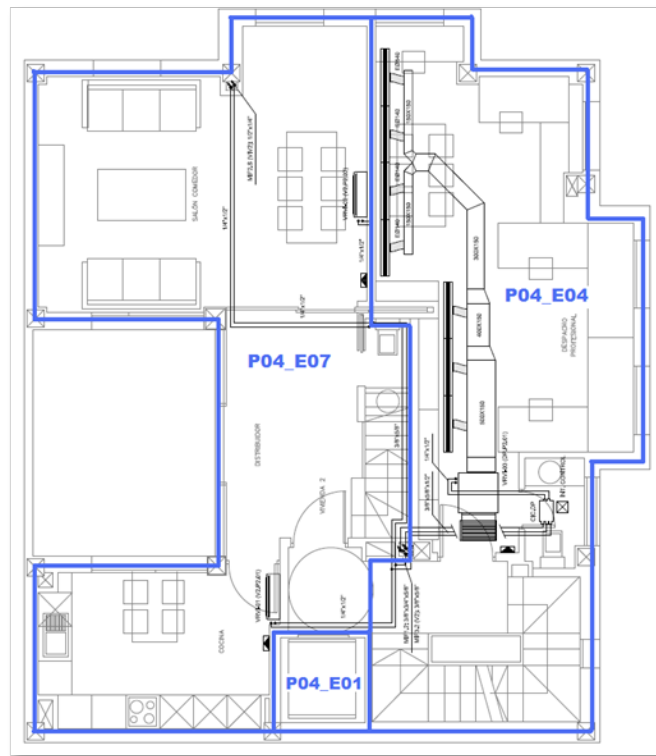


Ilustración 86. Planta Segunda. Edificio Barea.

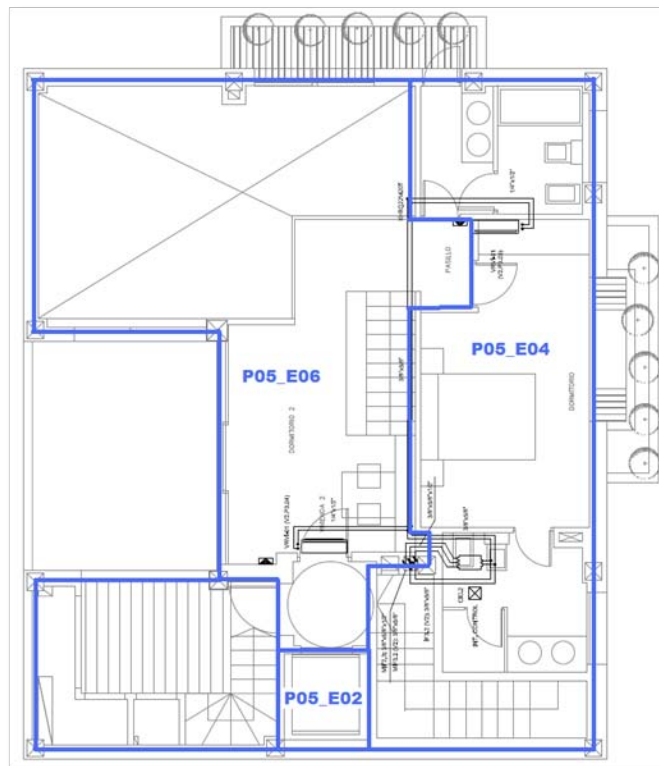


Ilustración 87. Planta tercera. Edificio Barea.

En sus cinco plantas de aproximadamente 100 metros cuadrados cada una (Tabla 66), el edificio alberga tres viviendas y un despacho profesional. Todo el edificio está climatizado a excepción del hueco del ascensor, la escalera, el cuarto de instalaciones (en planta sótano) y el aparcamiento (en planta baja).

Tabla 66. *Superficie acondicionada y no habitable. Edificio Barea.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Sótano	89,00	6,90
Planta baja	50,27	43,70
Primera planta	99,14	2,41
Segunda planta	99,14	2,41
Tercera planta	80,04	2,41
TOTAL	417,59	57,83

Orientación y huecos



Ilustración 88. Fachadas este y norte. Edificio Barea.

Este edificio de viviendas se localiza al final de la calle, haciendo esquina, de forma que los cerramientos sur y oeste se encuentran en contacto con los edificios adyacentes, siendo las

fachadas principales la norte y este (Ilustración 88). Este hecho justifica el bajo porcentaje de huecos que las caracteriza, como se detalla en la Tabla 67. En el lado oeste, el edificio se abre formando un patio interior.

Tabla 67. *Porcentaje de huecos. Edificio Barea.*

Orientaciones	Norte	Este	Sur	Oeste
% Huecos	18,90	20,51	26,81	32,03

El vidrio empleado, bajo emisivo doble con cámara de argón, tiene muy buenas características térmicas, con una transmitancia térmica de $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un factor solar de 0,42 (Tabla 68).

Los huecos orientados al sur y oeste (en el patio interior) cuentan con persianas exteriores que los protegen de la radiación solar estival, limitando así la demanda de refrigeración.

Tabla 68. *Características de los Huecos. Edificio Barea.*

Huecos	U_{Hueco}	U_{vidrio}	$G_{\perp \text{vidrio}}$	F_s	Protecciones
Patio interior Fachadas sur y oeste	1,49	1,40	0,42	0,05	Persiana exterior
Resto				0,55	Cortina

Material

Las características de los cerramientos de la envolvente del edificio son buenas, pudiendo destacarse la colocación de 6 cm de aislamiento continuo por el exterior en fachadas y medianeras, y 8 cm en cubierta (Tabla 69). En cambio, la transmitancia térmica de los suelos es próxima al valor límite indicado en el CTE ($0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Tabla 69. *Características cerramientos. Edificio Barea.*

CERRAMIENTO	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	AISLANTE		Tipo	
		Espesor (cm)	λ (W/mK)		
Suelo	0,59	4	0,034	Poliestireno extruído	
Fachada	0,32	6	0,035	Lana mineral	
Muros	Medianera	0,49	6	0,041	Lana mineral
	Sótano	0,73	3	0,034	Poliestireno extruído
Cubiertas	Agua	0,19	8	0,034	Poliestireno extruído
	Transitables	0,28			
Tabique interior en contacto con espacios NH	0,84	3	0,041	Lana mineral	

Ventilación e infiltraciones

Para asegurar la ventilación requerida por el HS-3 y tener en cuenta las infiltraciones del edificio se han considerado 0,7 renovaciones/hora.

La extracción de aire se llevará a cabo mediante rejillas de extracción en todas las zonas, excepto en cocinas y baños donde se instalarán bocas de extracción regulables en función del caudal demandado.

Además, gracias al patio interior, se favorece la ventilación cruzada entre la fachada norte y la sur, y entre la este y la oeste lo que permitirá reducir la demanda de refrigeración.

Sistemas

El sistema de climatización elegido en este edificio es una instalación geotérmica que proporcionará calefacción y refrigeración a lo largo de todo el año. Esta instalación se compone de una bomba de calor geotérmica de 25 kW de potencia en calefacción y 22,4 kW en refrigeración, conectada por un lado a un circuito secundario con varias unidades de expansión directa y, por otro lado, a un circuito primario formado por un intercambiador de calor enterrado.

Tabla 70. *Sistemas del Edificio Barea.*

Calefacción & Refrigeración	
Equipo	Bomba de calor geotérmica
Potencia térmica (calor/frío)	25 kW / 22,4 kW
Rendimiento (calor/frío)	5,9 / 4,9
Unidades terminales	Expansión directa
ACS	
Equipo	Bomba de calor
Potencia térmica	3,5 kW
Rendimiento	3,3
Contribución solar [HE-4]	75 % [70 %]

Las sondas geotérmicas tienen una longitud útil de 588 metros, distribuidas en 6 perforaciones de 96 metros. Son de polietileno de alta densidad PE100 en configuración simple U, de 32mm de diámetro y PN16.

El agua caliente sanitaria se suministra a través de otra bomba de calor de 3,5 kW de potencia acoplada a un acumulador de 260 litros. Además, el edificio cuenta con una instalación solar térmica de baja temperatura de 3,3 m² de colectores que cubren el 75 % de la demanda de ACS del edificio, porcentaje superior al mínimo exigido en el HE-4 (70 %).

Las principales características de los sistemas de climatización y ACS se recogen en la Tabla 70.

Calificación energética

El edificio no tiene una orientación óptima, al tener sus fachadas principales orientadas al Norte y Este, debido a la situación de partida de la parcela, condicionándose así la demanda energética del edificio, con calificación energética C tanto en calefacción como en refrigeración.

La bomba de calor geotérmica instalada tiene un rendimiento mucho más alto que las bombas de calor convencionales y contribuye a mejorar la calificación, pasando de C en demanda a A en emisiones de calefacción y refrigeración.

El sistema de ACS, con una instalación solar térmica y una bomba de calor (de rendimiento 3,3 veces más alto que un sistema de apoyo eléctrico convencional), consigue lógicamente una calificación A.

Por tanto, puede concluirse que la alta calificación energética final obtenida se debe al alto rendimiento de los sistemas de climatización y ACS utilizados, y al uso de energías renovables (geotermia y solar térmica).

Los resultados arrojados por el programa Calener-VyP se muestran en la Tabla 71.

Tabla 71. *Calificación energética. Edificio Barea.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	14,7	C
Refrigeración	14,1	C
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Calefacción	1,5	A
Refrigeración	1,7	A
ACS	0,5	A
Total	3,7	A

Subvenciones – Agencia Andaluza de la Energía

Como se ha comentado en el apartado dedicado a las subvenciones, en Andalucía, la Agencia Andaluza de la Energía otorga ayudas desde el año 2009 para fomentar el uso de energías renovables.

En este caso, el edificio ha podido acogerse a dos tipos de ayudas:

- Instalación geotérmica
- Edificio de calificación energética A

Para la instalación geotérmica la intensidad de la subvención ha sido de un 40 % sobre el coste incentivable, mientras que para la obtención de una calificación energética A, la ayuda ha sido de un 7,18 % sobre el coste incentivable. Obviamente el coste de la instalación geotérmica no se ha tenido en cuenta en los costes del incentivo para la calificación energética.

Buenas prácticas

- ✓ Vidrio de alta calidad
- ✓ Aislamiento:
 - Continuo por el exterior en fachadas y medianeras
 - En cubiertas
- ✓ Elevado rendimiento de los sistemas de climatización y ACS
- ✓ Uso de energías renovables

¿Qué mejorar?

- ✓ Compacidad
- ✓ Aumento del espesor del Aislamiento del suelo

Autor del proyecto

José Martínez Barea – Arquitecto (pepembarea@gmail.com)

Paula Foronda Hernandez (paulaforondah@arquired.es)

Colaboradores

Ingeniería de instalaciones y empresa instaladora - IH Ingeniería e IH instalaciones

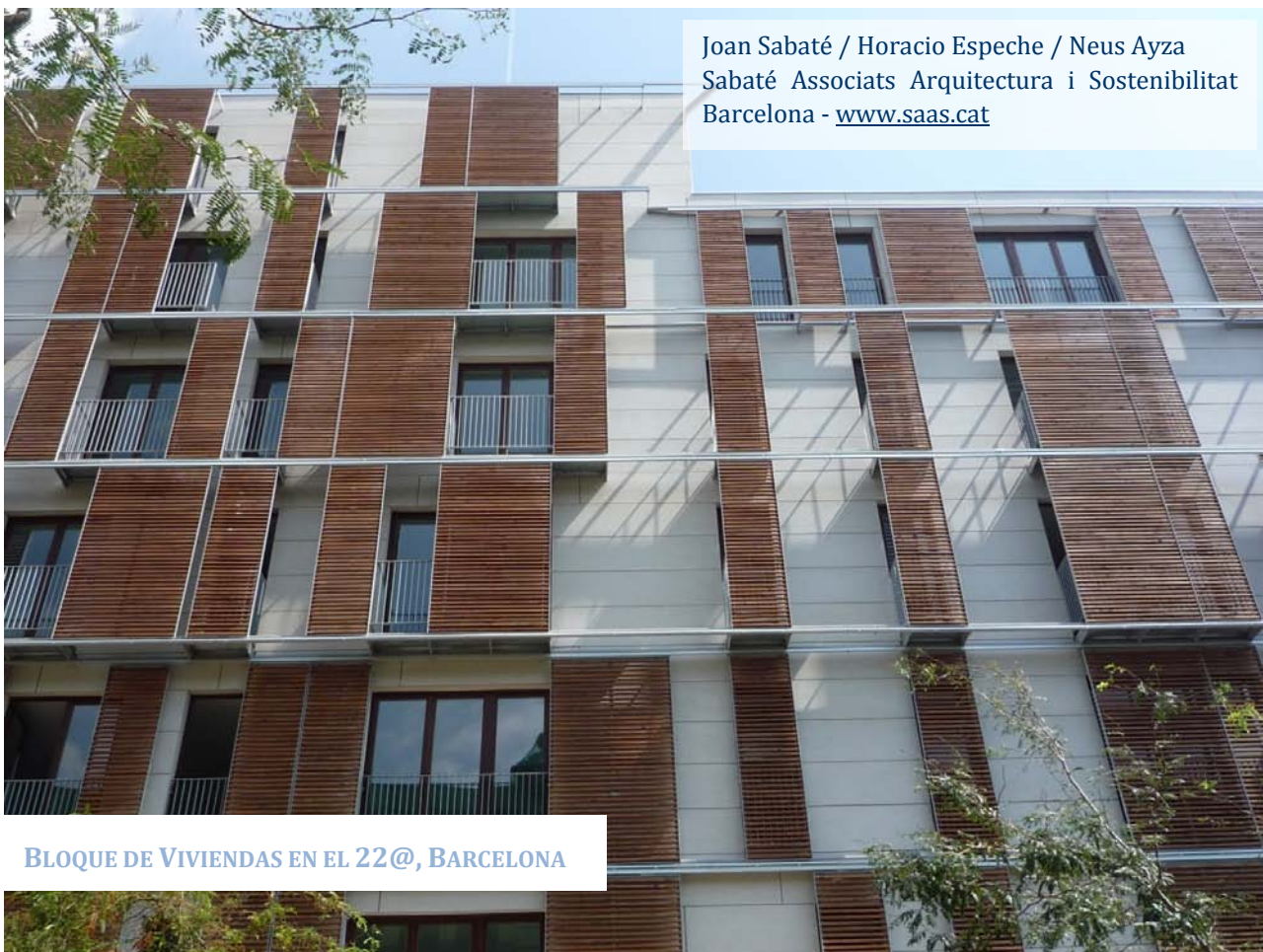
Ingeniería de Estructuras - Árkidos

Diseño, cálculo e instalación de geotermia - Energesis Home

Carpinterías exteriores - Carpintería Hermanos Pinto

Revestimiento de fachadas - STO

4.3.2. EDIFICIOS EN CONSTRUCCIÓN



El edificio que se presenta a continuación está promovido por el Patronat Municipal d’Habitatge de Barcelona. Tiene nueve plantas que albergan 95 viviendas de protección oficial, dos locales en planta baja y dos sótanos para aparcamientos.

Climatología

Este edificio se sitúa en Barcelona, en el distrito 22@ donde le corresponde una **zona climática C2**. El clima de Barcelona es de tipo mediterráneo, con veranos cálidos y húmedos, e inviernos con un frío moderado. En esta zona la demanda de calefacción casi llega a ser cuatro veces superior a la demanda de refrigeración. Por esta razón, se prestará especial atención en reducir la demanda de calefacción y las emisiones asociadas a la misma.

Geometría

Gracias a su altura de nueve plantas (dos sótanos y siete plantas sobre rasante), este bloque de viviendas tiene una alta compacidad (2,25).

COMPACIDAD 2,25

Las plantas sótano, destinadas a aparcamientos, no se han introducido en el programa Calener-VyP por ser no habitables. Los espacios del resto de plantas se definen según su uso, mostrándose en la Ilustración 89 a la Ilustración 92. La planta baja se compone de dos locales comerciales y cinco viviendas, estando las 90 viviendas restantes distribuidas entre las plantas primera a sexta (ático). Estas viviendas tienen 2 ó 3 habitaciones y superficies entre 60 y 70 m².



Ilustración 89. Espacios planta baja. Bloque de viviendas en el 22@.

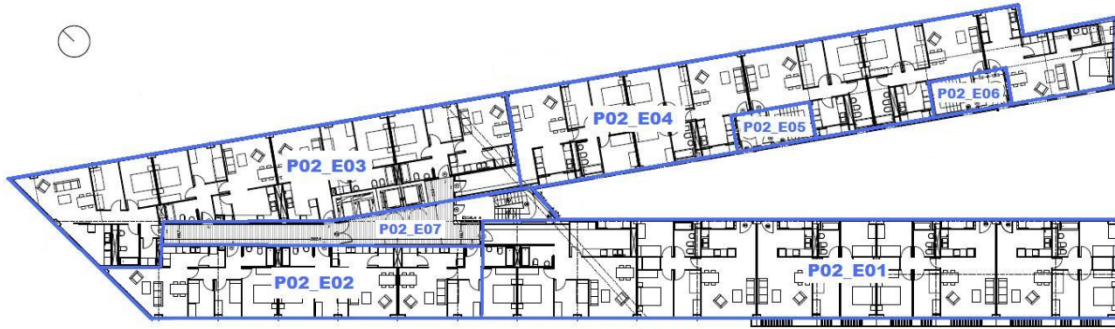


Ilustración 90. Espacios plantas primera y segunda. Bloque de viviendas en el 22@.

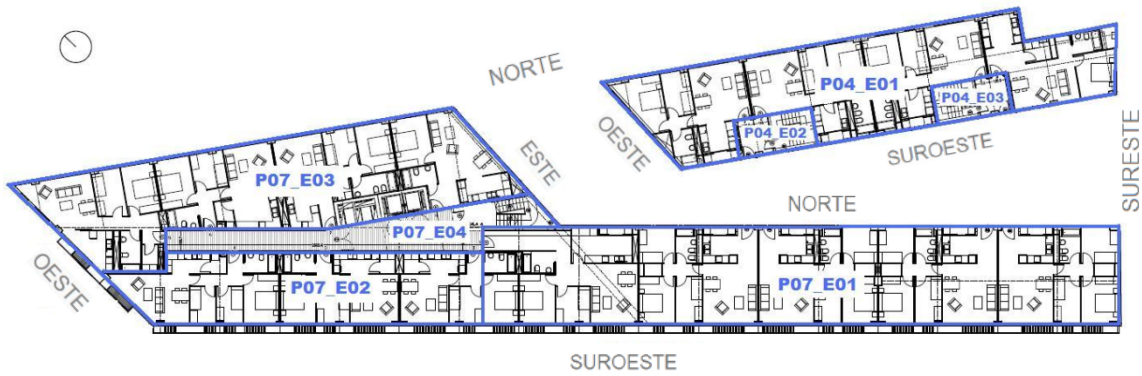


Ilustración 91. Espacios plantas tercera a quinta. Bloque de viviendas en el 22@.

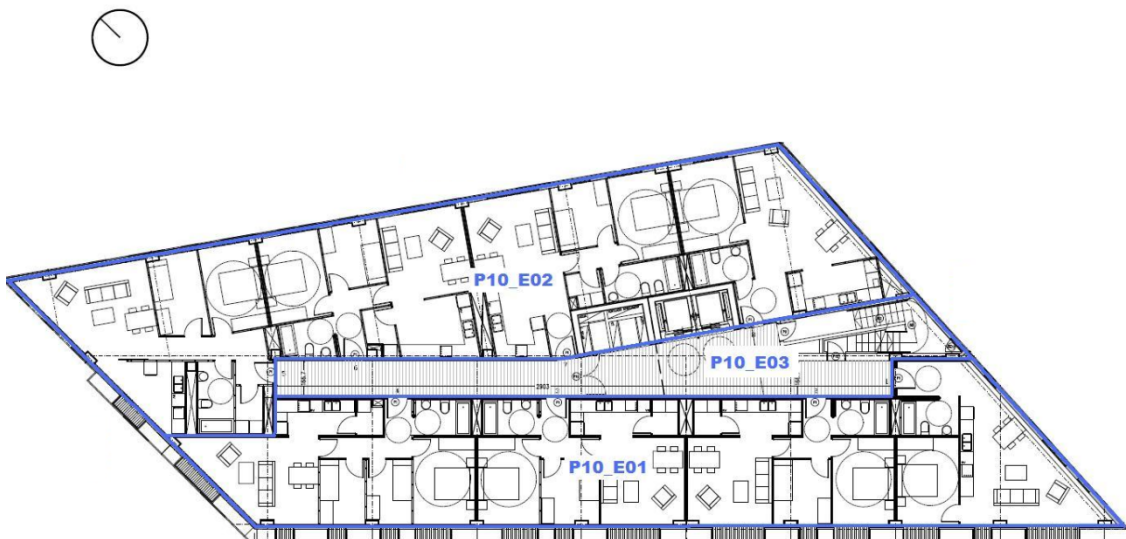


Ilustración 92. Espacios planta ático. Bloque de viviendas en el 22@.

Todas las viviendas están acondicionadas mientras que los locales comerciales y los huecos de escaleras son no habitables (Tabla 72).

Tabla 72. *Superficie acondicionada y no habitable. Bloque de viviendas en el 22@.*

Planta	Superficie (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Sótano -2	0,00	1.743,00
Sótano -1	0,00	1.743,00
Planta baja	974,60	2.974,20
Primera planta	3.585,30	363,50
Segunda planta	3.585,30	363,50
Tercera planta	3.279,80	366,60
Cuarta planta	3.279,80	366,60
Quinta planta	3.522,80	394,90
Ático	1.703,00	272,90
TOTAL	19.930,70	5.102,50

Orientación Y Huecos



Ilustración 93. Lamas móviles. Bloque de viviendas en el 22@.

Las fachadas principales del edificio tienen orientaciones norte y suroeste (con una desviación de 46° respecto al sur). Todos los huecos de estas fachadas poseen lamas móviles colocadas en unas guías que permiten sombrear las ventanas a gusto del usuario (ver Ilustración 93, Ilustración 94 e Ilustración 95). La función de estas lamas en la orientación norte es meramente estética.



Ilustración 94. Fachadas oeste y suroeste. Bloque de viviendas en el 22@.



Ilustración 95. Fachada norte. Bloque de viviendas en el 22@.

Debido a esta simetría estética del edificio, el porcentaje de huecos de las fachadas norte y suroeste es similar, siendo menor para las fachadas este y oeste (Tabla 73).

Tabla 73. *Porcentaje de huecos. Bloque de viviendas en el 22@.*

Orientaciones	Norte	Este	Suroeste	Oeste
% Huecos	32,61	17,05	33,71	23,68

Las carpinterías exteriores de las viviendas son de madera laminada de pino barnizada al agua con vidrio 6/14/4 (doble con cámara de aire de 14 mm). Este vidrio tiene una transmitancia cercana al límite establecido en el DB HE-1 para la orientación norte (2,90 W/m²K), pero mejora respecto al límite exigido en conjunto para zonas climáticas C (4,40 W/m²K) como se aprecia en la Tabla 74. Para reducir la demanda de refrigeración del edificio, los huecos de fachada disponen de lamas móviles, exceptuando aquellos pertenecientes al patio interior y las escaleras, así como la puerta principal de entrada al edificio.

Tabla 74. *Características de los huecos. Bloque de viviendas en el 22@.*

Huecos	U hueco	U vidrio	G _⊥ vidrio	F _s	Protecciones
Patio interior, puerta entrada y escaleras	2,49	2,70	0,75	1	-
Resto				0,20	Lamas móviles y cortinas

Materiales

En la Tabla 75 se observa que las características de la envolvente térmica del edificio son muy buenas, teniendo transmitancias térmicas bajas en comparación a los valores límite que establece el DB HE-1 (0,65 W/m²K para suelos, 0,95 W/m²K para fachadas y 0,53 W/m²K para cubiertas).

Tabla 75. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Bloque de viviendas en el 22@.*

Cerramientos		U (W/m ² K)	Aislamiento		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelo	En contacto con el aparcamiento	0,39	5	0,025	Poliestireno extruído
Fachada		0,23	3 + 8	0,031	Lana mineral
Muro medianera		0,54	4,6		
Cubierta		0,27	10	0,034	Poliestireno extruído
División entre viviendas		0,29	4.6 + 4.6	0,031	Lana mineral

Es de destacar el aislamiento colocado en las fachadas, donde se han dispuesto 3 cm de lana mineral en la fachada ligera ventilada y 8 cm en el muro sándwich sumando un total de 11 cm.

Ventilación e infiltraciones

El sistema de ventilación forzada consiste en rejillas estáticas para permitir la entrada de aire en los dormitorios y el salón, mientras la extracción se realiza en los baños y la cocina.

Sistemas

El sistema de calefacción y agua caliente sanitaria de este bloque de 95 viviendas se basa en la conexión a la red urbana de calor existente mediante una subestación situada en el sótano del edificio. El agua proveniente de la red de calor urbana, a 90°C, calienta a través de un intercambiador el agua del acumulador de 55 a 85°C. Luego, mediante un circuito secundario, se distribuye el agua caliente a cada vivienda a una temperatura inferior a 75°C. El agua del circuito secundario se divide en dos partes, la primera alimenta un intercambiador de calor individual para cada vivienda para producir el agua caliente sanitaria, mientras la segunda parte alimenta directamente a los radiadores (ver Ilustración 96). Tanto el consumo de calor (calefacción y ACS) como el consumo de agua de cada vivienda son contabilizados y facturados de forma individualizada.

La **red de Districlima**, suministradora de calor y frío en el distrito 22@, utiliza como fuente de energía el vapor residual de la planta de aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos de Barcelona. Esta planta usa en sus procesos de combustión un 97,7 % de residuos sólidos urbanos (considerados como energía renovable) y 2,3 % de gas natural.

El rendimiento de la producción de calor (COP), entendido como la relación entre el calor vendido y la energía de origen fósil consumida (electricidad y gas natural en este caso), es de **11,7** según datos de Districlima del año 2008.

Para la simulación en Calener-VyP es necesario definir un sistema equivalente que consuma sólo gas natural o electricidad, y cuyo rendimiento sea tal que las emisiones de CO₂ finales sean las mismas que en el sistema real. En este caso se ha optado por introducir como equivalencia de fuente de calor, una caldera de gas natural (ver Tabla 76).

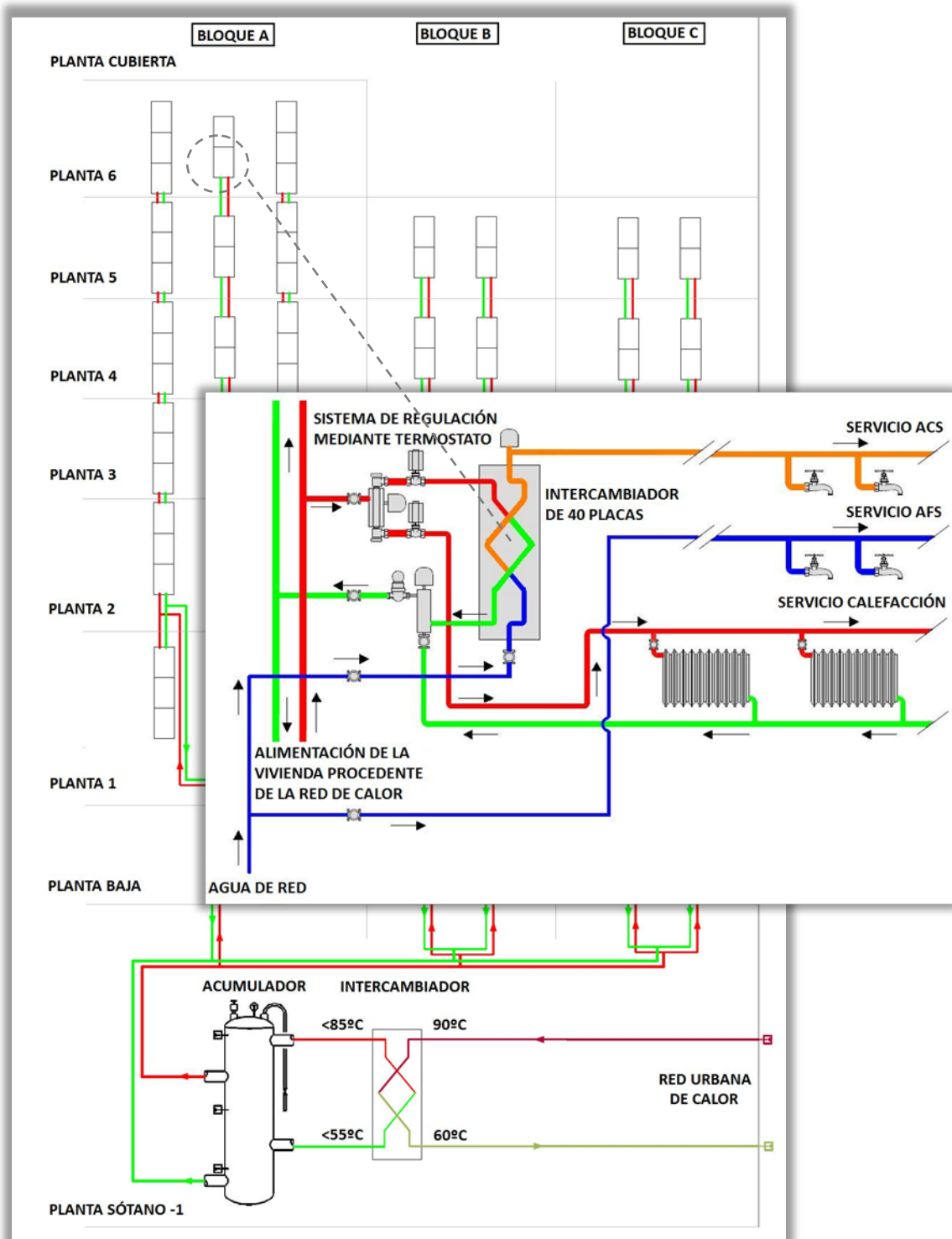


Ilustración 96. Sistema de climatización. Bloque de viviendas en el 22@.

Tabla 76. Red de distrito 22@. Rendimiento equivalente en Calener. Datos de 2008.

Energía (MWh)		Consumo equivalente gas natural (MWh)
Calor vendido	15.766,00	
Energía consumida		
Residuos Sólidos Urbanos	19.531,00	0,00
Gas natural	818,00	818,00
Electricidad	530,30	1.687,10
Total		2.505,10
COP		6,30

Para producir 15.766 MWh de calor la red de distrito de Districlima consume 19.531 MWht de Residuos Sólidos Urbanos, 818 MWht de gas natural y 530,3 MWhe de electricidad, lo que se corresponde con un consumo equivalente de 2.505,1 MWht de gas natural, obteniendo finalmente un rendimiento equivalente de **6,3**.

Tabla 77. Sistemas. Bloque de viviendas en el 22@.

Calefacción & ACS	Real	Calener-VyP
Equipo	Red urbana de calor	Caldera de baja temperatura de gas natural
Potencia térmica		700 kW
Rendimiento	11,7	6,3
Ud. terminales Calefacción		Radiadores
Contribución solar ACS [HE-4]		0 % [35 %]
Refrigeración		-

En la Tabla 77 se observa que el edificio no cuenta con sistema de captación solar para ACS. El CTE lo permite puesto que el sistema de producción de agua caliente sanitaria usa Residuos Sólidos Urbanos, considerados como energía renovable.

También se ha realizado la conexión a la red de frío urbano hasta el edificio para dejar la posibilidad, en el futuro, de completar la instalación y suministrar frío, sobre todo para los locales comerciales de la planta baja.

Calificación energética

Una elevada compactidad (2,25) y altos niveles de aislamiento (11 cm en fachadas y 10 cm en cubiertas) permiten conseguir una calificación energética B en demanda de calefacción.

En refrigeración, gracias a la colocación de lamas móviles en los huecos de fachada, se obtiene una reducción apreciable respecto al edificio de referencia obteniendo una calificación B.

Tabla 78. *Calificación energética. Bloque de viviendas 22@.*

Demanda	(kWh/m ²)	Clase
Calefacción	9,8	B
Refrigeración	2,8	B
Emisiones	(kg CO ₂ /m ²)	Clase
Calefacción	0,4	A
Refrigeración	1,6	B
ACS	0,6	A
TOTAL	2,6	A

En cuanto a los sistemas, se puede observar que las emisiones generadas por el sistema mixto de calefacción y ACS son muy bajas gracias al uso de energías renovables (Residuos Sólidos Urbanos en este caso) consiguiendo una calificación A.

Las emisiones finales se ven empeoradas debido a la demanda de refrigeración, que a pesar de no contar con un sistema para combatirla, Calener-VyP pone uno por defecto (sistema eléctrico con rendimiento 1,7). En este caso, al hallarse el edificio en una zona climática C2, la demanda de refrigeración tiene menos peso que la demanda de calefacción, por lo que, finalmente el edificio consigue una calificación A (Tabla 78).

BUENAS PRÁCTICAS

- ✓ Compacidad
- ✓ Elevado espesor de aislamiento
- ✓ Protección solar de los huecos
- ✓ Red urbana de calor con aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos

¿QUÉ MEJORAR?

- ✓ Suministro de frío a las viviendas mediante la red urbana de frío
- ✓ Calidad del vidrio

Autor del proyecto

Joan Sabaté – Horacio Espeche – Neus Ayza

SaAS

Sabaté associats – Arquitectura i Sostenibilitat – Barcelona – www.saas.cat



Climatología

Esta casa unifamiliar se está construyendo en Loja, en el extremo occidental de la provincia de Granada, a la que corresponde una **zona climática C3**. El clima es moderado y seco en general, con una temperatura máxima de hasta 42°C en verano y mínima de -7°C en invierno. En este tipo de zonas climáticas, la demanda de calefacción es tres veces superior a la demanda de refrigeración.

Geometría

La vivienda estará formada por tres plantas de las cuales una estará semi-enterrada (sótano). A pesar de tratarse de una vivienda unifamiliar aislada, estas tres plantas permiten obtener una compacidad intermedia (**1,24**).

COMPACIDAD 1,24

Los espacios en los que se divide la vivienda para su simulación en Calener-VyP se recogen en la Ilustración 97, la Ilustración 98 y la Ilustración 99. Esta división de espacios se realiza según su uso, siendo en su mayoría espacios acondicionados, a excepción tan solo del aparcamiento del sótano y el aseo, el lavadero y la despensa de la planta baja.

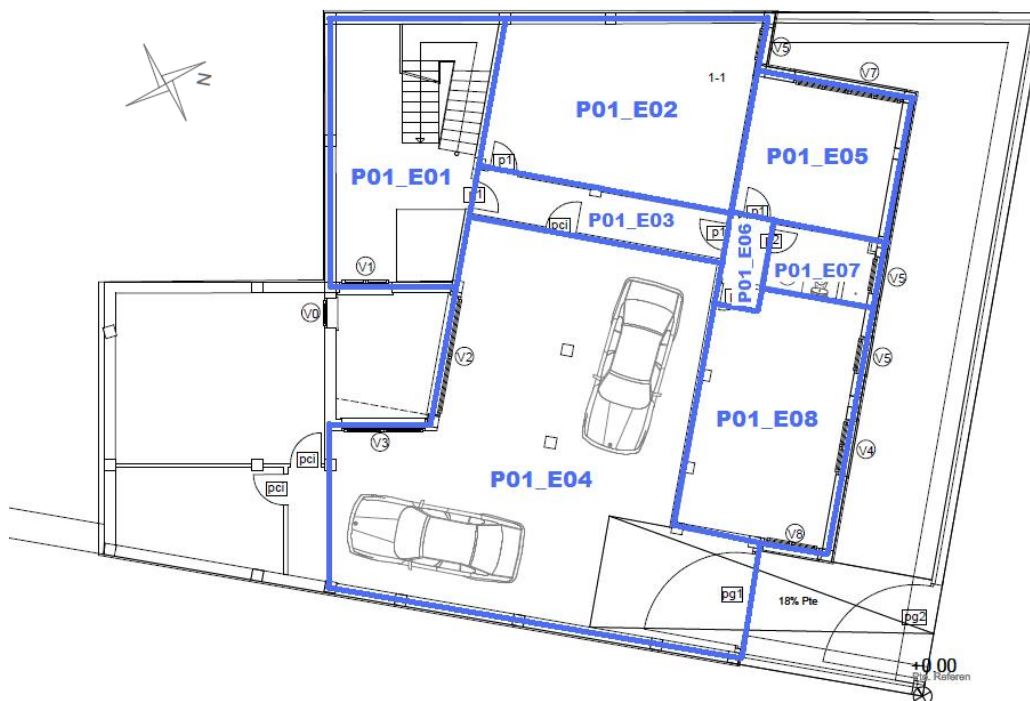


Ilustración 97. Planta sótano. Vivienda unifamiliar de Loja.

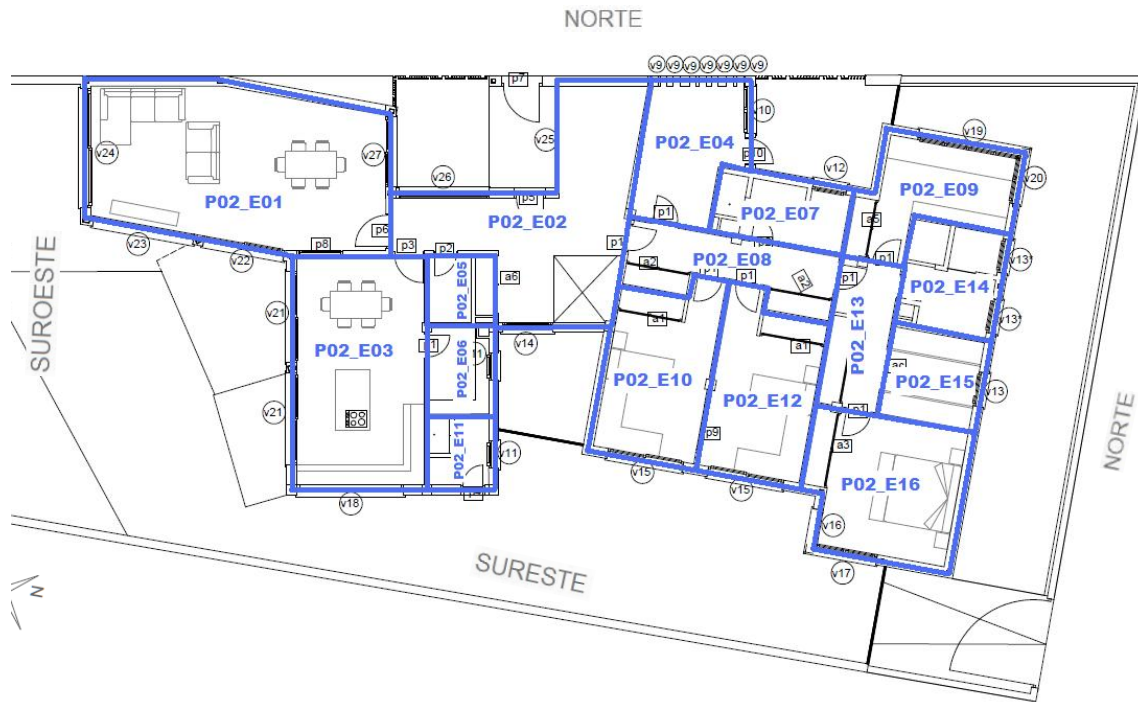


Ilustración 98. Planta baja. Vivienda unifamiliar de Loja.

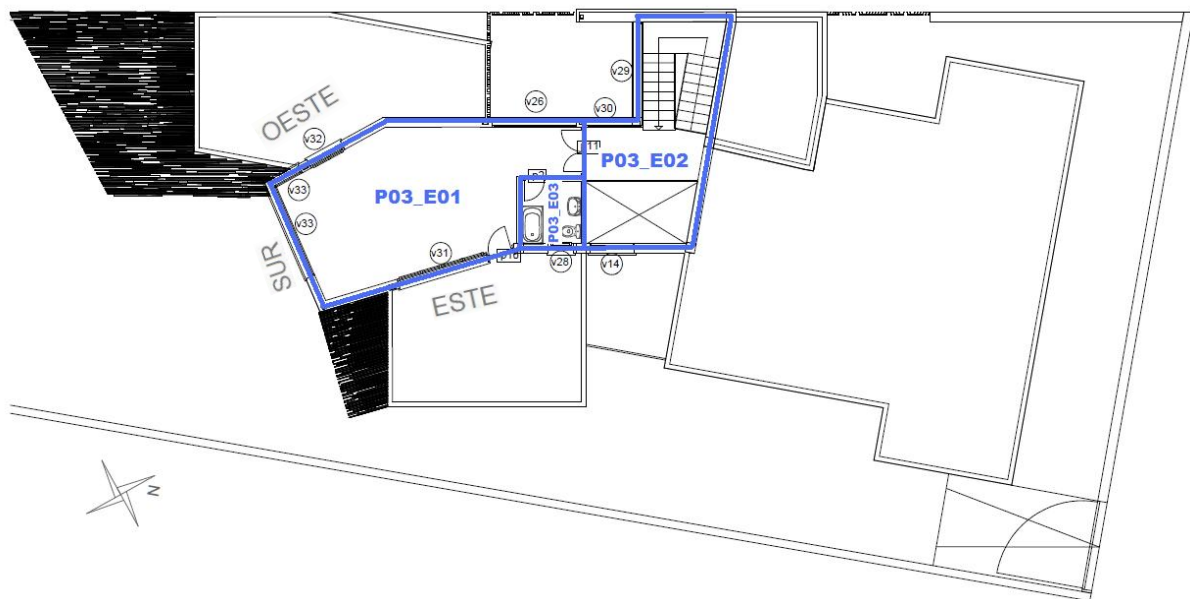


Ilustración 99. Primera planta. Vivienda unifamiliar de Loja.

En la Tabla 79 se recogen las superficies acondicionadas y no habitables de cada una de las plantas con más detalle.

Tabla 79. *Superficie acondicionada y no habitable. Vivienda unifamiliar de Loja.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Sótano	129,3	94,51
Planta baja	222,9	23,08
Primera planta	69,6	0
TOTAL	421,92	117,59

Orientación y huecos

En la Ilustración 100 a la Ilustración 103 se pueden ver las distintas fachadas de la vivienda según se han definido en el programa Calener-VyP. Se comprueba que existen mayores huecos de fachada en las orientaciones sureste y suroeste, de forma que se favorece la ganancia solar en los meses de invierno. Las fachadas norte, por el contrario, tienen huecos menores para evitar las pérdidas de calor. Los datos de los porcentajes de huecos de las distintas fachadas según su orientación se recogen en la Tabla 80.



Ilustración 100. Fachada sureste. Vivienda unifamiliar de Loja.



Ilustración 101. Fachada suroeste. Vivienda unifamiliar de Loja.



Ilustración 102. Fachada norte. Vivienda unifamiliar de Loja.

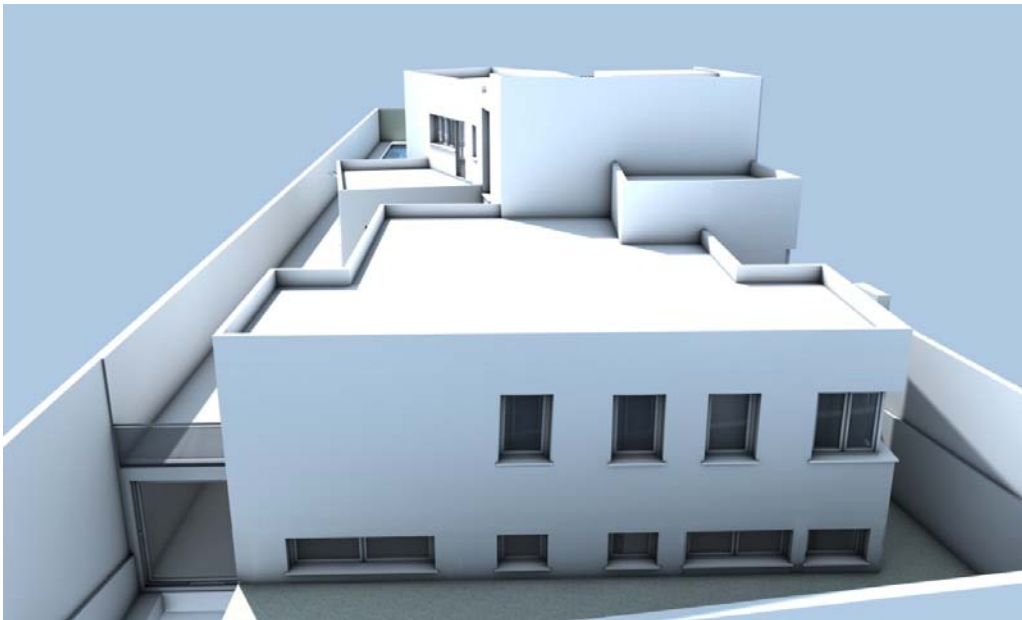


Ilustración 103. Fachada norte. Vivienda unifamiliar de Loja.

Tabla 80. Porcentaje de huecos. Vivienda unifamiliar de Loja.

Orientaciones	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Norte	Este
% Huecos	37,3	26,4	42,2	40,5	16	23,6

Respecto a las protecciones de los huecos, se colocarán persianas enrollables de aluminio con lamas orientables (Ilustración 104) en las ventanas de los dormitorios, cocina y salón de la planta baja (con orientaciones suroeste y sureste), además de las ventanas del despacho de la primera planta (con orientaciones sur, este y oeste). De esta forma, se limita la captación solar en verano, regulando la apertura de las persianas y la orientación de las lamas. Este control se realiza de forma automática mediante dos sensores

fotoeléctricos sin cables en fachada, que transmiten el nivel de insolación captado por radio.



Ilustración 104. Persianas enrollables de aluminio con lamas orientables.

El vidrio utilizado (4+4/16/6) tiene muy buenas características con una transmitancia térmica de 1,3 W/m²K y un factor solar de 0.44. Estas características corresponden al vidrio identificado en el apartado sobre medidas pasivas como el que más ahorro energético consigue en la provincia de Granada. De esta forma la transmitancia del hueco es reducida en comparación con las exigencias del HE-1 (4,40 W/m²K).

Tabla 81. Características de los huecos. Vivienda unifamiliar de Loja

Huecos	U _{Hueco}	U _{vidrio}	G _{L, vidrio}	F _s	Protecciones
Norte y espacios NH	1,32	1,30	0,44	1	-
Resto				0,05	Voladizos Persianas

Materiales

Las transmitancias térmicas de la cubierta de grava, con 12 cm de poliestireno extruido, y la fachada, con 5 cm de espuma de poliuretano son especialmente buenas y muy reducidas respecto a los límites establecidos en el Código Técnico (0,53 W/m²K para cubiertas y 0,95 W/m²K para fachadas). Es curioso destacar que, en este caso también, el espesor de aislamiento usado (12 cm) en la cubierta se acerca al espesor óptimo resultante del estudio realizado en el apartado sobre medidas pasivas.

Además, se prevé un sistema de riego automatizado en la cubierta para contrarrestar el efecto de la incidencia del Sol durante los meses de verano. El agua utilizada en este sistema se devuelve al aljibe, suponiendo un importante ahorro ya que puede utilizarse nuevamente.

En contra, los suelos y la cubierta transitable de la planta sótano, sólo cumplen con los mínimos requeridos por el CTE (0,65 W/m²K para suelos y 0,53 W/m²K para cubiertas) con 4 y 5 cm de poliestireno extruido.

Tabla 82. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Vivienda unifamiliar de Loja.*

CERRAMIENTO		U (W/m ² K)	AISLANTE		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelos	Espacios NH	0,61	4	0,038	Poliestireno extruido
	Terreno	0,58	4	0,034	Poliestireno extruido
Fachada		0,39	5	0,035	Espuma poliuretano
Muros	Sótano	0,39	5	0,035	Espuma poliuretano
		0,63	4	0,034	Poliestireno extruido
	Espacios NH	0,67	3	0,041	Lana mineral
Cubierta	Sótano (transitable)	0,42	6	0,034	Poliestireno extruido
	Grava	0,16	12	0,034	Poliestireno extruido

Ventilación e infiltraciones

La vivienda dispondrá de un sistema de ventilación mecánica con aperturas de admisión en las zonas secas y extracción en las zonas húmedas, siendo el caudal mínimo exigido por el HS-3 de 0,5 renovaciones/hora. Para atemperar el aire de ventilación se instalará un recuperador de calor con eficiencia de 76,4 %. De este modo se intercambiará calor entre el aire de extracción y el de ventilación.

Sistemas

En la Tabla 83 se recogen las principales características de los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria que se instalarán en la vivienda.

Las demandas de calefacción y ACS se cubrirán mediante un sistema mixto con caldera de biomasa de 32,9 kW de potencia, conectada a los circuitos de suelo radiante de la planta baja y los radiadores del sótano y la primera planta. El tipo de biomasa que se prevé utilizar es hueso de aceituna.

Cabe señalar que debido al uso de energías renovables (biomasa), no es necesario disponer de un sistema solar de baja temperatura para ACS, es decir, el Documento Básico HE-4 permite que la contribución solar sea nula en este caso.

Para combatir la demanda de refrigeración de la vivienda, se proyectan una enfriadora aire - agua con rendimiento nominal 4,28, conectada a *fan-coils* de techo colocados en las distintas dependencias a climatizar de las plantas baja y primera. La planta sótano carece de sistema de refrigeración.

Tabla 83. *Sistemas. Vivienda unifamiliar de Loja.*

Calefacción & ACS	Planta baja	Planta primera	Planta sótano
Equipo	Caldera de biomasa		
Potencia térmica	32,9 kW		
Rendimiento	0,912		
Uds terminales calefacción	Suelo radiante	Radiadores	
Contribución solar [HE-4]	0 % [60 %]		
Refrigeración	Planta baja	Planta primera	Planta sótano
Equipo	Enfriadora		-
Potencia térmica	12,8 kW		-
Rendimiento	4,28		-
Unidades terminales	Fan-coils		-

Calificación energética

Los resultados de demandas y emisiones obtenidos con el programa Calener-VyP se muestran en la Tabla 84.

En este caso, el aislamiento colocado permite conseguir, en la fachada y la cubierta de grava, transmitancias térmicas inferiores a los valores requeridos por el CTE, obteniéndose una ligera mejora respecto al edificio de referencia, reflejada en la clase C que se obtiene en demanda.

Tabla 84. *Calificación energética. Vivienda unifamiliar de Loja.*

Demanda	(kWh/m ²)	Clase
Calefacción	43,4	C
Refrigeración	6,4	A
Emisiones	(kg CO ₂ /m ²)	Clase
Calefacción	1,5	A
Refrigeración	1,5	A
ACS	0,0	A
TOTAL	3,0	A

La calificación energética en emisiones de calefacción y ACS A se obtiene gracias al uso de la caldera de biomasa. Aún así se puede apreciar que existen emisiones de CO₂ debido a

que Calener-VyP coloca un sistema de gasóleo por defecto de rendimiento 0,75 en las zonas acondicionadas que carecen de sistema de calefacción, en este caso, la cocina del sótano y el distribuidor.

En cuanto a la refrigeración, la calificación energética tanto en demanda como en emisiones es A gracias a las protecciones solares de las fachadas sureste y suroeste y al elevado rendimiento del sistema escogido.

Buenas prácticas

- ✓ Alta calidad de los vidrios
- ✓ Protecciones de los huecos
- ✓ Uso de energías renovables para calefacción y ACS

¿Qué mejorar?

- ✓ Aislamiento de los suelos y la cubierta del sótano

Autor del proyecto

Moreno Fernández Arquitectura y Urbanismo S.L.P.

Arquitecto: Francisco Javier Moreno Fernández

CBG arquitectura y urbanismo

www.cbgarquitectura.com



VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN MURCHANTE

Climatología

Este proyecto consiste en 66 viviendas unifamiliares situadas en el municipio de Murchante, situado en el sur de Navarra, en la zona conocida popularmente como la Ribera de Navarra, en el valle del Ebro.

Murchante se encuentra a 95 kilómetros de Pamplona y tiene una altitud de 323 metros, correspondiéndole una **zona climática D1**. Por ello, el ahorro energético de estas viviendas requiere un buen diseño de la envolvente para reducir la demanda de calefacción, y una correcta elección de los sistemas para combatirla eficientemente.

Por otro lado, la demanda de refrigeración es despreciable, y el programa Calener-VyP no la tiene en cuenta, por lo que, en este caso, no se proyecta ningún sistema de refrigeración en las viviendas, como se verá más adelante.

Geometría

Estas viviendas unifamiliares son adosadas disponiéndose una a continuación de otra, formando una hilera, donde las fachadas laterales se convierten en medianeras adiabáticas (sin transferencia de calor).

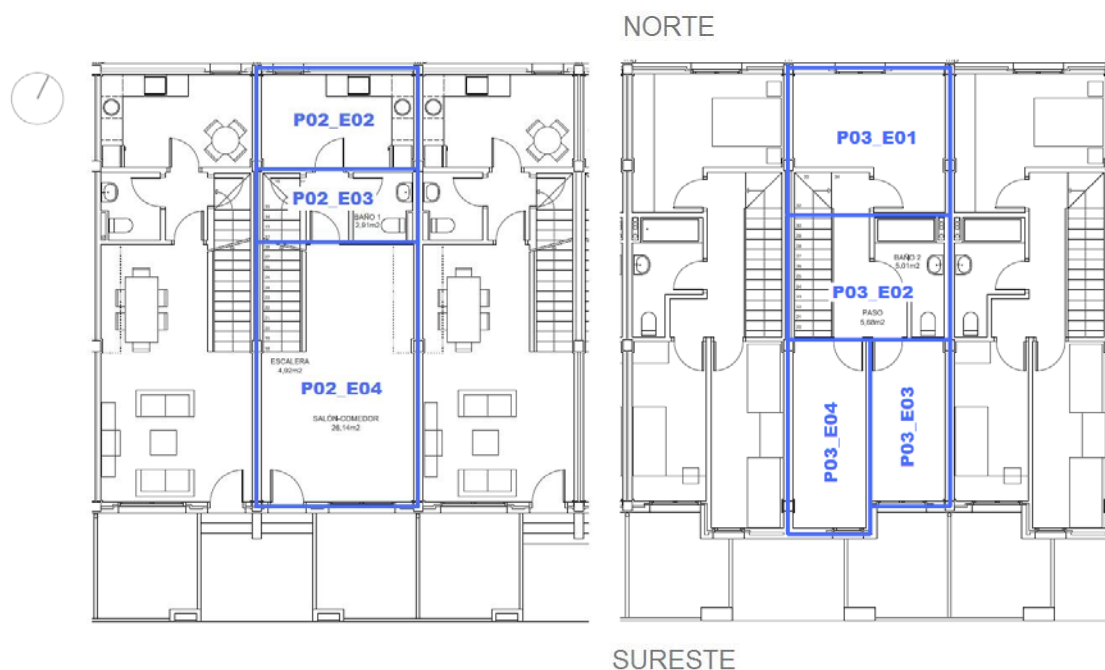


Ilustración 105. Planta baja (izquierda) y primera planta (derecha). Vivienda unifamiliar de Murchante.

Cada vivienda está formada por 3 plantas: un sótano y dos plantas habitables, que junto a las medianeras, hacen que la **compacidad** del edificio (**1,93**) sea elevada comparada con

una vivienda unifamiliar aislada de una sola planta, con la consecuente reducción de la demanda.

COMPACIDAD 1,93

Los espacios acondicionados en los que se ha dividido la vivienda para su simulación en el programa Calener-VyP se muestran en la Ilustración 105, teniéndose además, una planta no habitable (aparcamiento).

En la Tabla 85 se detallan las superficies acondicionadas y no habitables de cada una de las plantas que forman la vivienda, siendo la superficie acondicionada el doble de la superficie no habitable.

Tabla 85. Superficie acondicionada y no habitable. Vivienda unifamiliar de Murchante.

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	ACONDICIONADA	NO HABITABLE
Sótano	0	44,00
Planta baja	46,82	0
Primera planta	43,18	0
TOTAL	90,00	44,00

Orientación y huecos



Ilustración 106. Fachada norte (izquierda) y sureste (derecha). Vivienda unifamiliar de Murchante.

La orientación de la vivienda es sureste con una desviación de 42,85° respecto al sur. La fachada sureste dispone de amplios huecos de fachada para favorecer la captación solar a través de ellos durante los fríos meses de invierno, calentando así los dormitorios y el salón-comedor (zonas de mayor uso de la vivienda). Además, estos amplios huecos dotan a estos espacios de luz natural.

La fachada norte, por el contrario, tiene huecos menores para limitar la pérdida de calor a través de los mismos (ver Ilustración 106).

En la Tabla 86 se indican los porcentajes de huecos de las distintas fachadas según su orientación, comprobándose que los huecos de la fachada sureste son aproximadamente el doble de los huecos de la fachada norte, por los motivos citados anteriormente.

Tabla 86. *Porcentaje de huecos. Vivienda unifamiliar de Murchante.*

Orientaciones	Norte	Sureste
% Huecos	11,78	25,35

La carpintería exterior es de aluminio con rotura de puente térmico tipo *block*, obteniéndose una transmitancia de huecos próxima al límite exigido por el Documento Básico HE-1 del CTE (3,5 W/m²K), según se indica en la Tabla 87.

Tabla 87. *Características de los huecos. Vivienda unifamiliar de Murchante.*

U _{hueco}	U _{vidrio}	G _{⊥ vidrio}
3,06	2,8	0,75

Material

Las principales características térmicas de los cerramientos que forman la envolvente térmica del edificio se encuentran recogidas en la Tabla 88, pudiendo destacarse las reducidas transmitancias térmicas de la fachada exterior (con 6 cm de poliestireno expandido) y la medianera (con 5 cm de lana mineral), que suponen una importante mejoría respecto al límite máximo exigido en el HE-1, que para zonas climáticas D es de 0,86 W/m²K.

Tabla 88. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Vivienda unifamiliar de Murchante.*

CERRAMIENTO	U (W/m ² K)	CAPA AISLANTE		
		Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelo en contacto con aparcamiento (NH)	0,48	5	0,038	Poliestireno Expandido
Fachada	0,47	6	0,038	Poliestireno Expandido
Muro medianera	0,48	5	0,041	Lana mineral

CERRAMIENTO	U (W/m ² K)	CAPA AISLANTE		
		Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Cubierta	0,45	8	0,05	Panel vidrio celular

Por el contrario, el suelo en contacto con el aparcamiento y la cubierta, a pesar de tener espesores de aislamiento elevados a simple vista (5 y 8 cm respectivamente), tienen valores de transmitancia cercanos a los límites exigidos en dicho Documento Básico (0,64 y 0,49 W/m²K respectivamente) pues es más estricto para estos cerramientos.

Ventilación e infiltraciones

La vivienda dispone de un sistema de ventilación mecánica con aperturas de admisión en las zonas secas y extracción en las zonas húmedas. El caudal de ventilación considerado es el mínimo exigido por el Documento Básico HS-3 del CTE que es de 0,62 renovaciones/hora en este caso.

Sistemas

En la Tabla 89 se recogen las principales características de los sistemas de climatización y ACS utilizados.

Tabla 89. *Sistemas. Vivienda unifamiliar de Murchante.*

Calefacción & ACS	
Equipo	Caldera de condensación (gas natural)
Potencia térmica	24 kW
Rendimiento a carga parcial del 30 %	107,5 %
Uds terminales calefacción	Radiadores
Contribución solar[HE-4]	57 % [50 %]
Refrigeración	-

Para calefacción y ACS se utiliza un sistema mixto con caldera de gas natural. La caldera escogida es mural estanca de condensación de 24 kW de potencia útil instantánea para ACS y una potencia modulante para calefacción entre 6,8 y 20 kW, con un rendimiento de 107,5 % a carga parcial del 30 %. La caldera se conecta a los radiadores de las diferentes zonas combatiendo así la demanda de calefacción.

El alto rendimiento de este tipo de calderas a cargas parciales se debe al aprovechamiento de la energía de condensación del vapor de agua de los gases de expulsión, que al sumarse al calor generado por la combustión del gas, lleva a rendimientos superiores al 100 % referidos al PCI (Poder Calorífico Inferior). Gracias a este elevado rendimiento, las calderas de condensación son una alternativa muy eficiente que ayuda a disminuir las

emisiones de CO₂ en los edificios. Este hecho se refleja en las curvas de rendimiento que Calener-VyP utiliza por defecto (Ilustración 107).

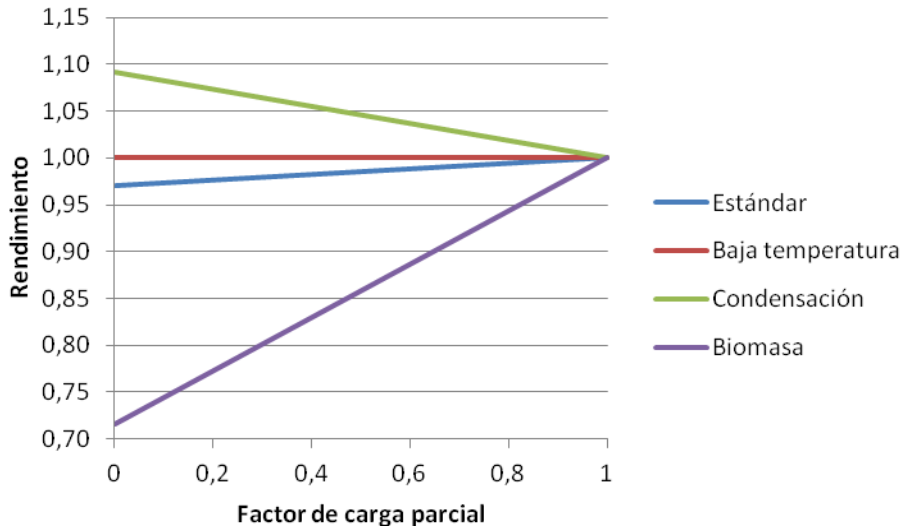


Ilustración 107. Rendimientos por defecto de calderas en Calener-VyP.

Para agua caliente sanitaria se dispone, además, de una instalación solar térmica de 1,9 m² de captadores que suministra el 57 % de la demanda de ACS.

Por último, no se instala ningún sistema para combatir la demanda de refrigeración ya que es despreciable en este caso.

Calificación energética

Los resultados de calificación obtenidos con el programa Calener-VyP se muestran en la Tabla 90.

Tabla 90. Calificación energética. Vivienda unifamiliar de Murchante.

Demanda	(kWh/m ²)	Clase
Calefacción	73,6	C
Refrigeración	-	-
Emisiones	(kg CO ₂ /m ²)	Clase
Calefacción	14,6	B
Refrigeración	-	-
ACS	3	A
TOTAL	17,6	B

La alta calificación energética obtenida (B) se debe principalmente al alto rendimiento del sistema de calefacción y ACS escogido, pues utiliza como equipo de producción de agua caliente una caldera de condensación de gas natural. Este hecho hace que se obtengan

buenas calificaciones en ACS (A) y calefacción (B), mejorando en este último caso una letra respecto a la calificación obtenida en demanda (C), la cual podría mejorarse si se aumentaran los espesores de aislamiento del suelo en contacto con el aparcamiento y la cubierta, así como la calidad de los vidrios y marcos utilizados.

Buenas prácticas

- ✓ Compacidad elevada
- ✓ Sistema de calefacción y ACS con alto rendimiento

¿Qué mejorar?

- ✓ Calidad de los huecos (vidrios y marcos)
- ✓ Aislamiento del suelo y la cubierta

Autor del proyecto

CBG arquitectura y urbanismo

www.cbgarquitectura.com

adoss. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, BIOCONSTRUCCIÓN,
URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE

adoss@adoss.com - www.adoss.com



VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CARCEDO DE BURGOS

Climatología

Esta vivienda unifamiliar se encuentra en la localidad de Carcedo de Burgos a la que corresponde la **zona climática E1** (máxima severidad climática de invierno y mínima de verano). La temperatura de la localidad oscila normalmente entre los 28 °C en verano y los -6 °C en invierno, sobrepasando rara vez estos límites. La escasez de vegetación hace que Carcedo, debido a su latitud y sobre todo a su altitud (990 metros), deba sufrir los rigores del clima: fuertes heladas, bajas temperaturas en invierno y fuertes vientos procedentes del sureste y noreste. Por ello el buen diseño de la vivienda debe tener como objetivo reducir la demanda de calefacción y las emisiones asociadas a combatirla.

Geometría

La vivienda está formada por una única planta de 156,16 m² de superficie construida, de los cuales 139,31 m² son útiles. Todos los espacios de la vivienda están acondicionados (121,09 m²), salvo el garaje que es no habitable (18,22 m²) como se indica en la Tabla 91.

Tabla 91. *Superficie acondicionada y no habitable. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Planta baja	121,09	18,22

Al tratarse de una vivienda unifamiliar totalmente aislada y componerse de una única planta, la **compacidad** es de **0,91**. Esta baja compacidad perjudica la demanda de calefacción, pues la superficie de transferencia de calor con el exterior es elevada, y por tanto, está muy expuesta a las condiciones externas.

COMPACIDAD 0,91

Orientación y huecos



Ilustración 108. Fachada sur. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

La orientación de la casa es norte-sur con una desviación de 15°. La fachada sur (Ilustración 108) está formada por grandes ventanales que captan la radiación solar, caldeando la estancia durante los meses de invierno. El diseño de la vivienda se ha realizado de forma que los espacios de mayor uso (sala de estar y dormitorios) estén orientados al sur, mientras la cocina, los baños y la sala de instalaciones dan al lado norte (Ilustración 109).

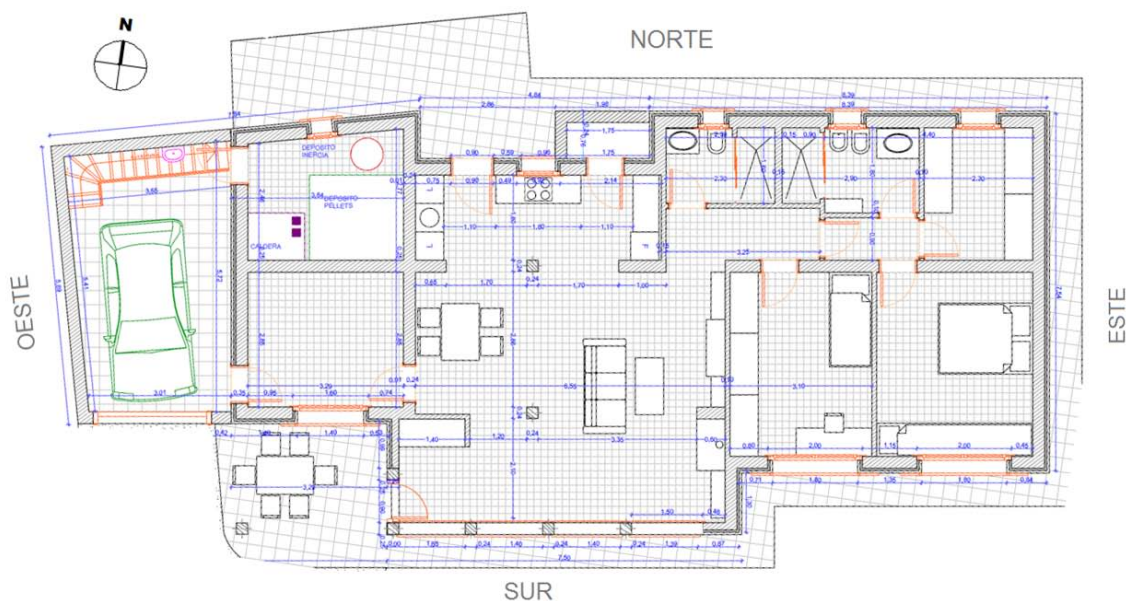


Ilustración 109. Planta baja. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

Para evitar el exceso de radiación solar y el sobrecalentamiento de la vivienda durante los meses de verano, los ventanales de la fachada sur se protegen con voladizos de 66 cm (Ilustración 110), que reducen la entrada del sol desde junio a septiembre.



Ilustración 110. Protecciones fachada sur. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

El porcentaje de huecos en las distintas fachadas se detalla en la Tabla 92, donde se confirma, como se ha comentado anteriormente, que la fachada sur tiene un alto porcentaje de huecos para fomentar la captación solar, mientras la fachada norte tiene ventanas más pequeñas para reducir las pérdidas de calor.

Tabla 92. Porcentaje de huecos. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

Orientaciones	Sur	Oeste	Norte	Este
% Huecos	41,31	6,38	7,05	0

Las ventanas se componen de un marco de madera tratado en autoclave con lasures naturales y fungicidas, y un vidrio doble con cámara de aire, teniéndose en conjunto una transmitancia reducida comparada con la que exige el Código Técnico (3,1 W/m²K), según se indica en la Tabla 93.

Tabla 93. Características de los huecos. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

U _{hueco}	U _{vidrio}	G _{⊥ vidrio}
1,27	1,1	0,47

Material

Las propiedades térmicas de la envolvente de la vivienda (Tabla 94) son próximas a los valores límite que indica el HE-1. Efectivamente, al tratarse de una zona climática E1, los valores de transmitancia exigidos son más exigentes que para otras climatologías (0,62 W/m²K para suelos, 0,74 W/m²K en fachadas y 0,46 W/m²K para cubiertas).

Además, hay que señalar que los muros de fachada poseen una elevada **inercia térmica** gracias a la fábrica de ladrillo perforado de 25 centímetros de espesor. Esta propiedad es muy importante ya que ayuda a mantener más estable la temperatura en el interior de la vivienda durante todo el año. Durante el invierno la masa térmica almacena el calor del sol durante el día y lo libera durante la noche, evitando así que la vivienda siga las fluctuaciones del ambiente cuando desaparece el aporte de calefacción.

Tabla 94. Propiedades térmicas de los cerramientos. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

CERRAMIENTO	U (W/m ² K)	AISLANTE		Tipo
		Espesor (cm)	λ (W/mK)	
Suelos	0,48	sin dato	sin dato	Poliestireno extruído
Fachadas	0,50	5	0,049	Corcho
Cubiertas	0,35	10		

En fachadas y cubiertas, el aislante escogido es el **corcho**. El aglomerado expandido de corcho puro es un producto que se obtiene a través de granulado de corcho que se aglutina entre sí por la propia resina natural sin adición de cola alguna, mediante la cocción en autoclave. A pesar de ser el aislante más antiguo que se conoce, su conductividad térmica, absorción acústica y comportamiento frente a la humedad, fuego, compresión, agentes químicos, etc., compiten con los materiales más novedosos de aislantes sintéticos, superándolos en algunos casos. A estas ventajas hay que añadir la baja huella ecológica, ya que es un material renovable, reciclable, de baja energía incorporada (0,837 kWh/kg) y saludable. Además, al obtenerse de la corteza de los alcornoques, es un aislante de producción local en nuestro país, ahorrándose energía en el transporte.

Por último, el uso de la **cubierta verde** proporcionará una eficaz protección contra la radiación solar, aumento de la capacidad de enfriamiento evaporativo, y mejora de aislamiento y estabilidad térmica interior.

Ventilación e infiltraciones

Para cumplir lo dispuesto en el documento HS-3, la ventilación de la vivienda es de 183 l/s, es decir, 1,67 renovaciones/hora.

Sistemas

Esta vivienda unifamiliar posee un sistema mixto de calefacción y ACS compuesto de una caldera de *pellets* de 20 kW de potencia, suelo radiante y captadores solares. De esta forma, la demanda de calefacción y ACS se cubre exclusivamente mediante energías renovables.

La biomasa se almacenará en el altillo del garaje, de más de 2 m³ de volumen. El agua caliente producida por la combustión de esta biomasa se distribuirá a través de los colectores de suelo radiante hasta las distintas zonas de la vivienda (Ilustración 111). La distancia media entre los tubos será de 15 cm, teniendo los serpentines una configuración en espiral.

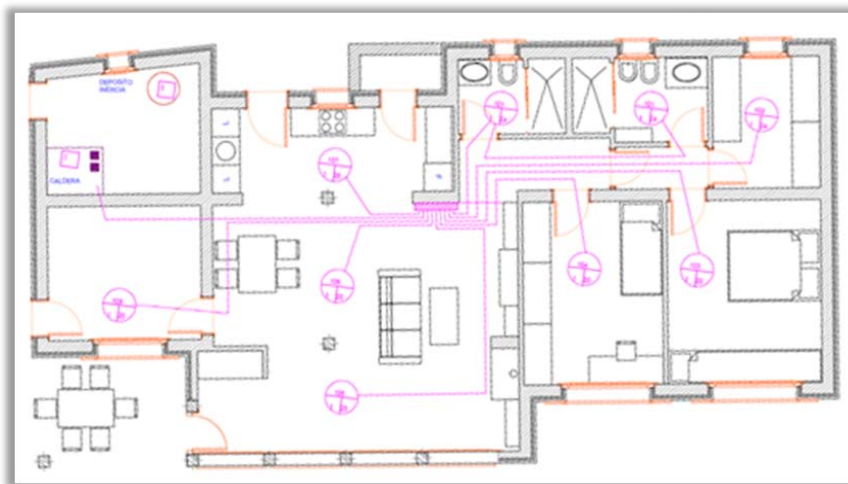


Ilustración 111. Calefacción y ACS. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

En la Tabla 95 se muestran las características más relevantes del sistema de calefacción y ACS previstos.

Tabla 95. Sistemas. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

Calefacción & ACS	
Equipo	Caldera de biomasa
Potencia térmica	20 kW
Rendimiento	85 %
Unidades terminales	Suelo radiante
Contribución solar [HE-4]	100 % [30 %]
Refrigeración	-

Al estar situada en la zona climática E1 la demanda de refrigeración es despreciable, por lo que no se prevé la instalación de sistema de refrigeración.

Calificación energética

Los resultados de la calificación obtenidos con el procedimiento simplificado Ce2 se muestran en la Tabla 96.

Se observa que la demanda de calefacción es elevada (con calificación D) debido a la baja compactidad y unas transmitancias de los cerramientos próximas al límite exigido en el CTE.

En este caso, el uso de energías renovables (biomasa y solar térmica) es clave para reducir las emisiones de CO₂ generadas por la calefacción y la producción de agua caliente sanitaria, permitiendo obtener una calificación energética final A.

Tabla 96. Calificación energética. Vivienda unifamiliar de Carcedo de Burgos.

	DEMANDA		CONSUMOS	GLOBAL	
	IEE	Clase	IEE	IEE	Clase
Calefacción	1,35	D	0,12	0,10	A
Refrigeración	-		-	-	-
ACS	-		-	-	-
Total				0,10	A

Buenas prácticas

- ✓ Orientación
- ✓ Inercia térmica elevada
- ✓ Calidad de los huecos (vidrio + marco)

¿Qué mejorar?

- ✓ Compacidad
- ✓ Aislamiento de la envolvente

Autor del proyecto

adoss. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, BIOCONSTRUCCIÓN, URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE.

adoss@adoss.com - www.adoss.com

4.3.3. EDIFICIOS EN PROYECTO



Climatología

El proyecto presentado a continuación está compuesto por dos torres idénticas de 43 viviendas de protección oficial en la nueva urbanización de Ripagaina, situada a caballo entre los barrios de Mendillorri y Sarriguren y sobre los municipios navarros de Burlada, Egüés, Huarte y Pamplona.

El clima de Pamplona es de transición entre mediterráneo y atlántico, siendo la media de las temperaturas máximas de 27,1 °C en agosto y la media de las temperaturas mínimas de 1,1 °C en enero.

La **zona climática** es **D1**, por lo que se debe prestar especial atención a la demanda de calefacción, siendo despreciable la demanda de refrigeración, que no es tenida en cuenta por el programa de calificación Calener-VyP al ser mínima la severidad climática de verano.

Geometría

Cada bloque de viviendas está compuesto por doce plantas: dos plantas sótano y diez plantas sobre rasante.

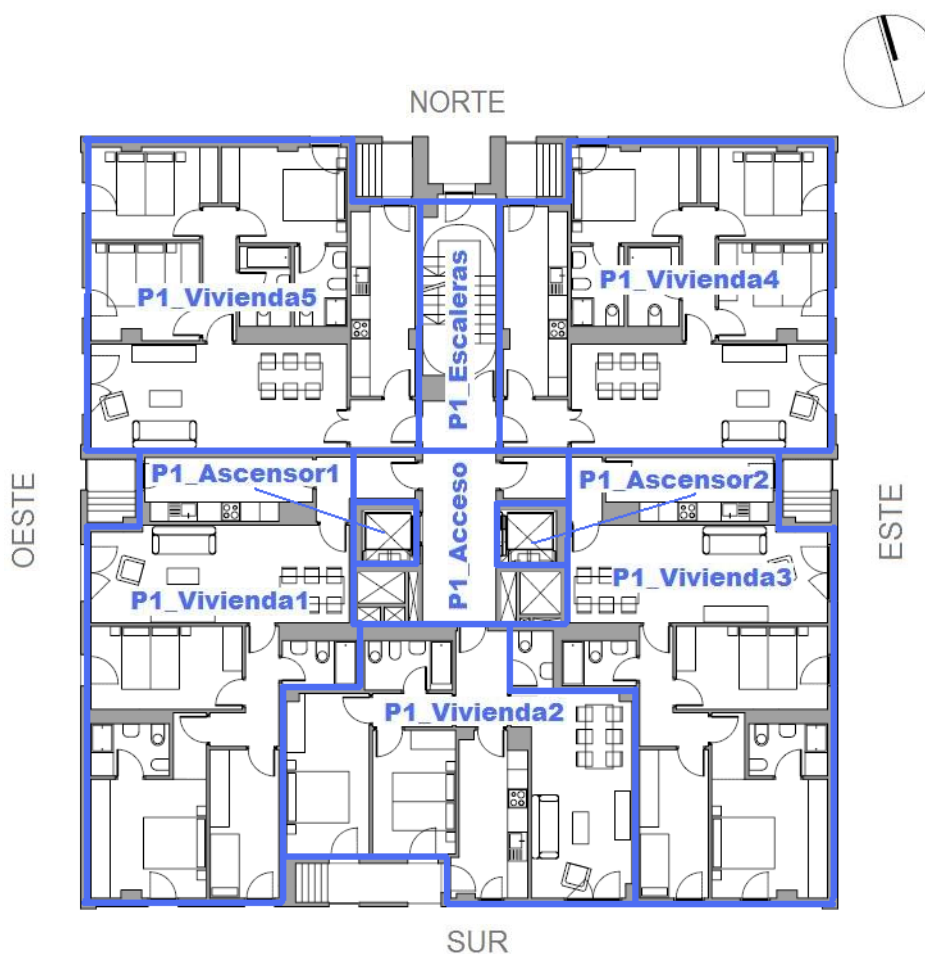


Ilustración 112. Plantas primera a octava. Edificio de viviendas de Ripagaina.

La altura de los edificios (38,15 metros) y la concentración de los espacios no habitables en su centro, permiten conseguir una elevada compacidad de **2,51**, gracias a la cual se reduce la superficie de transferencia térmica entre las zonas acondicionadas y el exterior, limitando la demanda energética requerida.

COMPACIDAD 2,51

Para su simulación en Calener-VyP, cada vivienda se ha modelado como un único espacio acondicionado, completándose la planta con espacios no habitables (escaleras, accesos, huecos de ascensor y trasteros) según se muestra en la Ilustración 112 y la Ilustración 113. La distribución en planta es tal que en las ocho primeras plantas se tienen dos viviendas con orientación norte y tres viviendas con orientación sur, mientras que la planta ático está formada por dos viviendas en la orientación norte, una vivienda de mayor extensión en la orientación sur y un par de trasteros.

Las plantas sótanos, destinadas a estacionamiento de vehículos, y la planta baja, ocupada por un local comercial, son en su totalidad no habitables.



Ilustración 113. Planta ático. Edificio de viviendas de Ripagaina.

En la Tabla 97 se pueden ver las superficies acondicionadas y no habitables de cada planta con más detalle.

Tabla 97. *Superficie acondicionada y no habitable. Edificio de viviendas de Ripagaina.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Habitable
Sótano -2 y -1	0,00	1.095,02
Planta baja	0,00	547,51
Planta 1 - 8	464,17	51,22
Ático	306,18	82,56
TOTAL	4.019,54	2.134,85

Orientación y huecos

La orientación de las fachadas principales del edificio es norte - sur con una desviación de 16°. Se tiene, como en casos anteriores, un mayor porcentaje de huecos en la fachada sur respecto a la fachada norte (ver Ilustración 114), favoreciendo la captación solar y limitando las pérdidas.



Ilustración 114. *Fachadas norte y sur. Edificio de viviendas de Ripagaina.*

Las fachadas este y oeste, por su parte, tienen porcentaje de huecos casi idénticos (Ilustración 115).



Ilustración 115. Fachadas este y oeste. Edificio de viviendas de Ripagaina.

Se confirma el mayor porcentaje de huecos de la fachada sur (más del doble del porcentaje de la fachada norte) en los datos de distribución de huecos de las distintas fachadas de la Tabla 98.

Tabla 98. Porcentaje de huecos. Edificio de viviendas de Ripagaina.

Orientaciones	Norte	Este	Sur	Oeste
% Huecos	7,94	13,92	19,08	13,27

Los marcos de las ventanas son de aluminio con rotura de puente térmico y el acristalamiento es doble con cámara de aire 4/14/4. Estas características confieren a los huecos una transmitancia térmica reducida pero mejorable respecto al límite de 3,5 W/m²K, exigido por el HE-1 para la climatología D1 (ver Tabla 98).

Tabla 99. Características de los huecos. Edificio de viviendas de Ripagaina.

U _{hueco}	U _{vidrio}	G _{⊥ vidrio}
2,64	2,8	0,73

Materiales

Se comprueba que el aislamiento de la envolvente es, en general, bastante elevado (ver Tabla 100), pudiendo destacarse el aislamiento colocado en las fachadas (superposición de 5 cm de lana mineral y 4 cm de poliestireno extruido) que permite obtener una transmitancia térmica muy inferior al valor límite exigido en el CTE-HE-1 (0,86 W/m²K).

Tabla 100. *Propiedades térmicas de los Cerramientos. Edificio de viviendas de Ripagaina.*

CERRAMIENTO		U (W/m ² K)	AISLANTE		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelo	Terreno	3,25	-	-	-
	Espacios NH	0,35	7	0,034	Poliestireno extruido
Fachadas		0,31	5	0,035	Lana mineral
			4	0,034	Poliestireno extruido
Cubiertas		0,35	7	0,034	Poliestireno extruido
Tabique interior	Escaleras y ascensor	0,4	7	0,035	Lana mineral
	Resto de espacios NH	0,53	4,6		

Ventilación e infiltraciones

La renovación de aire exigida por el HS-3 (0,7 renovaciones/hora), se realiza mediante ventilación mecánica controlada en cada vivienda. El aire se extrae desde los cuartos húmedos a través de rejillas higrorregulables que permiten una variación del caudal de aire según la humedad. La entrada de aire en los cuartos secos se hace a través de rejillas en las carpinterías de los salones y los dormitorios.

La orientación de las viviendas, sin fachadas opuestas norte-sur o este-oeste, impide la posibilidad de ventilación cruzada, la cual ayudaría a conseguir una alta calidad del aire interior de forma gratuita (ver apartado de ventilación natural).

Sistemas

Para calefacción y ACS los dos bloques de 43 viviendas disponen de un sistema centralizado con dos calderas de condensación de gas natural, situadas en la planta sótano, que es común a ambos edificios. Las calderas son modulantes, llegando a un rendimiento de 109,2 % a cargas parciales del 30 %.

Las calderas se dimensionan incrementando un 15 % la potencia de cálculo de calefacción con objeto de reducir el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de régimen. Además, este sobredimensionado permite a las calderas trabajar más tiempo a carga parcial, lo cual mejora su eficiencia.

El sistema de calefacción utiliza como fluido caloportador el agua caliente a una temperatura máxima de 70°C. El agua es distribuida desde la sala de calderas a través de circuitos independientes, llegando a los radiadores situados en las distintas dependencias.

Para el servicio de ACS, el agua se calienta mediante colectores solares que cuentan con dos depósitos de acumulación de agua de 4.000 litros, abasteciendo el 46,5 % de la demanda anual de los edificios.

Por último cabe recalcar la ausencia de sistema de refrigeración debido a la zona climática en la que se encuentran estas viviendas.

Las principales características del sistema de climatización y ACS se resumen en la Tabla 101. Hay que señalar que, al ser el sistema de climatización y producción de ACS centralizado y común a los dos bloques de viviendas, los valores recogidos corresponden a ambos edificios.

Tabla 101. *Sistemas. Edificio de viviendas VPO de Ripagaina.*

Calefacción & ACS	
Equipo	2 Calderas condensación gas natural
Potencia térmica	327 kW 395 kW
Rendimiento al 30 %	109 %
Ud. terminales calefacción	Radiadores
Contribución solar [HE-4]	46,5 % [45 %]
Refrigeración	-

Calificación energética

En los resultados arrojados por el programa Calener-VyP (Tabla 102) se observa que la demanda de calefacción del edificio (31,9 kWh/m²) es ligeramente inferior a la del edificio de referencia (57,5 kWh/m²), teniendo una calificación C. La alta compactidad y el elevado aislamiento de los muros de fachada (9 cm) consiguen disminuir esta demanda, sin embargo las distintas orientaciones de las viviendas debido a la geometría del edificio y su distribución en planta, perjudica a las viviendas con orientación norte, que tendrán una mayor demanda de calefacción que las viviendas con orientación sur, obteniéndose una calificación media de la demanda C.

En este caso, la alta calificación obtenida se debe al alto rendimiento del sistema de calefacción y ACS que, al utilizar calderas de condensación de gas natural, tiene emisiones de CO₂ muy reducidas.

Tabla 102. *Calificación energética. Edificio de viviendas de Ripagaina.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	31,9	C
Refrigeración	-	-
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Calefacción	6,8	B
Refrigeración	-	-
ACS	2,1	A
TOTAL	8,9	A

Buenas prácticas

- ✓ Alta compacidad
- ✓ Alto aislamiento en fachada
- ✓ Sistema de calefacción y ACS con alto rendimiento

¿Qué mejorar?

- ✓ Uso de energías renovables
- ✓ Orientación y geometría de los edificios y las viviendas
- ✓ Posibilidad de ventilación cruzada

Autores del proyecto

Autores: Miguel Alonso del Val, Rufino Hernandez Miguillón, Marcos Escartín Miguel, Miguel Zabalza Zamarbide.

Colaboradores: Mateo García Gutiérrez, Daniel Maestu Yerro, Nerea Corral.

Ingenierías: Inarq, ED Ingeniería, Ingeniería Domótica.

4.4 EDIFICIOS TERCIARIOS

Los edificios terciarios son edificios no residenciales siendo, por tanto, todos aquellos que sirven como soporte para actividades empresariales: edificios de oficinas, establecimientos hoteleros y hospitalarios, residencias geriátricas, colegios y universidades, conservatorios, auditorios y teatros, iglesias, locales comerciales etc.

Para la calificación energética de estos edificios, Calener compara el edificio objeto con un edificio de referencia definido de la siguiente forma:

- La misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior y uso de cada zona, obstáculos remotos, demanda de agua caliente sanitaria y nivel de iluminación requerido que el edificio objeto.
- Unas calidades constructivas y unos rendimientos que cumplan los requisitos mínimos del Documento Básico HE del CTE.
- Un valor estándar del rendimiento medio estacional de cada una de las instalaciones térmicas.

En estos edificios se consideran tres grupos de niveles de intensidad de las fuentes internas, alto, medio y bajo (Tabla 103), con cuatro perfiles horarios de funcionamiento diario: 8, 12, 16 y 24 horas de funcionamiento.

Los datos a suministrar por el usuario son, para cada espacio: si el espacio es habitable, y, si lo es, el tipo de uso, renovaciones por hora que requiere para satisfacer los requisitos del CTE y potencia de iluminación instalada.

Tabla 103. *Fuentes internas (W/m²). Edificios terciarios. Fuente: "Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos" - IDAE*.

Intensidad Cargas Internas		Baja	Media	Alta
Ocupación	Sensible	2,00	6,00	10,00
	Latente	1,26	3,79	6,31
Equipos		1,50	4,50	7,50

Al contrario de lo que ocurre en edificios residenciales, donde sólo puede utilizarse Calener-VyP para calificar mediante la opción general, para edificios terciarios se tienen dos programas posibles: Calener-VyP y Calener-GT. La elección de uno u otro depende de los sistemas de climatización que tenga el edificio a calificar, utilizando siempre que sea posible Calener-VyP, por su mayor sencillez. Por tanto, si el edificio objeto no posee ninguno de los sistemas incluidos en la Tabla 104, se utilizará para la calificación Calener VyP. En caso contrario, habrá que calificar con Calener-GT.

Tabla 104. *Sistemas no incluidos en Calener-VyP.*

Sistemas de agua fría (enfriadoras)
<ul style="list-style-type: none">• Sistemas fan-coil• Sistemas todo-aire a caudal constante o variable
Condensación por agua
<ul style="list-style-type: none">• Equipos autónomos agua-aire• Enfriadoras y BdC agua-agua• Torres de refrigeración• Intercambio con el terreno (BdC geotérmica)
Otros sistemas o equipos
<ul style="list-style-type: none">• Sistemas de ventilación• Climatizadoras de aire primario• Enfriamiento evaporativo• Ventiladores de caudal variable• Energía solar para climatización• Bombas de circulación• Instalación fotovoltaica

4.4.1. EDIFICIOS CONSTRUIDOS



Climatología

Este hotel está situado en la localidad de Pulianas en el espacio tradicionalmente conocido como La Campana granadina, a una altitud de 739 metros sobre el nivel del mar y a tan sólo 5 kilómetros de la capital Granada.

El clima es de tipo mediterráneo continental, caracterizado por inviernos fríos y veranos calurosos, siendo la **zona climática C3**.

Geometría

El hotel está formado por ocho plantas, dos de las cuales son subterráneas (aparcamientos). De las seis plantas sobre rasante, las dos primeras tienen una extensión mayor que el resto, estando destinadas a la zona comercial, entrada al vestíbulo y recepción. Sobre estas dos plantas, se construyen otras cuatro en una sola pieza destinadas a las 104 habitaciones del hotel. Esta geometría hace que la **compacidad**, a pesar de ser un edificio de gran altura, no sea muy elevada (**1,34**).

COMPACIDAD	1,34
------------	------

Los espacios en los que se ha dividido el edificio para su simulación en Calener-VyP se muestran en la Ilustración 116, Ilustración 117 e Ilustración 118. Las plantas sótano no se han definido en el programa por estar dedicadas al aparcamiento de vehículos, siendo en su totalidad no habitables.

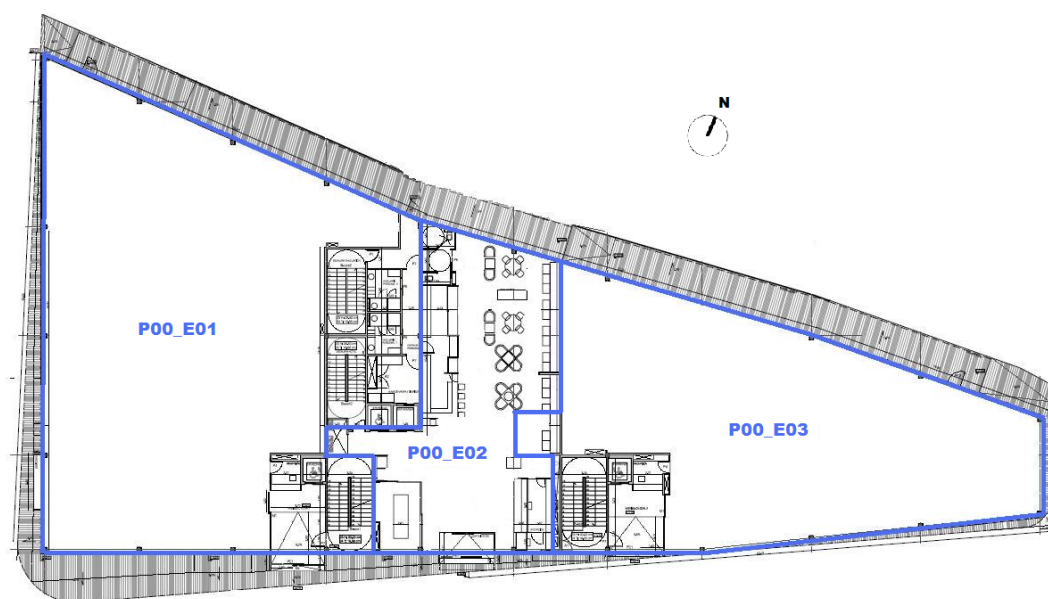


Ilustración 116. Planta baja. Hotel de Pulianas.

Las plantas baja y primera están compuestas por espacios no acondicionados (locales) y un único espacio central acondicionado (vestíbulo-hall). Sobre estas plantas, se encuentran las cuatro plantas del hotel, formadas por un pasillo (no acondicionado) que da acceso a un total de 26 habitaciones por planta, albergando las zonas de servicio necesarias en cada una de ellas (accesos, escaleras, office y ascensor).

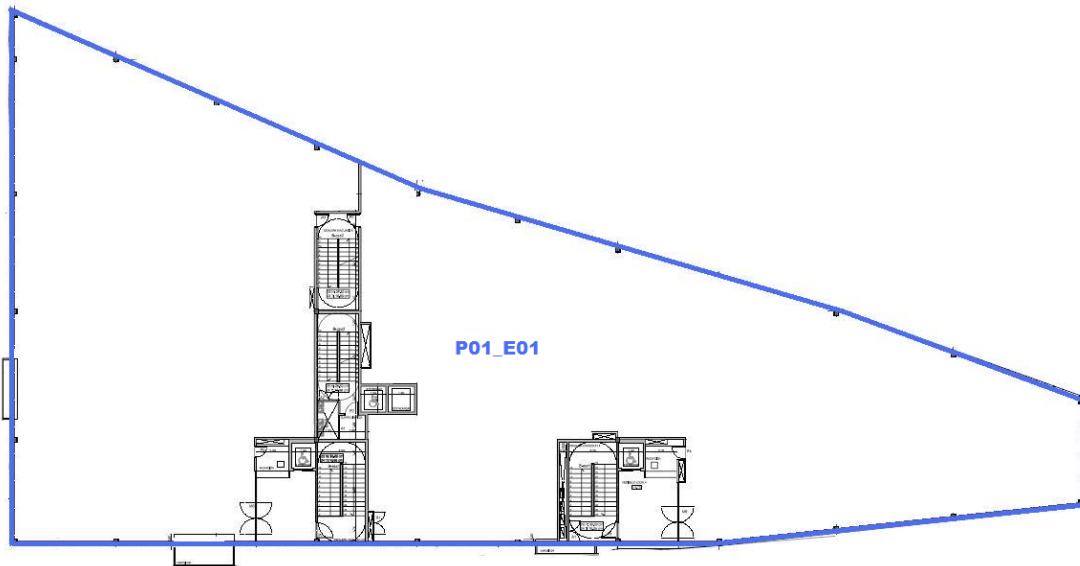


Ilustración 117. Primera planta. Hotel de Pulianas.

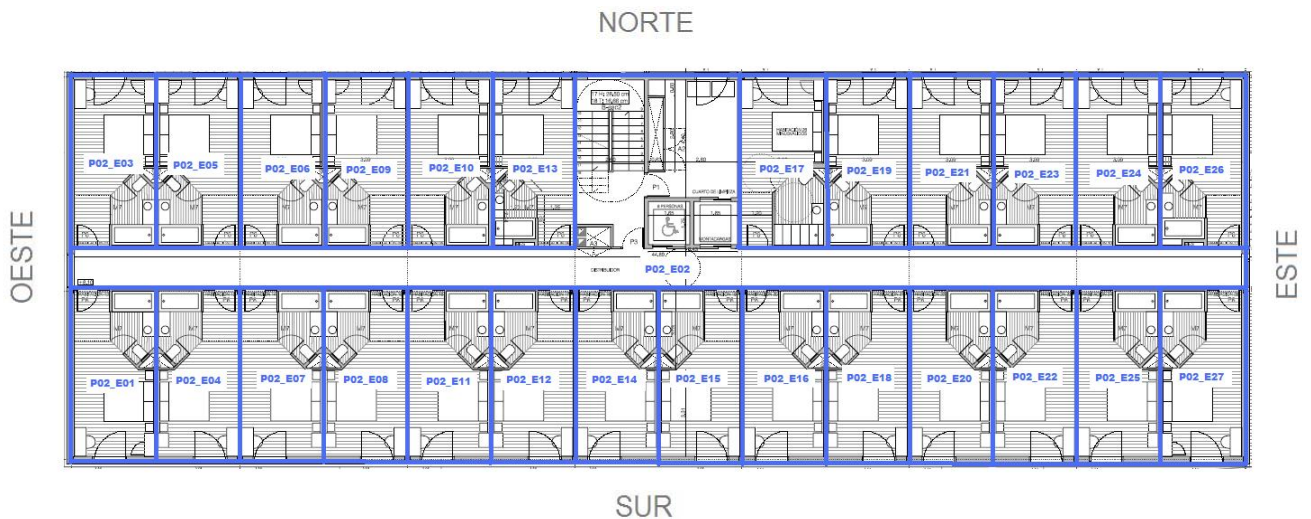


Ilustración 118. Plantas segunda a quinta. Hotel de Pulianas.

En total se tienen 2.458,46 m² de superficie acondicionada, 3.024,31 m² de superficie no acondicionada y 2.893,96 m² de superficie no habitable como se desglosa en la Tabla 105.

Tabla 105. *Superficie acondicionada, no acondicionada y no habitable. Hotel de Pulianas.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)		
	Acondicionada	No Acondicionada	No Habitable
Sótano -2	0	0	1.424,19
Sótano -1	0	0	1.469,77
Planta baja	215,22	1.178,56	0
Primera planta	0	1.393,15	0
Segunda planta	560,81	113,15	0
Tercera planta	560,81	113,15	0
Cuarta planta	560,81	113,15	0
Quinta planta	560,81	113,15	0
TOTAL	2.458,46	3.024,31	2.893,96

Modelizado en Calener - VyP

Sin modelizar

Orientación y huecos

La orientación de las fachadas principales del edificio es norte-sur con una desviación de 15°. En este caso, las dimensiones de los huecos de estas fachadas son semejantes (ver Ilustración 119 e Ilustración 120), debido a la existencia de habitaciones en ambas orientaciones.

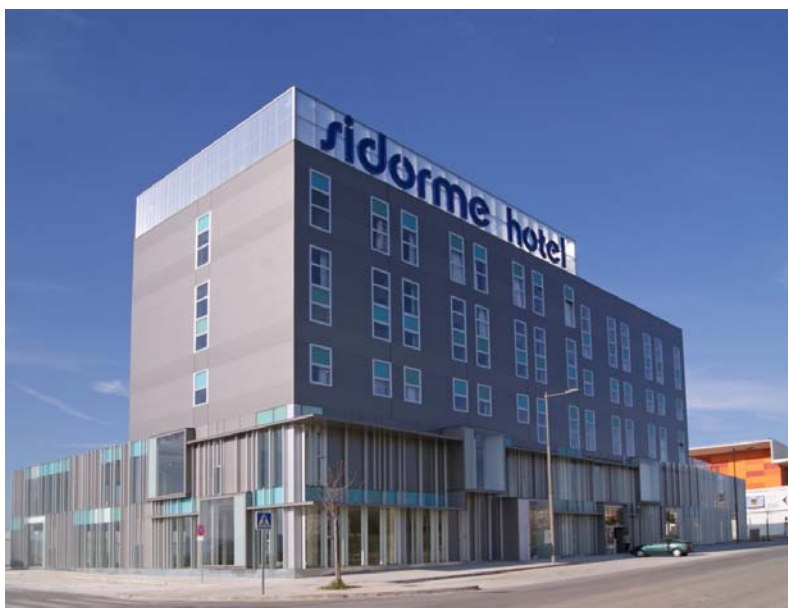


Ilustración 119. Fachadas norte. Hotel de Pulianas.



Ilustración 120. Fachadas sur. Hotel de Pulianas.

En la Tabla 106 se recoge el porcentaje de huecos de las fachadas según su orientación, donde se aprecia, tal y como se ha comentado, que el porcentaje de huecos de las fachadas principales (norte-sur) es similar, siendo menores los huecos de las fachadas este y oeste.

Tabla 106. Porcentaje de huecos. Hotel de Pulianas.

Orientaciones	Sur	Oeste	Norte	Este
% Huecos	19,94	6,55	18,52	3,78

La carpintería exterior del hotel es de aluminio anodizado con rotura de puente térmico y vidrio climalit 4/8/4. La transmitancia térmica del hueco, de 3,2 W/m²K, es inferior a la máxima permitida por el CTE HE-1 (4,4 W/m²K) pero no supone una mejora significativa (ver Tabla 107).

Tabla 107. Características de los huecos. Hotel de Pulianas.

U hueco	U vidrio	G _L vidrio	F _s	Protecciones
3,2	3,1	0,75	0,55	Persianas interiores

Materiales

Gracias a los altos espesores de aislamiento utilizados (12 cm en las fachadas de los locales comerciales, 8 cm en las fachadas del hotel, 5 cm en suelos y 9,7cm en cubiertas), las transmitancias de los cerramientos del edificio son muy inferiores a los valores exigidos en el CTE (0,95 W/m²K para fachadas, 0,65 W/m²K para suelos y 0,53 W/m²K para cubiertas) como se recoge en la Tabla 108.

Tabla 108. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Hotel de Pulianas.*

Cerramiento	U (W/m ² K)	AISLANTE		
		Espesor r (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelo	0,48	5	0,031	Lana mineral
Fachadas	Hotel	5 + 3	0,05	Espuma poliuretano
	Comercial	8 + 4	0,05 / 0,031	Espuma poliuretano / Lana mineral
Cubierta	0,29	7,7 + 2	0,031 / 0,05	Lana mineral / Espuma poliuretano
Tabique interior	0,34	3,7	0,031	Lana mineral

Iluminación

La iluminación debe cumplir las exigencias del Documento Básico HE-3 del CTE, siendo más eficiente cuanto menor es el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) respecto al valor límite establecido en dicho documento.

 Tabla 109. *Iluminación. Hotel de Pulianas.*

ZONA	POTENCIA (W/m ²)	VEEI (W/m ² por cada 100 lux)	
		Real	HE-3
Escaleras, Pasillo	3,49	4,38	4,5
Entrada personal Vestuarios	8,12		
Sótanos	2,36	2,80	5,00
Trasteros	3,69	2,50	
	8,42	3,14	
	4,65	3,63	
	2,34	2,29	
Instalaciones	7,44	2,72	
Almacén ropa y limpieza	14,97	4,18	
Cuarto basura / limpieza	10,73	4,44	
Recepción	21,97	4,26	6
Baños	7,36	6,54	7,5
	11,63	4,53	
Sala reuniones	10,51	4,08	10
Habitación	12,44	7,27	12,00

Comparando los valores VEEI real y VEEI límite según el DB HE-3 (Tabla 109), se comprueba que la eficiencia del sistema de iluminación del hotel es mayor que la exigida en el Código Técnico, siendo más eficientes las zonas de los sótanos, trasteros, instalaciones, recepción, salas de reuniones y las habitaciones del hotel donde las luminarias más utilizadas son **fluorescentes con balastro electrónico regulable**.

Además, cumpliendo con lo establecido en el apartado 2.2 del citado documento, las escaleras, accesos al sótano y ascensores, cuarto de limpieza y pasillos del hotel, disponen de un control de encendido y apagado por **sistema de detección de presencia**, por ser estas zonas de uso esporádico.

Ventilación e infiltraciones

La ventilación de las habitaciones se lleva a cabo a través de una unidad de tratamiento de aire primario centralizada (Tabla 110). Esta climatizadora introduce el aire exterior filtrado y aclimatado a las distintas zonas mediante rejillas de impulsión.

Tabla 110. *Climatizadora de aire primario de las habitaciones. Hotel de Pulianas.*

Características	Cap. calorífica	Cap. frigorífica
Potencia térmica	50,4 kW	44,1 kW
Rendimiento	5,5	3,49
Ud. terminales	Rejillas	

En la zona de vestíbulo-hall se dispone un recuperador de calor para un caudal de aire tratado de 2.000 m³/h con una eficiencia del 51 %. Este equipo se intercala entre el conducto de extracción de aire de la instalación y la toma de ventilación que va al retorno de la unidad de climatización, cruzando ambos caudales de aire a fin de recuperar calor o frío del aire extraído del ambiente climatizado al aire de ventilación, antes de su introducción en el climatizador.

Sistemas

Las habitaciones del hotel constan de un sistema de climatización mediante unidades acondicionadoras de pared con bomba de calor, sistema partido tipo *multisplit* con una capacidad frigorífica nominal de 9 kW y calorífica nominal de 11 kW. Este sistema está compuesto por una unidad exterior situada en la cubierta del edificio y 4 unidades interiores situadas en las habitaciones de una misma vertical. Las bombas de calor cuentan con compresores tipo *inverter* con refrigerante R-410A, lo que le permite conseguir una mejor eficiencia en su funcionamiento traduciéndose en unos rendimientos altos de 4,47 en calefacción y 3,81 en refrigeración.

El control de la instalación se realiza mediante termostatos ambiente independientes por estancia que actúan directamente sobre la unidad interior ajustándose a las condiciones requeridas en cada momento. Además, gracias a un accionamiento remoto vinculado al

tarjetero de entrada de la habitación, el funcionamiento de la unidad de climatización se detiene en el momento de abandonar la habitación.

Para la climatización del vestíbulo-hall se dispone de una bomba de calor, de capacidad frigorífica nominal de 37,6 kW y calorífica nominal de 38,9 kW. La unidad exterior está condensada por aire y se encuentra en la cubierta del edificio. El aire climatizado se distribuye a través de una red de conductos hasta las rejillas de impulsión y retorno colocadas en el techo del vestíbulo.

La producción del ACS se realizará mediante dos calderas de condensación en cascada modulantes de 116 kW cada una y con un rendimiento del 109 % a cargas parciales del 30 %. Cumpliendo el requerimiento del CTE, la instalación solar térmica cubre el 60,9 % de la demanda total de agua caliente sanitaria.

Como exige el CTE en su apartado HE-5 (contribución fotovoltaica mínima), el edificio posee una instalación fotovoltaica de 9,45 kWp .

Tabla 111. *Sistemas. Hotel de Pulianas.*

Calefacción	Habitaciones	Vestíbulo	Sala-Rack
Equipo	BdC - 26 multi-split	BdC	BdC
Potencia térmica	11 kW	38,9 kW	7,05 kW
Rendimiento	4,47	4,37	2,94
Ud. terminales	104 ud. exp. directa	Exp. directa	Exp. directa
Refrigeración	Habitaciones	Vestíbulo	Sala-Rack
Equipo	BdC - 26 multi-split	BdC	BdC
Potencia térmica	9 kW	37,6 kW	6,05 kW
Rendimiento	3,81	3,06	2,52
Ud. terminales	104 ud. exp. directa	Exp. directa	Exp. directa
ACS			
Equipo	2 calderas de condensación		
Potencia térmica	232 kW		
Rendimiento a carga parcial del 30 %	1,09		
Contribución solar [HE-4]	60,9 % [60 %]		

Calificación energética

En la Tabla 112 se aprecia cómo, gracias a un buen aislamiento, una buena orientación y un factor solar elevado, se consigue una alta calificación (B) en demanda de calefacción.

A pesar de las características del clima (C3), la demanda de refrigeración es superior a la demanda de calefacción, en este caso obtiene una letra C. Efectivamente, en los edificios terciarios, por la presencia de ordenadores, personas, equipos o iluminación, las ganancias internas pueden ser bastante altas aumentando esta demanda de refrigeración.

El uso de bombas de calor reversible de alto rendimiento permite mantener las calificaciones parciales obtenidas en demandas para las calificaciones en emisiones (calefacción y refrigeración).

Finalmente, gracias a un sistema de ACS muy eficiente (con calificación A) con apoyo de caldera de condensación, y una buena eficiencia en iluminación (con calificación B) la calificación energética final obtiene una letra B.

Tabla 112. *Calificación energética. Hotel de Pulianas.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	20,3	B
Refrigeración	34,8	C
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Calefacción	6,0	B
Refrigeración	4,5	C
ACS	1,1	A
Iluminación	31,3	B
TOTAL	42,9	B

Instalación fotovoltaica

Calener-VyP no tiene en cuenta el ahorro en emisiones correspondientes a la producción de electricidad renovable mediante la instalación fotovoltaica. Por esta razón, a las emisiones de CO₂ de la Tabla 112 hay que restarle el efecto de la instalación fotovoltaica.

La electricidad producida se estima en 12,8 MWh/año, lo que corresponde a un ahorro de 8.037,2 kg CO₂/año. Si se corrigen las emisiones totales con esta cantidad, se comprueba que, aunque bajen las emisiones, la calificación energética final sigue siendo B.

Buenas prácticas

- ✓ Adecuado aislamiento
- ✓ Ventilación con recuperador de calor
- ✓ Iluminación eficiente

¿Qué mejorar?

- ✓ Compacidad
- ✓ Protección solar de los huecos
- ✓ Aumentar el uso de energías renovables

Autor del proyecto

Estudio Jiménez Brasa - Granada

www.jimenezbrasa.com



Climatología

El centro de salud se sitúa en la ciudad de Coria, junto al río Alagón, al noreste de la provincia de Cáceres y a una altitud de 263 metros sobre el nivel del mar. Coria se localiza en una zona de clima continental con alguna influencia atlántica, caracterizado por inviernos fríos y veranos calurosos, correspondiéndole una **zona climática C4** (con máxima severidad climática de verano).

Geometría

El centro de salud está formado por dos plantas, una de las cuales está semienterrada, y dispone de una cámara sanitaria para aislar al edificio de la humedad del terreno. Debido al diseño del edificio, formando hileras en la dirección este-oeste unidas mediante un pasillo transversal, la compacidad no es muy elevada (**1,44**).

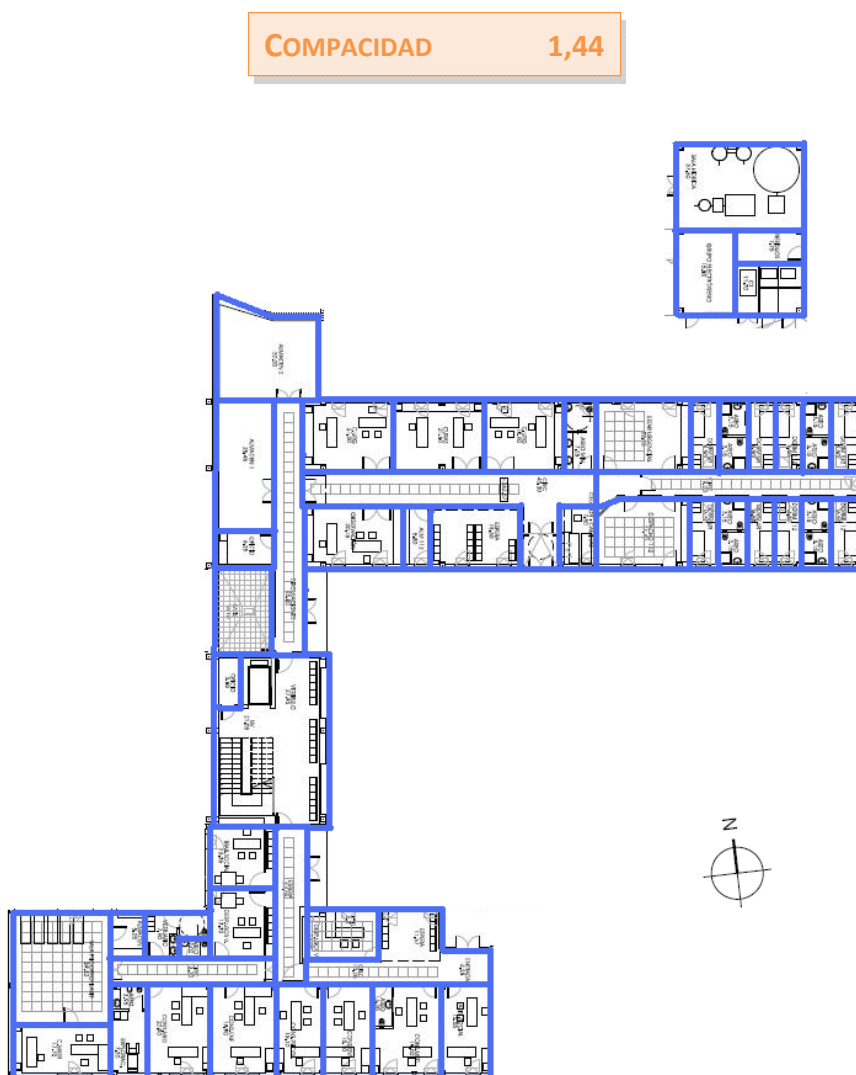


Ilustración 121. Planta baja. Centro de salud de Coria.

La zonificación del edificio para su simulación en Calener-GT se realizará según el uso de los espacios (ver Ilustración 121 e Ilustración 122). La mayoría de los espacios son acondicionados (consultas, dormitorios, salas de espera, circulaciones,...) y algunos no acondicionados (salas de instalaciones, almacén, aseos y cámara sanitaria).

Aunque la cámara sanitaria debería considerarse como no habitable, Calener-GT sólo distingue entre espacios acondicionados y no acondicionados, teniéndose un total de 2.532,22 m² de superficie acondicionada y 1.902,23 m² no acondicionada (Tabla 113).



Ilustración 122. Primera planta. Centro de salud de Coria.

Tabla 113. *Superficie acondicionada, no acondicionada y no habitable. Centro de salud de Coria.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)	
	Acondicionada	No Acondicionada
Cámara sanitaria	0	1.589,74
Planta baja	651,53	202,42
Primera planta	1.880,69	110,07
TOTAL	2.532,22	1.902,23

Orientación y huecos

Las fachadas principales del edificio tienen orientación norte-sur con una desviación de 7°. El porcentaje de huecos de las fachadas es bajo, siendo las fachadas sur y este las que cuentan con una mayor superficie de ventanas, con un 15 % de huecos (ver Ilustración 123 e Ilustración 124).



Ilustración 123. Fachadas este y norte. Centro de salud de Coria.



Ilustración 124. Fachadas oeste y sur. Centro de salud de Coria.

El bajo porcentaje de huecos de las fachadas (Tabla 114) limita la captación solar del edificio perjudicando la demanda de calefacción.

Tabla 114. *Porcentaje de huecos. Centro de salud de Coria.*

Orientaciones	Sur	Suroeste	Oeste	Norte	Este
% HUECOS	15,74	13,41	11,44	10,36	15,26

La carpintería es de aluminio lacado con rotura de puente térmico, tipo *monoblock* con persiana de PVC de lamas de 50 mm en ventanas. El acristalamiento es doble, formado por una luna pulida incolora de 4 mm y un vidrio laminar de 3+3 mm y cámara de aire deshidratada de 6 o 16 mm, con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral (junta plástica).

En la Tabla 115 se indican las características de los huecos y su modificación en verano debido al efecto de las persianas. Se observa que la transmitancia del hueco es menor que el límite impuesto en el CTE HE-1 (4,4 W/m²K), pero cercano al él, lo cual no mejora significativamente el comportamiento térmico del edificio. Por otro lado, la modificación del factor solar por la presencia de persianas ayuda a disminuir la demanda de refrigeración del edificio.

Tabla 115. *Características de los huecos. Centro de salud de Coria.*

Huecos	U _{hueco}	U _{vidrio}	F _U	G _⊥ vidrio	F _s	Protecciones
Espacios no acondicionados y sala RACK	3,12	2,9	1	0,5	1	-
Espacios acondicionados			0,6		0,6	Persianas

Materiales

En la Tabla 116 se muestran los espesores de aislamiento de las fachadas y las cubiertas que conforman la envolvente térmica del edificio, siendo 6 y 8 cm respectivamente. La colocación de este aislamiento reduce las transmitancias térmicas a valores inferiores a los impuestos en el CTE HE-1 (0,95 W/m²K para fachadas y 0,53 W/m²K para cubiertas).

Sin embargo, los suelos en contacto con espacios no acondicionados, con 4 y 6 cm de aislamiento, tienen valores de transmitancia próximos al exigido por el HE-1 (0,65 W/m²K).

Tabla 116. *Propiedades térmicas de los cerramientos. Centro de salud de Coria.*

Cerramiento		U (W/m ² K)	AISLANTE		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelos	Espacios NA	0,42	6	0,034	Poliestireno expandido
		0,57	4		
	Exterior	0,21	6+6	0,034/0,025	Poliestireno expandido/ Hidrofluorocarburos
Fachada		0,37	6	0,034	Poliestireno expandido
Cubierta		0,31	8	0,034	Poliestireno expandido

Iluminación

Las características principales de la instalación de iluminación del centro de salud se recogen en la Tabla 117, donde se observan valores de VEEI menores que los exigidos en el HE-3, pudiendo destacarse la alta eficiencia de las zonas de urgencias, fisioterapia, pasillo, archivo y sala de juntas, conseguida con luminarias empotradas con lámparas fluorescentes lineales con elevado rendimiento (71 %) y limitación del deslumbramiento.

Además, el sistema de iluminación cuenta con control mediante presencia, luz ambiental y regulación en luminarias.

 Tabla 117. *Iluminación. Centro de salud de Coria.*

ZONA	POTENCIA (W/m ²)	VEEI (W/m ² por cada 100 lux)	
		Real	HE-3
Urgencias	7,59	1,52	3,5
Desperdicio	13,75	4,58	
Consulta médica	30,06	5,64	
Fisioterapia	7,51	1,68	
Extracciones Oficinas	12,61	2,06	
Circulación Sala espera	10,25	2,3	4,5
Estar personal	16,82	5,07	
Dormitorio	12,59	5,18	
Aseos	4,4	4,5	
Almacén	11,99	3,28	5
Archivo	7,02	1,58	
Sala juntas	8,79	2,06	6
Pasillo	8,82	2,17	10

Ventilación e infiltraciones

La ventilación se asegura mediante dos climatizadoras de aire primario NB-11 y NB-15 (Tabla 118). Estas climatizadoras integran recuperadores de calor de eficiencias 51 y 55 %, que mejoran la eficiencia del sistema de ventilación al aprovechar parte del calor del aire expulsado.

Tabla 118. *Climatizadoras de aire primario. Centro de salud de Coria.*

Características	NB-11	NB-15
Potencia frigorífica	46 kW	58,1 kW
Caudal impulsión	10.000 m ³ /h	13.000 m ³ /h
Caudal retorno	9.000 m ³ /h	11.500 m ³ /h
Pot. Vent. impulsión	4,07 kW	4,49 kW
Pot. Vent. extracción	2,75 kW	3,68 kW
Eficiencia del recuperador	55 %	51 %
Nº unidades	3	2

Sistemas

El sistema de refrigeración elegido es un sistema centralizado compuesto de dos enfriadoras condensadas por aire que abastecen a las unidades terminales *fan-coils*.

Para la calefacción, se dispone de dos calderas de gas natural que suministran agua caliente a los mismos *fan-coils* usados para la refrigeración.

En la sala *Rack* se instala una bomba de calor mural aire-aire de expansión directa para mantener, de forma independiente al resto del edificio, una determinada temperatura durante todo el año.



Ilustración 125. *Instalación solar térmica. Centro de salud de Coria.*

La instalación solar térmica de baja temperatura produce el 71 % de la demanda de ACS. Está formada por 8 captadores planos conectados entre sí en 4 baterías de 2 captadores con un total de 17,92 m² de captación. Los paneles están orientados al sur con una inclinación de 45° respecto a la horizontal (Ilustración 125). El sistema cuenta con un acumulador solar con una capacidad de almacenamiento de 1.000 litros. Para asegurar en todo momento el suministro de ACS, se dispone de un sistema de apoyo consistente en una caldera de gas natural de 32 kW de potencia.

Las principales características de los sistemas de climatización y ACS se muestran en la Tabla 119.

Tabla 119. *Sistemas. Centro de salud de Coria.*

Calefacción			
Equipo	2 calderas de gas natural		Split
Potencia térmica	258 kW		0,2 kW
Rendimiento	0,95		2,8
Unidades terminales	Fan-coils		Expansión directa
Refrigeración			
Equipo	Enfriadora	Enfriadora	Split
Potencia térmica	64,1 kW	392,5 kW	0,2 kW
Rendimiento	3,75	3,72	2,8
Unidades terminales	Fan-coils	Fan-coils	Expansión directa
ACS			
Equipo	Caldera de gas natural		
Potencia térmica	32 kW		
Rendimiento	0,96		
Contribución solar [HE-4]	71 % [70 %]		

Calificación energética

El cálculo de la calificación energética se realizó con Calener-GT puesto que la enfriadora con *fan-coils* para la refrigeración no se puede simular en Calener- VyP. Los resultados arrojados por el programa se muestran en la Tabla 120.

Las demandas de calefacción y refrigeración son elevadas en comparación con el edificio de referencia (calificaciones E y C respectivamente). Esto se debe a que Calener-GT suma las demandas de los espacios acondicionados y no acondicionados, aunque estos últimos no cuenten en el consumo final de los sistemas y, por tanto, en las emisiones de CO₂. Por ello, los resultados de demandas mostrados no son los reales, teniendo que tener en cuenta que aproximadamente el 50 % de la superficie total del edificio pertenece a espacios no acondicionados, en su mayoría correspondientes a la cámara sanitaria, que

carece de aislamiento en suelos y fachadas, y cuenta con unas infiltraciones de 5 renovaciones/hora, haciendo que su demanda sea elevada.

Como se ha comentado, para calcular el consumo de los sistemas de climatización, Calener-GT considera la demanda real del edificio que, asociada al elevado rendimiento de los sistemas instalados, consigue unas emisiones de CO₂ comparables a las del edificio de referencia (letra C) mejorando la calificación parcial de calefacción dos letras respecto a su demanda.

Por otro lado, el sistema de agua caliente sanitaria obtiene una calificación parcial A gracias al uso de gas natural como fuente de energía auxiliar, el cual tiene unas emisiones de 0,204 kg CO₂/kWh, el 30 % aproximadamente de las emisiones de un kWh eléctrico (0,649 kg CO₂/kWh), fuente de energía utilizada en el edificio de referencia.

El uso de luminarias eficientes (valores de VEEI bajos) y de controles adecuados, mediante detección de presencia y luz natural, permiten obtener una calificación B en iluminación.

Finalmente, la calificación energética total del edificio es B.

Tabla 120. *Calificación energética. Centro de salud de Coria.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	100,9	E
Refrigeración	96,4	C
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Climatización	83,7	C
ACS	2	A
Iluminación	17,8	B
TOTAL	103,5	B

Buenas prácticas

- ✓ Adecuado aislamiento en muros de fachada y cubiertas
- ✓ Protección mediante persianas
- ✓ Buen rendimiento de los sistemas de climatización
- ✓ Luminarias de alta calidad
- ✓ Ventilación con recuperador de calor

¿Qué mejorar?

- ✓ Compacidad
- ✓ Aislamiento de los suelos
- ✓ Calidad de los huecos (vidrio + marco)
- ✓ Aumentar el uso de energías renovables

Autor del proyecto

EXTHALIA Consultores - Badajoz – Sevilla - www.exthalia.com - estudio@exthalia.com

Técnicos redactores y directores de obra: José Carlos Palmer Martínez, Luís Enrique O'Connor Reina y Enrique Vallecillos Segovia - Arquitectos

Director de ejecución: Ángel Risco Ceniceros - Arquitecto Técnico



IDOM Ingeniería y Sistemas, S.A.

EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN MARÍN, PONTEVEDRA

Climatología

Este edificio de oficinas, perteneciente a la Autoridad Portuaria de Marín y Ría de Pontevedra, se sitúa dentro del recinto portuario de Marín, en el parque de Cantodarea. Marín está situado en la península del Morrazo, en el margen meridional de la ría de Pontevedra, a 7 kilómetros de Pontevedra y 27 de Vigo, correspondiéndole una **zona climática C1**, caracterizada por inviernos fríos y veranos frescos.

Geometría

Este edificio de uso terciario se compone de cinco plantas: un sótano y cuatro plantas sobre rasante. El edificio, de geometría simple y gran altura, tiene una **compacidad elevada (2,10)**, favoreciendo así la reducción de la demanda del mismo, al exponer una reducida superficie de transferencia de calor al exterior.

COMPACIDAD 2,10

En el sótano se encuentra el aparcamiento; en planta baja la recepción, una sala polivalente y una sala CPD; y las tres últimas plantas albergan las oficinas. En la orientación suroeste del edificio, un patio no acondicionado de cuatro alturas conecta las distintas plantas.

Todas las oficinas están acondicionadas, siendo los únicos espacios no habitables las escaleras y los huecos de ascensor. Los espacios creados en el programa Calener-VyP se muestran en la Ilustración 126 a la Ilustración 129.

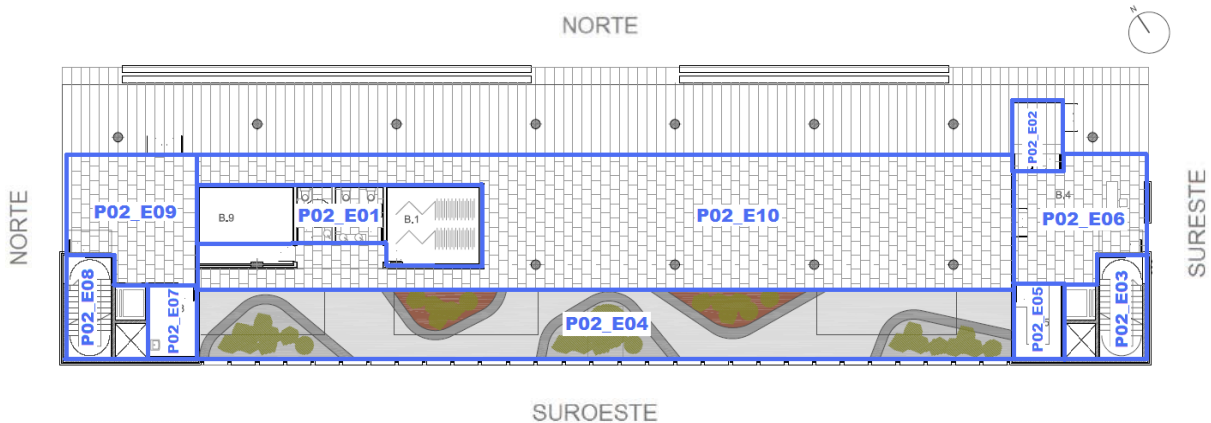


Ilustración 126. Planta baja. Edificio administrativo de Marín

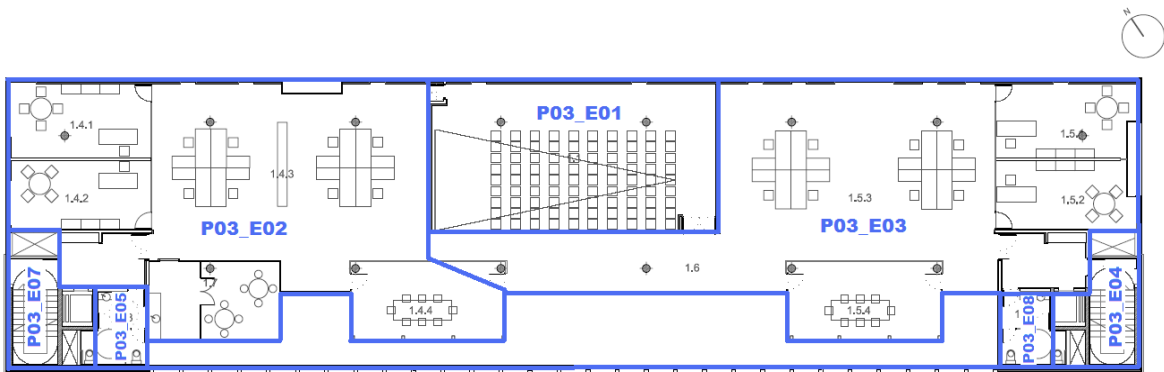


Ilustración 127. Planta primera. Edificio administrativo de Marín.

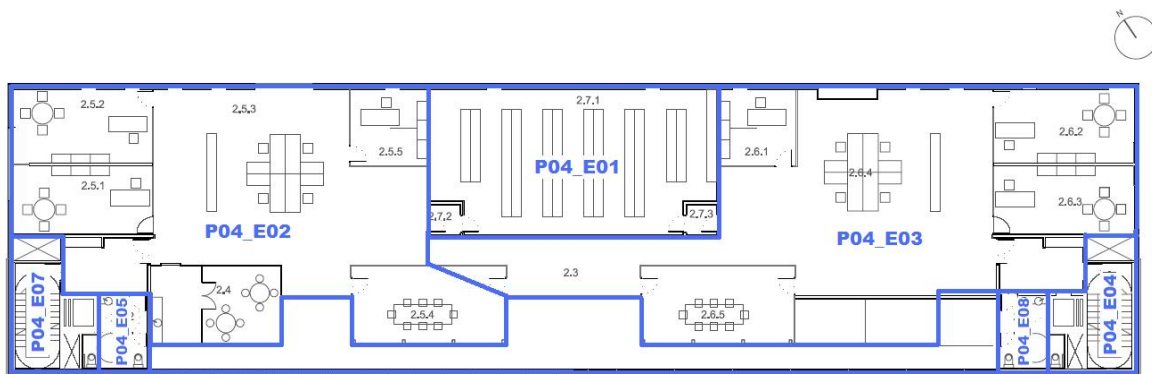


Ilustración 128. Planta segunda. Edificio administrativo de Marín.

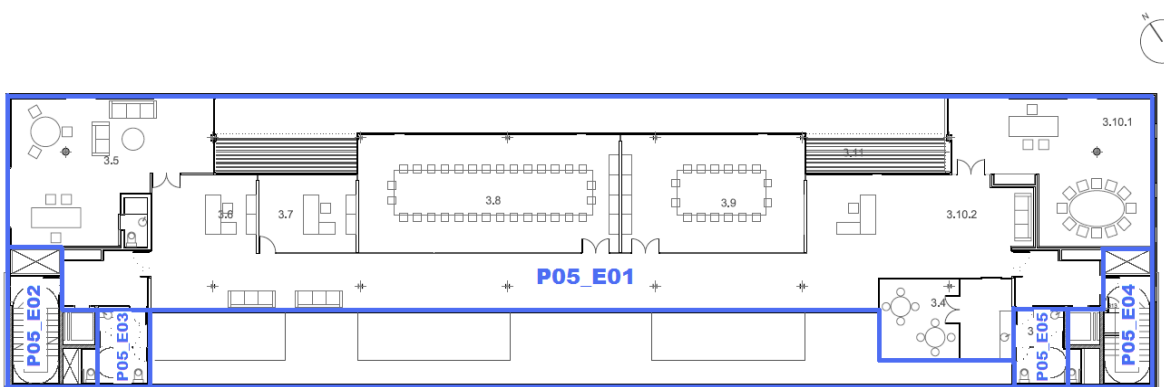


Ilustración 129. Planta tercera. Edificio administrativo de Marín.

En total, la superficie útil de este edificio es de 3.657 m² con 2.121 m² acondicionados (Tabla 121).

Tabla 121. *Superficie acondicionada, no acondicionada y no habitable. Edificio administrativo de Marín.*

PLANTA	SUPERFICIE (m ²)		
	Acondicionada	No Acondicionada	No Habitable
Sótano	0	0	935,26
Planta baja	397,61	165,82	94,75
Primera planta	678,58	22,82	50,95
Segunda planta	559,9	141,5	50,95
Tercera planta	488,02	73,77	0
TOTAL	2.124,11	403,91	1.131,91

Orientación y huecos

La orientación de las fachadas principales es norte – suroeste con una desviación de 56° respecto al sur.

El muro cortina de la fachada oeste permite una captación máxima de la radiación solar en invierno. De esta forma, el atrio de cuatro plantas se convertirá en un invernadero calentando las distintas plantas y aportando luz natural a la zona de circulación y los despachos de oficinas (ver Ilustración 130).



Ilustración 130. Atrio. Edificio administrativo de Marín.

Por otro lado, para evitar el calentamiento de este atrio en verano, se han dispuesto en toda la fachada lamas horizontales fijas de aluminio, con una inclinación de un 2 % (ver Ilustración 131).



Ilustración 131. Fachada suroeste. Edificio administrativo de Marín.

La fachada norte del edificio (Ilustración 132) se ha diseñado con un menor porcentaje de huecos para limitar las pérdidas de calor, ya que esta fachada no recibe radiación solar en invierno. Aún así, se aprecia que la superficie acristalada es elevada si se compara con otras tipologías de edificios, ya que en el caso de los edificios de oficinas, favorecer la iluminación natural es fundamental para crear un ambiente confortable de trabajo.



Ilustración 132. Fachada norte. Edificio administrativo de Marín.

En la Tabla 122 se comprueba como efectivamente el porcentaje de hueco de la fachada suroeste es muy superior al porcentaje de hueco de las demás fachadas.

Tabla 122. Porcentaje de huecos. Edificio administrativo de Marín.

Orientaciones	Sureste	Suroeste	Norte
% HUECOS	59,42	84,45	47,97



Ilustración 133. Fachada sureste. Edificio administrativo de Marín.

La carpintería es de aluminio con rotura de puente térmico y acristalamiento doble con cámara deshidratada, teniendo una transmitancia de $2,92 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ver Tabla 123) mejorando ligeramente el valor exigido por el Código Técnico, que para esta zona climática es de $4,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabla 123. Características de los huecos. Edificio administrativo de Marín.

Huecos	U_{hueco}	U_{vidrio}	$G_{\perp \text{vidrio}}$	Protección
Muro cortina	2,92	2,8	0,63	Lamas
Resto				-

Material es

De la Tabla 124 se puede destacar que las fachadas tienen un nivel de aislamiento adecuado (6 cm de lana de roca), mejorando el valor de transmitancia respecto al límite exigido en el Código Técnico ($0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Tabla 124. Propiedades térmicas de los cerramientos. Edificio administrativo de Marín.

Cerramiento		U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	AISLANTE		
			Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Suelos	Espacios NH	0,8	3	0,034	Poliestireno extruido
	Exteriores	0,62	4	0,034	Poliestireno extruido
Fachadas	Escaleras planta baja. Muros plantas 1 ^a a 3 ^a	0,5	6	0,041	Lana de roca
	Resto	0,57			

Cerramiento	U (W/m ² K)	AISLANTE		
		Espesor (cm)	λ (W/mK)	Tipo
Cubiertas	0,45	6	0,034	Poliestireno extruido

Las transmitancias de los suelos, sin embargo, son elevadas al tener tan sólo 3 ó 4 centímetros de aislamiento.

Iluminación

Las zonas de uso esporádico (escaleras y aparcamientos) disponen de un control de encendido y apagado por interruptor temporizado.

Cómo lo especifica el CTE HE-3, el nivel de iluminación se regula en función del aporte de luz natural en la primera línea de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana. Esta regulación se realiza a través de un sensor con célula fotoeléctrica en la lámpara de las luminarias fluorescentes que actúa sobre los balastos regulables.

Se puede destacar la elevada eficiencia energética de la iluminación en el aparcamiento, zona de archivo, zona de equipos y sala de proyecciones. El uso de luminarias estancas fluorescentes en estas zonas consigue mejorar de manera significativa la eficiencia de la iluminación respecto a los valores exigidos por el HE-3 (Tabla 125).

Tabla 125. *Iluminación. Edificio administrativo de Marín.*

ZONA	POTENCIA (W/m ²)	VEEI (W/m ² por cada 100 lux)	
		Real	HE-3
Zona polivalente	8,82	3,24	3,5
Sala reuniones	9,33	2,28	
Secretaria presidencia Jefe prensa, Sala juntas	13,44	3,42	
Pasillos	12,81	4,07	4,5
	7,34	3,16	
Zona equipos dirección	10,8	3,18	5
Aparcamientos	2,59	2,01	
Archivo / Zona equipos	8,42	3,46	
Sala proyecciones	11,39	3,14	10

Ventilación e infiltraciones

En la planta sótano, la ventilación se realiza mediante entrada natural de aire a través de rejillas fijas dispuestas en fachada (Ilustración 134 e Ilustración 135).

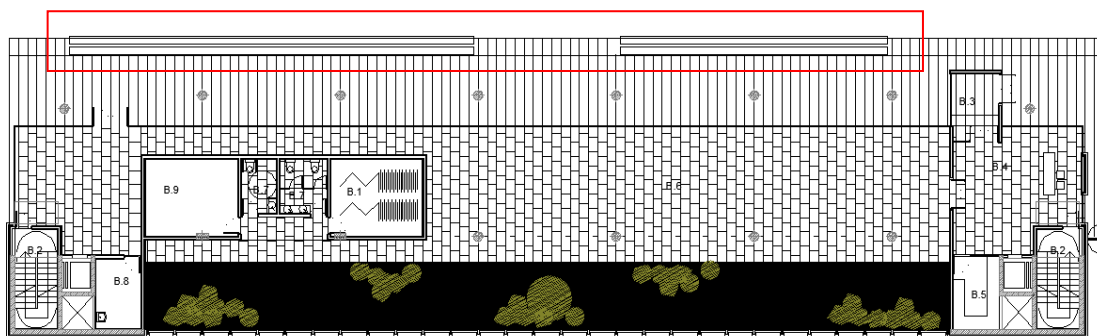


Ilustración 134. Vista en planta de las rejillas de fachada. Edificio administrativo de Marín.

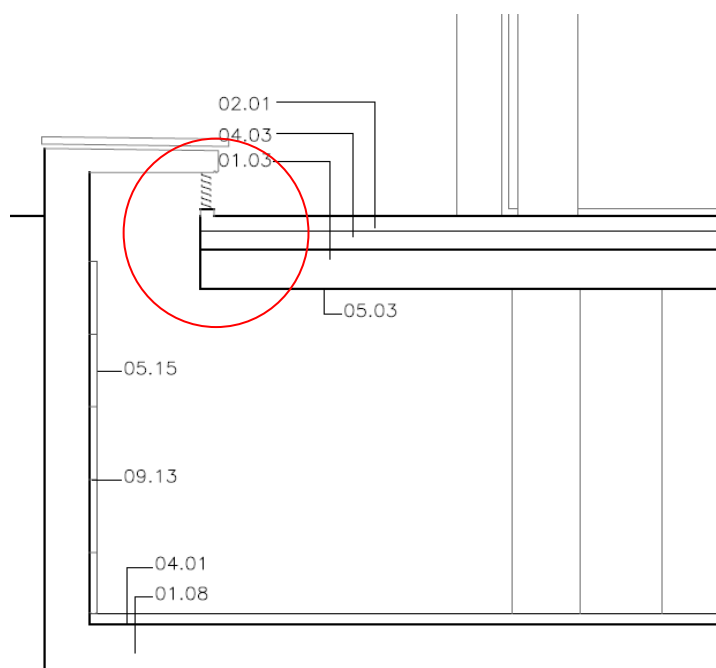


Ilustración 135. Sección de las rejillas de fachada. Edificio administrativo de Marín.

La ventilación de los locales climatizados de las tres primeras plantas se realiza por medio de dos ventiladores con recuperador de calor entálpico (uno para cada mitad del edificio), con posibilidad de modo by-pass, que tomarán el aire exterior desde la cubierta.

Para la ventilación de la planta baja, se tiene un recuperador diferente a los de cubierta, por necesitar una capacidad mucho menor, siendo en este caso el rendimiento del 54 %.

El atrio dispone de un sistema de ventilación natural con huecos exteriores practicables inferiores y superiores que facilitan la circulación del aire. Además, se disponen de huecos practicables en la fachada interior de las oficinas que dan al atrio, pudiendo abrirse de forma manual cuando las condiciones de temperatura exterior e interior son las adecuadas (ver Ilustración 136 e Ilustración 137).



Ilustración 136. Aperturas para ventilación exteriores e interiores. Edificio administrativo de Marín.

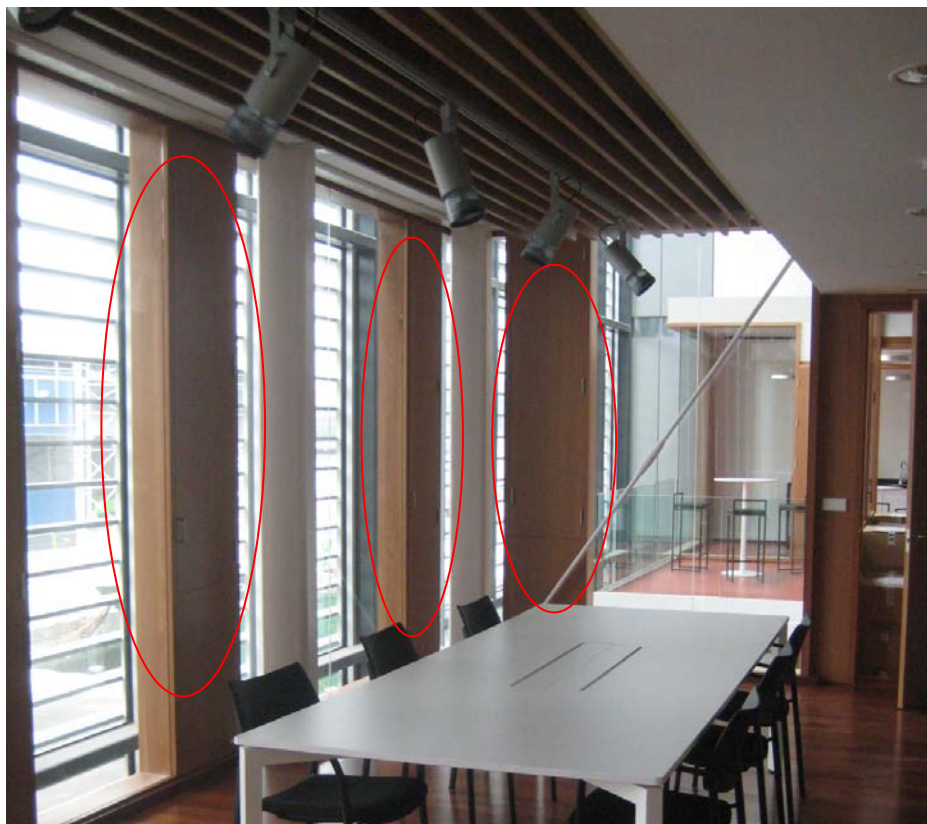


Ilustración 137. Aperturas para ventilación interiores. Edificio administrativo de Marín.

Durante un día de invierno, el sol incide en la fachada suroeste con un ángulo de incidencia bajo, de modo que las lamas permiten el paso de la radiación solar al interior del edificio. El aire del atrio se calienta y asciende por convección hacia la parte superior, por lo que si se requiere calor en las zonas de oficinas, se abrirán los huecos entre los despachos de oficinas y el atrio (Ilustración 138).

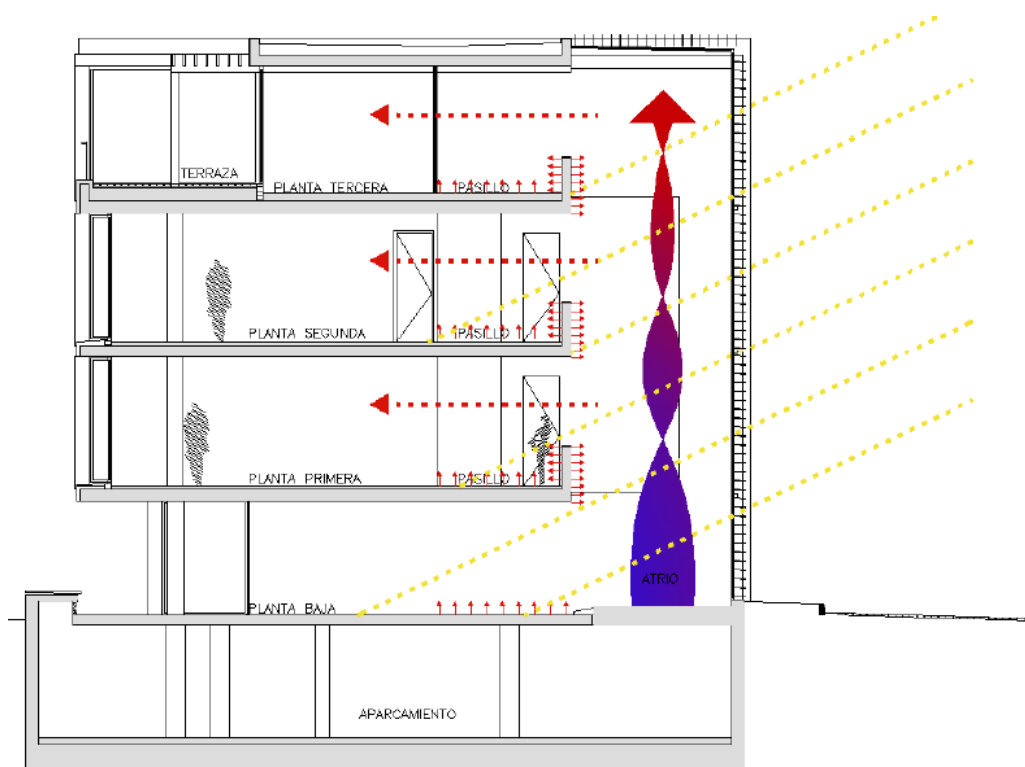


Ilustración 138. Funcionamiento atrio en invierno. Edificio administrativo de Marín.

Durante un día de verano, el ángulo de incidencia solar es mayor, por lo que las lamas exteriores al muro acristalado evitan que incida de manera directa en el atrio. Aún así, el aire contenido en el atrio se calentará y, dado que durante el verano no es deseable este aporte de calor, se abrirán los seis huecos exteriores (superiores e inferiores) de la fachada acristalada para permitir evacuar el aire caliente por convección natural. Para evitar que este aire caliente indeseado penetre en las zonas de trabajo, se mantendrán cerrados los huecos interiores.

Las fachadas del lado norte estarán más frías que las otras fachadas, al recibir menos radiación solar. Por ello, en épocas intermedias, cuando la temperatura exterior sea agradable y la interior calurosa debido a las cargas internas del edificio (equipos y ocupación), se podrá establecer una ventilación natural abriendo las ventanas de la orientación norte. Si además se abren los huecos interiores y los de la fachada suroeste, se podrá refrescar el ambiente mediante ventilación cruzada (ver apartado sobre ventilación cruzada).

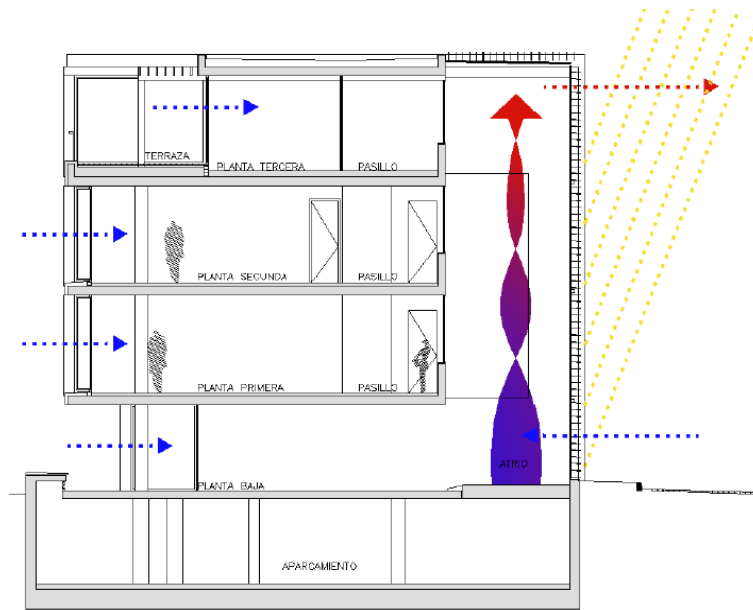


Ilustración 139. Funcionamiento atrio en verano. Edificio administrativo de Marín.

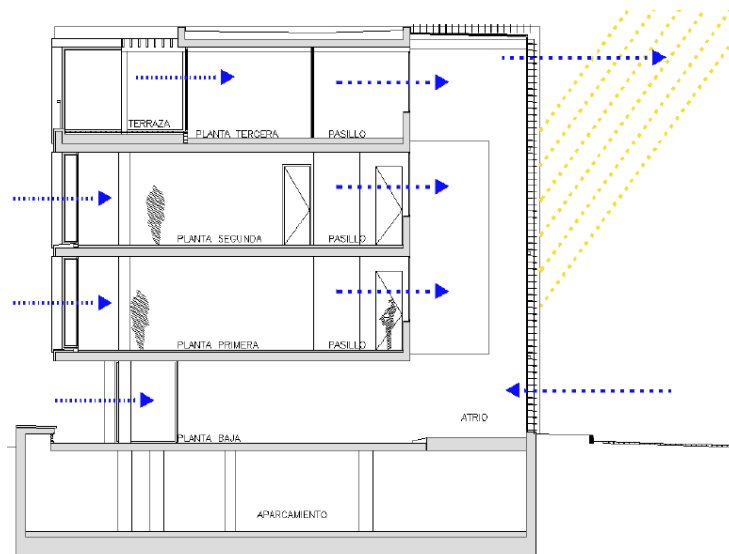


Ilustración 140. Funcionamiento atrio en épocas intermedias. Edificio administrativo de Marín.

Sistemas

El sistema de climatización es de expansión directa con caudal variable de refrigerante y control Inverter (permite la variación de la velocidad del compresor), y recuperación de calor (proporciona refrigeración y calor simultáneamente). Las unidades exteriores se sitúan en la cubierta, mientras las unidades interiores de conductos con difusores lineales se instalan en los falsos techos.

La producción de ACS se realiza mediante dos termos eléctricos. Dada la zona climática (C1) y la energía de apoyo (electricidad), el CTE HE-4 exige que la contribución solar mínima anual sea del 50 %. Sin embargo, si se justifica un ahorro de emisiones de CO₂ equivalente, el CTE admite una contribución solar inferior. En este caso, la instalación fotovoltaica (Ilustración 141 e Ilustración 142) justifica la ausencia de la instalación solar térmica de baja temperatura.

La instalación fotovoltaica es aislada, con una potencia de 9,6 kWp, formada por un generador solar de 48 módulos fotovoltaicos, 6 reguladores de carga, 3 inversores y 3 conjuntos de 24 baterías cada uno.



Ilustración 141. Paneles fotovoltaicos. Edificio administrativo de Marín.



Ilustración 142. Baterías. Edificio administrativo de Marín.

Las principales características de los sistemas de climatización y ACS se muestran en la Tabla 126.

Tabla 126. *Sistemas. Edificio administrativo de Marín.*

Calefacción	Sala CPD	Sala polivalente	Recepción	1ª Planta	2da Planta	3era Planta
Nº ud. exteriores	3	1	1	2	1	3
Pot. térmica total	42,9 kW	50 kW	4 kW	90 kW	63 kW	94,5 kW
Rendimiento	3,21	3,71	3,88	3,6	4,02	4,02
Ud. terminales	Expansión directa					
Refrigeración	Sala CPD	Sala polivalente	Recepción	1ª Planta	2da Planta	3era Planta
Nº ud. Exteriores	3	1	1	2	1	3
Pot. térmica total	36,9 kW	45 kW	3,5 kW	80 kW	56 kW	84 kW
Rendimiento	2,81	3,4	3,5	3,21	3,62	3,56
Ud. terminales	Expansión directa					
ACS						
Equipo	Calderas eléctricas					
Potencia térmica	1,5			2		
Rendimiento	90 %					
Contribución solar [HE-4]	0 % [50 %]					

Calificación energética

La demanda de calefacción, D, es elevada. Ante este resultado, hay que comentar que el efecto invernadero del atrio que calentará los despachos de oficinas mediante ventilación natural, no se puede introducir en Calener-VyP, por tanto, la demanda de calefacción real será más reducida que la mostrada por el programa.

La demanda de refrigeración obtiene una clase B gracias al efecto de las protecciones solares del muro cortina en la orientación suroeste.

En cuanto a emisiones, llama la atención la calificación F obtenida para el consumo de agua caliente sanitaria. Este resultado se debe al bajo rendimiento de la caldera utilizada (90 % frente al 100 % del edificio de referencia en edificios terciarios) y a la ausencia de contribución solar, justificada por el uso de energía renovable (fotovoltaica).

El sistema de iluminación obtiene una calificación C pues, en la mayoría de los espacios, se tienen valores de VEEI próximos a los valores exigidos en el DB HE-3.

Finalmente, la calificación que obtiene el edificio es C gracias al rendimiento de los equipos de climatización escogidos, que mejoran una letra en emisiones respecto a la calificación

en demanda de calefacción del edificio (predominante en este caso debido a la climatología), pasando de D a C.

Tabla 127. *Calificación energética. Edificio administrativo de Marín.*

Demanda	(kWh/m²)	Clase
Calefacción	23,0	D
Refrigeración	13,1	B
Emisiones	(kg CO₂/m²)	Clase
Calefacción	6,9	C
Refrigeración	2,6	B
ACS	1,0	F
Iluminación	7,3	C
TOTAL	17,8	C

Instalación Fotovoltaica

Calener-VyP no tiene en cuenta el ahorro en emisiones correspondientes a la producción de electricidad mediante la instalación fotovoltaica. Por esta razón, a las emisiones de CO₂ de la Tabla 127 hay que restarle las emisiones ahorradas por la instalación fotovoltaica.

La potencia pico instalada es de 9,6 kWp, por lo que se estima una producción anual de electricidad de 13,3 MWh. Si se corrigen las emisiones totales con esta cantidad, se comprueba que el índice de calificación energética pasa de 0,7 a 0,56, teniéndose finalmente una calificación energética B.

Buenas prácticas

- ✓ **Uso de lamas**
- ✓ **Ventilación:**
 - **Con recuperadores de calor**
 - **Ventilación natural del atrio**
 - **Posibilidad de ventilación cruzada**
- ✓ **Uso de energías renovables**

¿Qué mejorar?

- ✓ **Orientación**
- ✓ **Aislamiento de cerramientos**
- ✓ **Calidad de los huecos (vidrio + marco)**
- ✓ **Rendimiento y energía utilizada en el sistema de ACS**

Autor del proyecto

IDOM Ingeniería y Sistemas, S.A.

Anexo I – Bloque de viviendas – Caso de partida

En la Tabla 128, se muestra una descripción de las características geométricas del edificio.

Tabla 128. *Datos geométricos. Bloque de viviendas.*

	Planta baja	Planta primera	Planta segunda	Planta tercera
Superficie (m ²)	146,3	137,6	137,6	137,6
Altura (m)	2,5	2,3	2,3	2,3
Espacio acondicionado	No	✓	✓	✓
Nº de viviendas	-	2	2	2
Nº de pasillos /vivienda	-	1	1	1
Nº de habitaciones/vivienda	-	6	6	6

En la Tabla 129 se encuentra la relación de huecos por orientación.

Tabla 129. *Huecos según orientación. Bloque de viviendas.*

Huecos	Este	Oeste	Norte	Sur
Superficie (m ²)	93,3	105,6	21,7	21,7
Porcentaje de huecos (%)	37	17	21	21

La Tabla 130 muestra las características de los puentes térmicos de este edificio.

Tabla 130. *Características de los puentes térmicos. Bloque de viviendas.*

Puentes Térmicos	GRANADA		MÁLAGA		SEVILLA	
	Ψ (W/K·m)	FRSI	Ψ (W/K·m)	FRSI	Ψ (W/K·m)	FRSI
Encuentro forjado-fachada	0,41	0,75	0,41	0,70	0,42	0,72
Encuentro cubierta-fachada	0,44	0,72	0,42	0,68	0,43	0,71
Encuentro suelo exterior-fachada	0,44	0,72	0,48	0,68	0,43	0,71
Esquina saliente	0,16	0,80	0,14	0,76	0,15	0,78
Esquina entrante	-0,13	0,82	-0,12	0,78	-0,13	0,80
Hueco ventana	0,25	0,63	0,22	0,63	0,19	0,76
Pilar	0,03	0,64	0,03	0,59	0,03	0,62
Unión solera pared exterior	0,13	0,74	0,13	0,72	0,13	0,73

Envolvente térmica

La Ilustración 143 muestra las transmitancias térmicas de los cerramientos y sus correspondientes aislamientos.

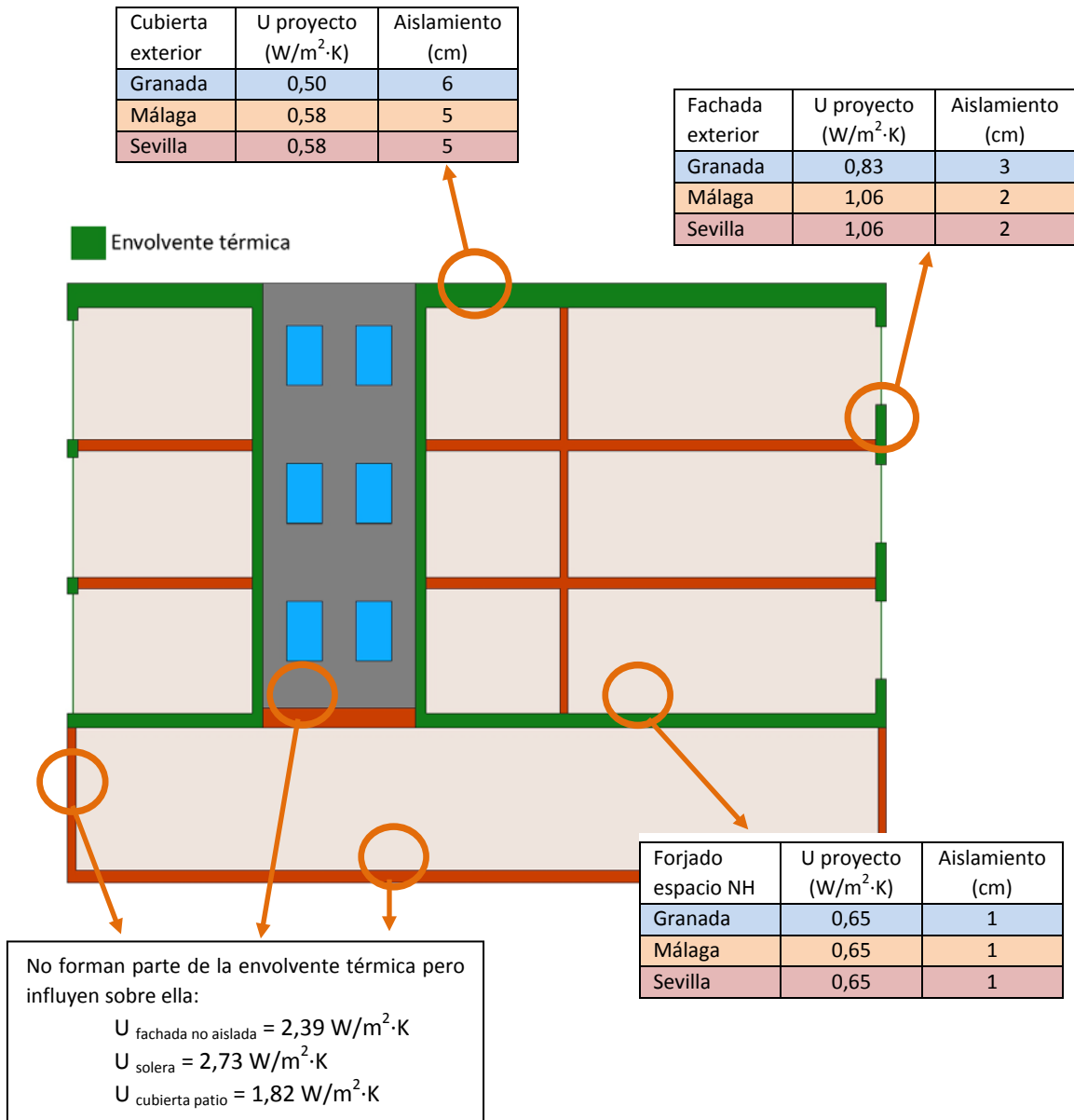


Ilustración 143. Envolvente. Bloque de vivienda.

La Tabla 131 muestra las características de los huecos (transmitancia y factor solar).

El marco de las ventanas cubre el 30% de las ventanas mientras la transmitancia de las puertas es de 3.32 W/m²K.

Tabla 131. *Características de los huecos. Bloque de viviendas.*

Huecos	U (W/m ² ·K)			Factor solar vidrio (-)	Absortividad marco (-)
	Vidrio	Marco	Hueco		
Granada	2,7	3,2	2,85	0,73	0,7
Málaga	3,2	5,7	3,95	0,73	0,7
Sevilla	2,7	3,2	2,85	0,73	0,4

Anexo II – Vivienda Unifamiliar – Caso de partida

Los principales datos geométricos se resumen en la Tabla 132 y Tabla 133.

Tabla 132. *Datos geométricos por planta - Vivienda unifamiliar.*

	Sótano	Planta baja	Planta primera	Cubierta
Espacios acondicionados	No	✓	✓	No
Superficie (m ²)	57,5	51,3	57,5	66,2
Altura (m)	2,4	2,55	2,55	1,6
Nº de habitaciones	1	3	6	-

Tabla 133. *Huecos según orientación - Vivienda unifamiliar*

Huecos	Ud.	Fachada Norte	Fachada Sur
Superficie	m ²	4.3	4.2
Porcentaje	%	15	15

Envolvente térmica

La composición de los cerramientos será la misma para las distintas climatologías.

Para cumplir con los requisitos mínimos de limitación de demanda energética se ajustan los espesores de aislamientos para cada climatología. La Ilustración 144 muestra la envolvente térmica del edificio, la transmitancia de los cerramientos y los espesores de aislamiento considerados.

Las ventanas no tienen retranqueo. Están compuestas por un vidrio doble 4-6-4 y un marco que ocupa el 28% del hueco. El detalle de la carpintería para el caso base en las tres climatologías se encuentra en la Tabla 134.

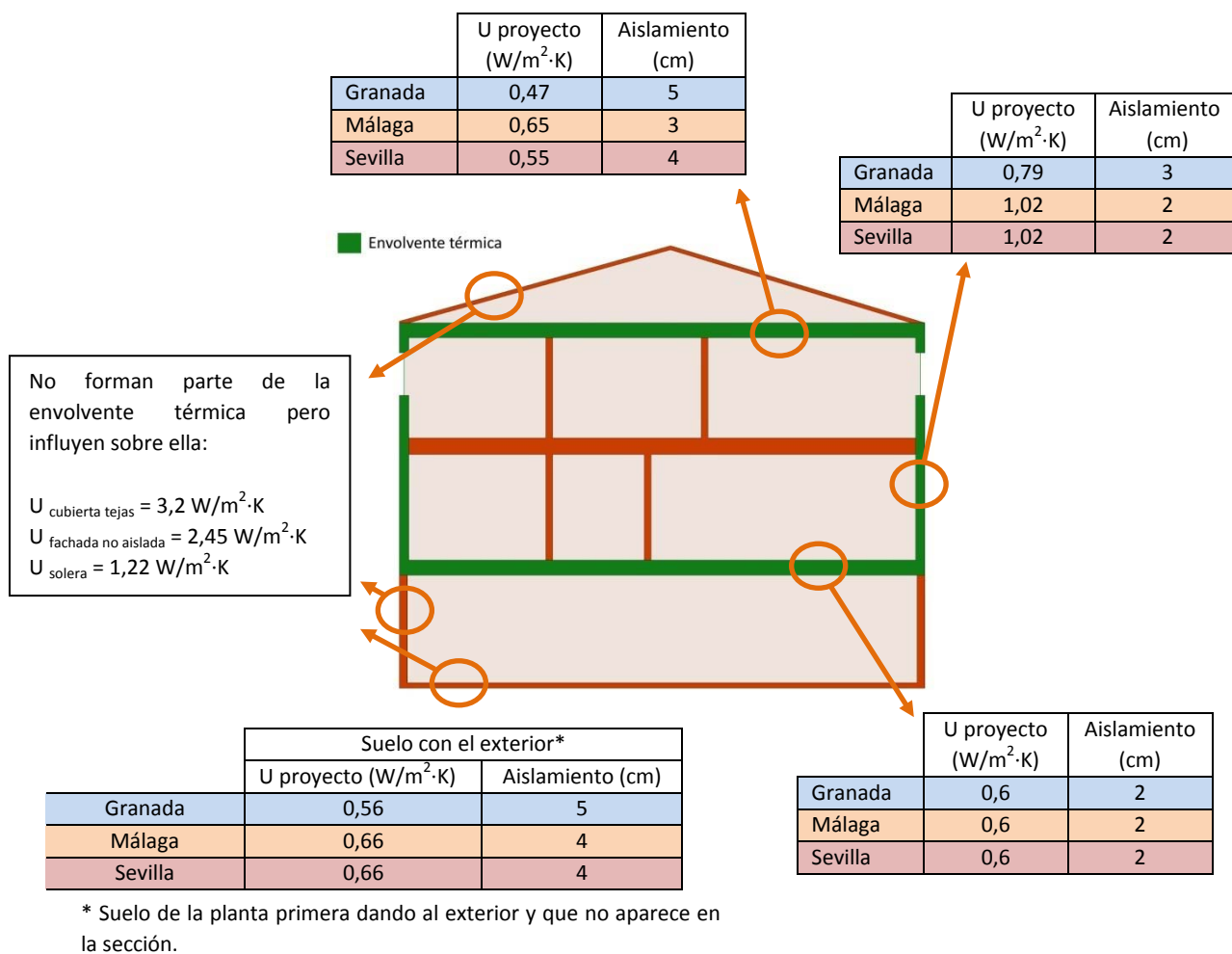


Ilustración 144. Envolvente. Vivienda unifamiliar.

Tabla 134. Características Huecos - Vivienda unifamiliar.

Huecos	U (W/m ² ·K)			Factor solar vidrio (-)	Absortividad del marco (-)	Permeabilidad (m ³ /h·m ²)
	Vidrio	Marco	Hueco			
Granada	3,2	4	3,4	0,73	0,7	27
Málaga	3,2	4	3,4	0,73	0,7	50
Sevilla	3,2	4	3,4	0,73	0,4	50

Las transmitancias térmicas de los puentes térmicos considerados se resumen en la Tabla 135.

Tabla 135. *Transmitancia térmica de los puentes térmicos.*

Puentes Térmicos	GRANADA		MÁLAGA		SEVILLA	
	Ψ (W/k·m)	f_{RSI}	Ψ (W/k·m)	f_{RSI}	Ψ (W/k·m)	f_{RSI}
Encuentro forjado-fachada	0,35	0,67	0,41	0,7	0,36	0,65
Encuentro cubierta-fachada	0,44	0,72	0,36	0,67	0,43	0,71
Encuentro suelo exterior-fachada	0,44	0,72	0,36	0,67	0,43	0,71
Esquina saliente	0,16	0,8	0,08	0,79	0,15	0,78
Esquina entrante	-0,13	0,82	-0,15	0,87	-0,13	0,8
Hueco ventana	0,43	0,58	0,4	0,68	0,42	0,57
Pilar	0,8	0,62	0,09	0,84	0,84	0,59
Unión solera pared exterior	0,14	0,74	0,14	0,72	0,14	0,73

En todas las zonas del edificio se considera una ventilación de una renovación por hora.

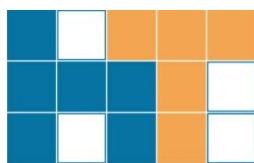
Anexo III. Características de las ventanas simuladas

Transmitancia térmica de la perfilera según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Tabla 136. *Tipos de ventanas.*

Tipo	Marco		Vidrio			Hueco
	Material	U	Tipo	U	f	U
Bloque de viviendas - Caso de partida						
C3	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-20-33	2,7	0,73	2,85
A3	Metálico normal	5,7	4-6-33	3,2	0,73	3,95
B4	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-20-33	2,7	0,73	2,85
Unifamiliar - Caso de partida						
C3	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-33	3,2	0,73	3,4
A3	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-33	3,2	0,73	3,4
B4	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-33	3,2	0,73	3,4
Tipo de ventanas simuladas						
1	Metálico normal	5,7	4-6-4	3,3	0,76	3,97
2	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-33	3,2	0,73	3,42
3	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-9-44 BE	3	0,76	3,28
4	Metálico y RP (d > 12 mm)	3,2	4-6-4	3,3	0,76	3,27
5	Madera dura	2,2	4-6-4 BE	2,6	0,63	2,49
6	Madera blanda	2	4-6-4	3,3	0,76	2,94
7	PVC (2 cámaras)	2,2	4-12-4 BE	2	0,63	2,06
8	PVC (3 cámaras)	1,8	4-12-4 BE	2	0,63	1,94
9	PVC (5 cámaras)	1,3	6-8-10 CS	1,4	0,43	1,37
10	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-12-4	2,8	0,76	3,14
11	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-12-4	2,8	0,76	2,91
12	Madera dura	2,2	4-20-4	2,7	0,76	2,56
13	Madera blanda	2	4-20-4	2,7	0,76	2,5
14	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-20-4	2,7	0,76	2,84
15	PVC (3 cámaras)	1,8	4-20-4	2,7	0,76	2,45
16	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-33	3,2	0,73	3,42
17	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-12-33	2,8	0,73	2,91
18	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-12-33	2,8	0,73	3,14
19	Madera dura	2,2	4-20-33	2,7	0,73	2,56
20	Madera blanda	2	4-20-33	2,7	0,73	2,5
21	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-20-33	2,7	0,73	2,84
22	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-4	2,7	0,63	3,06
23	Madera blanda	2	4-6-4	2,7	0,63	2,5
24	PVC (3 cámaras)	1,8	4-6-4	2,7	0,63	2,45
25	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-6-4	2,6	0,63	2,99
26	Madera blanda	2	4-6-4	2,6	0,63	2,43

27	PVC (3 cámaras)	1,8	4-6-4	2,6	0,63	2,38
28	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-6-4	2,4	0,63	2,62
29	Madera blanda	2	4-6-4	2,4	0,63	2,29
30	Madera blanda	1,3	4-6-4	2,4	0,63	2,09
31	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-12-4	2	0,63	2,56
32	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-12-4	2	0,63	2,34
33	PVC (2 cámaras)	2,2	4-12-4	2	0,63	2,06
34	Madera dura	2,2	4-12-4	1,8	0,63	1,91
35	Madera blanda	2	4-12-4	1,8	0,63	1,86
36	PVC (3 cámaras)	1,8	4-12-4	1,8	0,63	1,8
37	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-12-4	1,6	0,63	2,05
38	PVC (3 cámaras)	1,8	4-12-4	1,6	0,63	1,66
39	PVC (5 cámaras)	1,3	4-12-4	1,6	0,63	1,52
40	Metálico y RPT (4 < d < 12 mm)	4	4-20-4	1,8	0,63	2,42
41	Metálico y RPT (d > 12 mm)	3,2	4-20-4	1,8	0,63	2,19
42	PVC (2 cámaras)	2,2	4-20-4	1,8	0,63	1,91
43	Madera dura	2,2	4-20-4	1,6	0,63	1,77
44	Madera blanda	2	4-20-4	1,6	0,63	1,71
45	PVC (3 cámaras)	1,8	4-20-4	1,4	0,63	1,51
46	PVC (5 cámaras)	1,3	4-20-4	1,4	0,63	1,37
47	PVC (5 cámaras)	1,3	6HP-14-6	1,1	0,47	1,16



HABITEC

CENTRO TECNOLÓGICO

