

MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES EN VIVIENDAS DE EXTREMADURA



GOBIERNO DE EXTREMADURA

DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA Y VIVIENDA
Servicio de Arquitectura y Calidad de la Edificación

Coordinación

José Guillermo Cobos Rodríguez. Ingeniero Industrial. Jefe de Servicio de Arquitectura y Calidad de la Edificación.

Modesta Guadalupe Morgado Pinto. Técnico en Proyectos Europeos.

Redacción

Sagrario Conejero Vidal. Arquitecta Técnica e Ingeniera de Materiales.

Francisco José Moreno Frades. Ingeniero Industrial.

Bernardino Morillo Merino. Arquitecto.

Fernando Prieto Villanueva. Arquitecto Técnico.

Miguel Ángel Ruiz López. Arquitecto.

Miguel Ángel Tejedor León. Ingeniero Industrial.

Ana María Vizcaíno Galán. Ingeniera Industrial.

Este documento forma parte de las publicaciones desarrolladas en el Proyecto EDEA-RENOV, cofinanciado por la el programa Life+09 de la Unión Europea.



MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES EN VIVIENDAS DE EXTREMADURA

GOBIERNO DE EXTREMADURA

Consejería de Fomento, Vivienda,
Ordenación del Territorio y Turismo

Mérida, Noviembre 2014

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. PROYECTO.....	13
2.1. ENVOLVENTE.....	15
1. Cerramientos en contacto con el terreno.	17
1.1. Losa de sótano.	17
1.2. Losa o solera superficial con aislamiento por el exterior.....	17
1.3. Losa superficial o solera con aislamiento por el interior.	18
1.4. Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.....	19
1.5. Forjado sanitario con aislamiento por el interior.....	19
1.6. Muro de sótano sin aislamiento térmico.	20
1.7. Muro de sótano con aislamiento por el exterior.....	21
1.8. Muro de sótano con aislamiento por el interior.	21
2. Cerramientos verticales.	22
2.1. Fachada con sistema de aislamiento térmico por el exterior (S.A.T.E.).	22
2.2. Fachada con aislamiento por el interior.	22
2.3. Fachada ventilada.	23
2.4. Muro Trombe.	24
2.5. Fachada vegetal.	24
3. Cubiertas planas e inclinadas.	25
3.1. Cubierta plana tradicional.....	25
3.2. Cubierta plana invertida.....	25
3.3. Cubierta con el aislamiento por el interior.....	26
3.4. Cubierta ventilada.	26
3.5. Cubierta aljibe.....	27
3.6. Cubierta vegetal.....	27
3.7. Cubierta inclinada con aislamiento por el exterior.	28
3.8. Cubierta inclinada con aislamiento sobre el forjado.....	28
3.9. Cubierta inclinada con aislamiento por el interior.	29
3.10. Cubierta con forjado inclinado.	30
4. Huecos, ventanas, puertas y lucernarios.	31
4.1. Marco de madera.	31
4.2. Marco de aluminio con rotura de puente térmico (RPT).....	31
4.3. Marco de PVC con cámara de aire.	32
4.4. Vidrio doble.....	33
4.5. Vidrio doble bajo emisivo.....	33
4.6. Vidrio triple.	34
4.7. Sistemas de protección solar móviles.....	34
5. Mejoras de puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.	36
5.1. Aislamiento exterior de la unión cubierta – fachada.	36
5.2. Aislamiento interior de la unión cubierta – fachada.....	36
5.3. Aislamiento exterior de frente de forjado.	37
5.4. Aislamiento interior de frente de forjado.....	38
5.5. Mejora de puentes térmicos en huecos mediante inyección.	38
5.6. Aislamiento exterior de pilares o vigas de fachada.....	39
5.7. Aislamiento interior de pilares o vigas de fachada.	39

2.2. INSTALACIONES.....	41
1. Generalidades.....	41
2. Agua caliente sanitaria.....	43
2.1. Instalación solar térmica.....	43
2.2. Calentador de gas natural.....	45
2.3. Calentador gasóleo, GLP o butano.....	46
2.4. Calentador eléctrico.....	47
3. Calefacción.....	49
3.1. Bomba de calor.....	49
3.2. Caldera de biomasa.....	51
3.3. Caldera de gas natural.....	53
3.4. Caldera de gasoil, GLP o butano.....	54
3.5. Equipos basados en efecto Joule.....	55
4. Refrigeración.....	56
4.1. Bomba de calor.....	56
4.2. Enfriamiento evaporativo.....	58
4.3. Frío solar.....	60
5. Ventilación.....	62
5.1. Sistema de ventilación mecánica controlada simple (V.M.C.S.).....	63
5.2. Sistema de ventilación híbrida (V.H.).....	65
5.3. Sistema de ventilación mecánica controlada doble (V.M.C.D.).....	65
5.4. Recuperador entálpico.....	67
5.5. Free – cooling.....	68
6. Iluminación.....	70
6.1. Aprovechamiento de la luz natural para iluminación.....	70
6.2. Sustitución por lámparas de mayor eficiencia.....	71
6.3. Control de la iluminación.....	73
7. Otras instalaciones.....	75
7.1. Geotermia de baja temperatura. Bomba de calor tierra – agua.....	75
7.2. Geotermia de baja temperatura. Intercambiador tierra – agua.....	77
7.3. Cogeneración.....	78
3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	83
1. Generalidades. Exigencias normativas y programas de simulación.....	85
1.1. Procedimientos simplificados para la calificación energética de edificios.....	85
1.2. Procedimientos generales para la certificación energética de edificios.....	87
1.3. Toma de datos para la certificación.....	88
2. Definición del edificio y espacios.....	89
3. Envoltente térmica.....	93
3.1. Cerramientos horizontales y verticales.....	93
3.2. Huecos y ventanas.....	97
4. Instalaciones del edificio.....	101
4.1. Instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS).....	101
4.2. Instalaciones de calefacción.....	104
4.3. Instalaciones de refrigeración.....	109
4.4. Instalaciones de ventilación.....	113
4.5. Instalaciones de iluminación.....	114
4.6. Otras instalaciones.....	115

4. EJECUCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO EFICIENTE	117
4.1. ENVOLVENTE.....	119
1. Cerramientos en contacto con el terreno.....	120
1.1. Losa de sótano.....	120
1.2. Losa o solera superficial con aislamiento por el exterior.....	121
1.3. LOSA SUPERFICIAL O SOLERA CON AISLAMIENTO POR EL INTERIOR.....	122
1.4. Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.....	123
1.5. Forjado sanitario con aislamiento por el interior.....	124
1.6. Muro de cimentación sin aislamiento.....	124
1.7. Muro de cimentación con aislamiento exterior.....	125
1.8. Muro de cimentación con aislamiento interior.....	126
2. Cerramientos verticales.....	127
2.1. Fachada con sistema de aislamiento térmico por el exterior (S.A.T.E.).....	127
2.2. Fachada con aislamiento por el interior.....	130
2.3. Fachada ventilada.....	131
2.4. Muro Trombe.....	132
2.5. Fachada vegetal.....	134
3. Cubiertas planas e inclinadas.....	135
3.1. Cubierta plana tradicional.....	135
3.2. Cubierta plana invertida.....	136
3.3. Cubierta plana con aislamiento por el interior.....	137
3.4. Cubierta ventilada.....	138
3.5. Cubierta vegetal.....	139
3.6. Cubierta aljibe.....	140
3.7. Cubierta inclinada aislamiento exterior.....	141
3.8. Cubierta inclinada aislamiento interior.....	142
3.9. Cubierta forjado inclinado.....	143
4. Huecos: ventanas, puertas y lucernarios.....	145
4.1. Marcos de ventanas.....	145
4.2. Vidrios.....	147
4.3. Sistemas de protección solar móviles.....	148
5. Puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.....	149
4.2. INSTALACIONES.....	151
1. Generalidades.....	151
2. Agua caliente sanitaria (ACS).....	151
2.1. Instalación solar térmica.....	151
2.2. Calentadores instantáneos de gas natural.....	154
2.3. Calentadores de gasoil o GLP.....	155
2.4. Calentadores eléctricos.....	155
3. Calefacción.....	156
3.1. Bombas de calor.....	156
3.2. Calderas de biomasa.....	157
3.3. Caldera de gas natural o GLP.....	159
3.4. Equipos basados en efecto Joule.....	159
4. Refrigeración.....	160
4.1. Bombas de calor.....	160
4.2. Enfriamiento evaporativo.....	160
4.3. Frío solar.....	161
5. Ventilación.....	163
5.1. Recuperadores entálpicos.....	164
5.2. Free cooling.....	165

6. Iluminación.....	166
6.1. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo.	166
6.2. Tubos fluorescentes de bajo consumo.	166
6.3. Leds (o microleds).	167
7. Otras instalaciones.....	168
7.1. Geotermia de baja temperatura. Bomba de calor tierra – agua.	168
7.2. Geotermia de baja temperatura. Bomba de calor tierra – aire.	169
7.3. Cogeneración.	169
5. BIBLIOGRAFÍA.....	171

1. INTRODUCCIÓN

Introducción

La actualización del Documento Básico HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE), en el marco del cumplimiento del objetivo comunitario 20-20-20 en materia de clima y energía, responde a la necesidad de adaptar la legislación estatal a las Directivas Europeas que potencian el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en los edificios, haciendo compatible la satisfacción de las necesidades de confort con la reducción del consumo energético, y supone una aproximación normativa que permitirá la aplicación de requisitos a los edificios de consumo de energía casi nulo.

Esta actualización normativa establece por primera vez una limitación del consumo de energía primaria no renovable para los edificios de nueva construcción y la ampliación de los edificios existentes. El consumo de energía primaria no renovable de un edificio es la energía necesaria para satisfacer demanda energética de sus instalaciones de servicio (climatización, agua caliente sanitaria, iluminación y ventilación), teniendo en cuenta la eficiencia de las instalaciones de servicio, las pérdidas de energía en transformación, transporte y distribución y deduciendo la energía procedente de fuentes renovables generadas en el edificio.

Dado que la demanda energética de las instalaciones de servicio también depende de las características del edificio (ubicación, orientación, diseño, características constructivas de la envolvente, protecciones solares, etc.) y del confort térmico que el edificio es capaz de aportar a sus usuarios, el nuevo DB HE establece para la limitación del consumo de energía primaria no renovable, unos nuevos valores de limitación de la demanda energética más estrictos que los anteriores.

La normativa actualizada también establece exigencias de limitación de la demanda energética para las rehabilitaciones, distintas de las establecidas para obra nueva, ya que los condicionantes de las intervenciones en edificios existentes (de tipo constructivo, de orientación, etc.) son mucho más limitadores.

Las exigencias aplicables a las rehabilitaciones dependen del alcance de la intervención, de manera que para las actuaciones que afectan a más del 25% de la envolvente o en aquellas en las que se modifique el uso característico del edificio se establecen unas limitaciones de demanda energética, mientras que en las intervenciones en elementos aislados se exige el cumplimiento de unos valores máximos de transmitancia térmica que deben cumplir los elementos que se sustituyan o se modifiquen sustancialmente.

También se incorporan otras exigencias como la limitación de las descompensaciones térmicas en el interior de los edificios, mayores exigencias de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación así como nuevas exigencias de incorporación de fuentes de energía renovables.

A pesar de que la normativa actualizada ha establecido mayores exigencias energéticas a la construcción y a la rehabilitación, estas exigencias son inferiores a las establecidas en otros países europeos, quedando pendiente el desarrollo de una normativa que esta-

blezca la exigencia de consumo de energía casi nulo para los edificios que se construyan a partir de 2020 (2018 para edificios públicos).

A fin de facilitar soluciones técnicas de rehabilitación que puedan dar respuesta a esta demanda creciente y compleja de exigencias energéticas, desde la Dirección de Arquitectura y Vivienda del Gobierno de Extremadura se ha redactado un manual que recoge propuestas de mejora de la envolvente del edificio y de selección de instalaciones de servicio a tener en cuenta en las etapas de proyecto, ejecución, uso y mantenimiento, que faciliten cumplir con las nuevas exigencias de limitación de consumo y demanda energética. Las actuaciones que se proyecten y ejecuten deberán de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad, para ello se ha incluido un capítulo de simulaciones que profundiza en los programas informáticos que permiten determinar el comportamiento de los edificios, así como su consumo y demanda de energía.

Con objeto de facilitar la selección de las propuestas de actuación, éstas aparecen ordenadas por su eficiencia e incluyen comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes, además se recogen ejemplos de las malas prácticas más habituales de diseño y ejecución de soluciones de rehabilitación.

Manuel Lozano Martínez
Director General de Arquitectura y Vivienda

2. PROYECTO

2.1. ENVOLVENTE.

Generalidades.

La elección de las capas de materiales que conforman los cerramientos de nuestros edificios cada vez es más compleja e importante. Por una parte el abanico de materiales en el mercado es cada vez más extenso y por otra la normativa técnica de eficiencia energética, acústica y salubridad hace que el edificio deba estar cada vez mejor aislado e impermeabilizado.

Con el objetivo de tener una visión global de las posibles elecciones en cada edificio este apartado aporta ventajas e inconvenientes de la elección de cada solución constructiva, así como recomendaciones en el proyecto de arquitectura en obra nueva y rehabilitación.

En general las recomendaciones principales se centran en los materiales más idóneos a utilizar en diferentes situaciones, espesores y conductividades recomendadas de aislamientos térmicos, elementos constructivos más convenientes según el caso, viabilidad en rehabilitación, etc...

Estas recomendaciones constructivas deben de ir acompañadas de criterios eficientes en la elección de la compactidad del edificio priorizando en la medida de lo posible el diseño de edificios compactos. También se recomienda que las fachadas al Sur tengan más superficie de fachada y de huecos que las de otras orientaciones, sobre todo las de orientación Norte.

Las soluciones constructivas de la envolvente desarrolladas son:

1. Cerramientos en contacto con el terreno.

- Losa de sótano.
- Losa o solera superficial con aislamiento exterior.
- Losa o solera superficial con aislamiento interior.
- Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.
- Forjado sanitario con aislamiento por el interior.
- Muro de cimentación sin aislamiento.
- Muro de cimentación con aislamiento exterior.
- Muro de cimentación con aislamiento interior.

2. Cerramientos verticales.

- S.A.T.E. (aislamiento por el exterior).
- Trasdoso (aislamiento por el interior).
- Fachada ventilada.
- Muro Trombe.
- Fachada vegetal.

3. Cubiertas planas e inclinadas.

- Cubierta plana tradicional
- Cubierta plana invertida.
- Cubierta plana con aislamiento por el interior.
- Cubierta ventilada.
- Cubierta vegetal.
- Cubierta aljibe.
- Cubierta inclinada aislamiento exterior.
- Cubierta inclinada aislamiento en forjado.
- Cubierta inclinada aislamiento interior.
- Cubierta forjado inclinado.

4. Huecos: ventanas, puertas y lucernarios.

- Marco de madera.
- Marco metálico RPT.
- Marco PVC.
- Vidrio doble.
- Vidrio doble bajo emisivo.
- Vidrios triples.
- Sistemas de protección solar móviles.

5. Puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.

- Unión cubierta-fachada.
- Frentes de forjado.
- Puentes térmicos en huecos.
- Pilares y vigas de fachada.

1. Cerramientos en contacto con el terreno.

1.1. Losa de sótano.

Se considera una losa de sótano si la profundidad de enterramiento de la cara superior de la losa es mayor a 3 m por debajo de la cota rasante del terreno. A partir de esa profundidad el terreno se considera que se mantiene a una temperatura estable, lo cual reduce la transferencia de energía entre el exterior y el interior del edificio y no es recomendable colocar aislamiento térmico.

Ventajas:

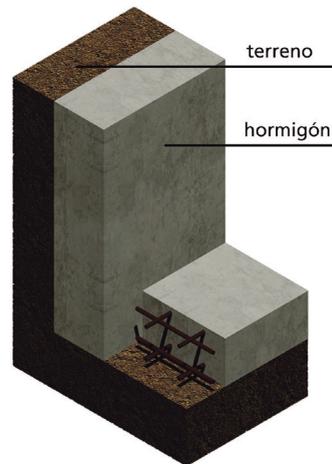
- Al estar enterrada no necesita aislamiento térmico.
- El terreno mantiene la losa a una temperatura estable.

Inconvenientes:

- Precio de excavación.
- Complejidad constructiva y riesgo en la construcción bajo rasante.
- Riesgo de humedades por aguas freáticas.

Recomendaciones:

La compacidad de la losa de cimentación es muy importante. Es recomendable diseñar losas cuadradas o rectangulares para que el comportamiento térmico sea óptimo.

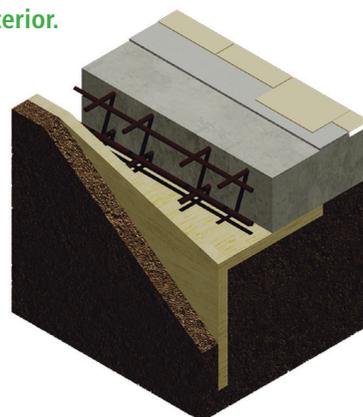


1. Detalle Losa Sótano

1.2. Losa o solera superficial con aislamiento por el exterior.

Se considera una losa o solera superficial si la profundidad de enterramiento de la cara superior es menor a 3 metros por debajo de la cota rasante del terreno. Cuanto más enterrada esté la losa, mayor será el aislamiento térmico que le proporcionará el terreno. Por encima de 50 centímetros de profundidad se considera que el terreno no ayuda al aislamiento térmico de la losa.

Es importante destacar que no siempre será posible colocar un aislamiento térmico por el exterior en elementos en contacto con el terreno, sobre todo en situaciones de rehabilitación. En cualquier caso el aislamiento térmico perimetral de la losa o



2. Losa superficial con aislamiento perimetral por el exterior.

solera podrá ir colocado verticalmente ya que hace el mismo efecto que si se coloca horizontalmente, según se indica en la CTE.

Ventajas:

- El aislamiento térmico necesario es sólo perimetral.
- El aislamiento por el exterior facilita la ejecución de la solería interior.

Inconvenientes:

- En algunos casos no es posible colocar el aislamiento térmico por el exterior (rehabilitación).

Recomendaciones:

- El material de aislamiento debe tener alta resistencia a la compresión (300 kPa).
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 5 y 10 cm (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).
- El ancho recomendable del aislamiento perimetral (tanto vertical, como horizontal) es de 1.5 m.

1.3. Losa superficial o solera con aislamiento por el interior.

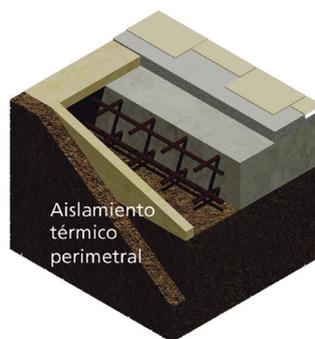
En las losas o soleras superficiales en las que no sea posible el aislamiento por el exterior se puede ejecutar el aislamiento por el interior (horizontal). Al colocar la banda de aislamiento térmico por el interior es necesario ajustar la cota de la solería interior al espesor de la banda de aislamiento perimetral.

Ventajas:

- El aislamiento térmico necesario es sólo perimetral.
- Facilidad de ejecución (apropiado para rehabilitación).

Inconvenientes:

- Desnivel entre el aislamiento perimetral y la cota de la estructura.
- No impide las condensaciones intersticiales en la losa de hormigón.
- La inercia térmica perimetral de la losa o solera no se aprovecha.



3. Losa superficial con aislamiento perimetral por el interior.

Recomendaciones:

- El material de aislamiento debe tener alta resistencia a la compresión (300 kPa).
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 5 y 10 cm de Poliestireno extruido ($\lambda = 0.03$ W/m²K).
- El ancho recomendable del aislamiento perimetral es de 1.5 m.

1.4. Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.

Se considera forjado sanitario si la cámara bajo el forjado tiene una dimensión entre 0.5 m y 1.5 m. Caso de que la cámara sea menor a 0.5 m se considera un forjado con cámara de aire (ventilada o no ventilada) y si es mayor a 1.5 m se considera que la cámara es un recinto no habitable.

Para que un forjado sanitario sea autoportante y tenga aislamiento por el exterior lo más recomendable es realizarlo con elementos prefabricados (alveolares, sistemas de aislamiento con viguetas, bovedillas de poliestireno con viguetas autoportantes... etc).

Ventajas:

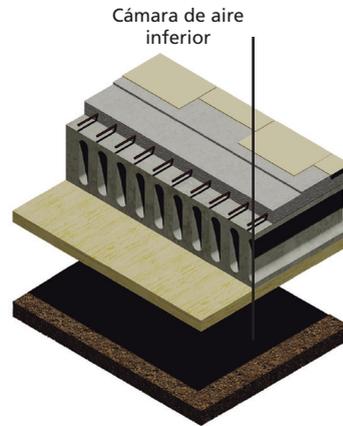
- El aislamiento por el exterior aprovecha la inercia térmica del forjado.
- La mano de obra es reducida.
- Facilidad de ejecución de la solería interior

Inconvenientes:

- No es posible ejecutarlo en obras pequeñas o de mala accesibilidad.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 5 y 10 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- La cámara de aire inferior se optimizará para tener una ventilación Nivel 2 (0.5 r/h) (según CTE-HE y calculado según CTE-HS).



4. Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.

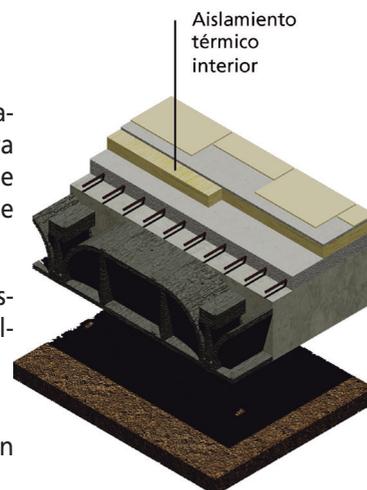
1.5. Forjado sanitario con aislamiento por el interior.

Se considera forjado sanitario si la cámara bajo el forjado tiene una dimensión entre 0.5 m y 1.5 m. Si la cámara es menor a 0.5 m se considera un forjado con cámara de aire (ventilada o no ventilada) y si es mayor a 1.5 m se considera que la cámara es un recinto no habitable.

El aislamiento por el interior hace que la solución constructiva del forjado sanitario pueda ejecutarse con cualquier sistema constructivo in-situ o prefabricado.

Ventajas:

- Facilidad de ejecución por el interior. Solución factible en rehabilitación.
- Es posible ejecutarlo en obras pequeñas o de mala accesibilidad



5. Forjado sanitario con aislamiento por el interior.

Inconvenientes:

- No se aprovecha la inercia térmica del forjado sanitario.
- En rehabilitación disminuye la altura libre y hace necesario cepillar o cortar las puertas.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 5 y 10 cm (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).
- La cámara de aire inferior se optimizará para tener una ventilación Nivel 2 (0.5 r/h) (según CTE-HE y calculado según CTE-HS).

1.6. Muro de sótano sin aislamiento térmico.

Los muros de sótano con mucha profundidad, por debajo de los 3 m, no se recomienda que se aislen térmicamente, ya que el terreno que tienen al exterior se mantiene a una temperatura estable, lo cual reduce la transferencia de energía entre el exterior y el interior del edificio.

Ventajas:

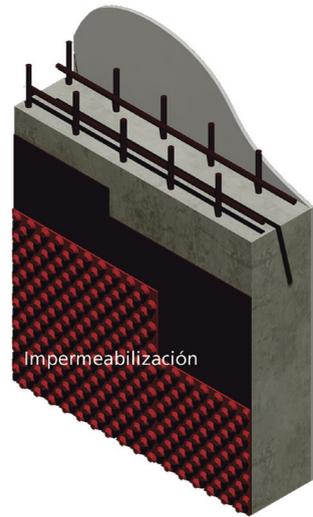
- Ahorro económico por no ser necesario el aislamiento térmico.
- El terreno actúa de aislante térmico respecto a las oscilaciones térmicas exteriores.

Inconvenientes:

- Precio de excavación.
- Complejidad constructiva y riesgo en la construcción bajo rasante.
- Riesgo de humedades de infiltración por el contacto con el terreno.

Recomendaciones:

- Es importante que la profundidad de enterramiento se mida correctamente para justificar la falta de aislamiento en el cerramiento.



6. Muro de sótano sin aislamiento térmico

1.7. Muro de sótano con aislamiento por el exterior.

Si el muro de sótano tiene una profundidad de enterramiento menor a 3 m es aconsejable aislar el cerramiento, aunque esté en contacto con el terreno.

Ventajas:

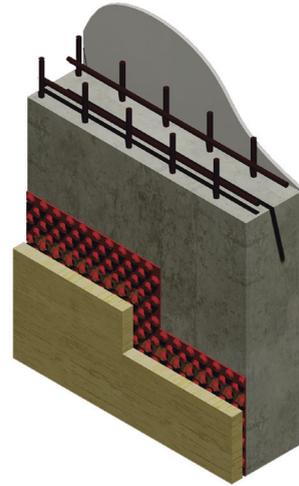
- El aislamiento por el exterior aprovecha la inercia térmica del muro.
- La capa de aislamiento térmico también realiza funciones de impermeabilización.

Inconvenientes:

- Imposible o muy costoso realizarlo en rehabilitación.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 3 y 5 cm ($\lambda = 0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- El aislamiento térmico debe ser hidrófugo: poliestireno extruido o expandido (XPS y EPS) y poliuretano (PUR).



7. Muro de sótano con aislamiento térmico por el exterior.

1.8. Muro de sótano con aislamiento por el interior.

Si el muro de sótano tiene una profundidad de enterramiento menor a 3 m se recomienda aislar el cerramiento, aunque esté en contacto con el terreno.

Ventajas:

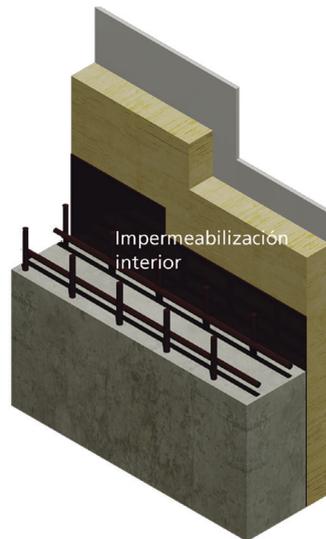
- El aislamiento por el interior facilita la construcción.
- El trasdosado interior puede servir para alojar instalaciones.
- Se puede realizar en rehabilitación.
- El material de aislamiento puede no ser hidrófugo.

Inconvenientes:

- No se aprovecha la inercia térmica del muro de hormigón.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 3 y 5 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).

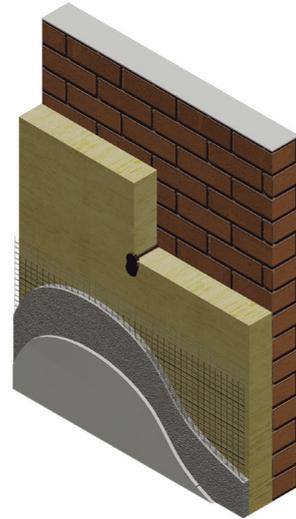


8. Muro de sótano con aislamiento térmico por el interior.

2. Cerramientos verticales.

2.1. Fachada con sistema de aislamiento térmico por el exterior (S.A.T.E.).

Si el aislamiento se coloca en una cara más exterior que el soporte de cerramiento (hoja de ladrillo), se considera que el sistema tiene el aislamiento térmico por el exterior. Para asegurar la resistencia mecánica del cerramiento y su impermeabilidad se disponen diferentes capas de mortero de cemento y mallas de polietileno sobre el aislante. La colocación del material de aislamiento se realiza mediante anclajes mecánicos metálicos, y además se suele adherir con mortero al soporte.



9. Sistema de aislamiento térmico por el exterior.

Ventajas:

- Elimina puentes térmicos en la parte ciega de la fachada.
- Aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación no provoca intrusión en el edificio rehabilitado.

Inconvenientes:

- Es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales existentes, canalizaciones de gas, tendederos, rejas,...
- En algunos casos de rehabilitación no es posible ejecutar el SATE por restricciones urbanísticas.
- En edificios protegidos no suele estar permitido debido al impacto visual que supone.
- Disminuye la resistencia mecánica al impacto en el exterior de la fachada respecto a soluciones sin aislamiento al exterior.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 8-10 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- Cuanta más flexibilidad tenga el mortero de fachada la solución tendrá mayor durabilidad.

2.2. Fachada con aislamiento por el interior.

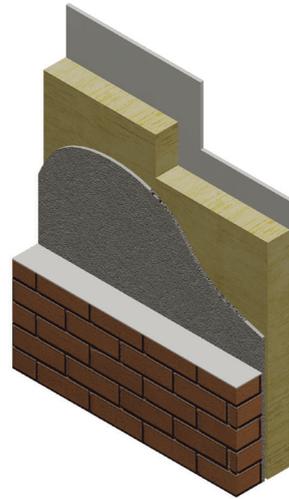
Si el aislamiento de la fachada se coloca por el interior de la hoja de soporte del cerramiento se considera que el cerramiento tiene el aislamiento por el interior. Existen numerosas soluciones de aislamiento por interior: con trasdosado de cartón yeso, con tabique de ladrillo, con cámara de aire, etc... Dependiendo de estos factores el diseño del cerramiento varía ligeramente, pero estas diferencias no afectan de manera importante al comportamiento térmico del cerramiento.

Ventajas:

- Se puede realizar en rehabilitación.
- Facilidad de ejecución por el interior.
- Se puede ejecutar relleno de cámaras de aire pre-existentes.

Inconvenientes:

- Es necesario desplazar o desmontar todos los elementos colocados en la superficie interior (mecanismos eléctricos, de telecomunicación, equipos de climatización,...)
- No aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación disminuye la superficie útil del edificio.



10. Fachada con aislamiento interior.

Recomendaciones:

- El material más recomendado es la lana mineral (MW) que ayuda a obtener un buen aislamiento acústico, además de térmico.
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 8-10 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).

2.3. Fachada ventilada.

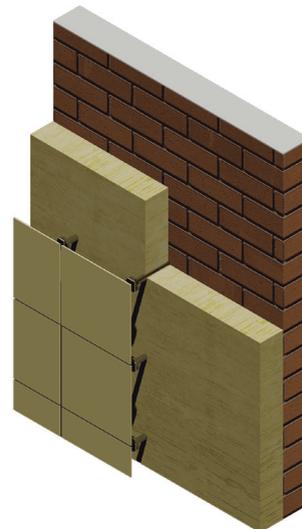
Si la fachada tiene dispuesto el aislamiento por el exterior y además una cámara de aire comunicada con el mismo se considera que se trata de una fachada ventilada. Este tipo de fachadas se realiza con una subestructura que soporta paneles o piezas de materiales pétreos, metálicos o cerámicos que permiten la ventilación de la cámara interior. El aislamiento térmico generalmente se coloca al exterior del soporte del cerramiento.

Ventajas:

- La cámara ventilada es muy recomendable en verano.

Inconvenientes:

- Es una solución muy costosa.
- La cámara de aire no supone ninguna mejora en invierno.
- Imposibilidad de posicionar toldos u otros elementos similares en la parte ciega de la fachada, pues además de las dificultades de anclaje perforarían el aislamiento generando puentes térmicos.



11. Fachada ventilada

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 8-10 cm de Lana mineral ($\lambda = 0.035 \text{ W/m}^2\text{K}$).

2.4. Muro Trombe.

El muro trombe es un tipo especial de fachada que aprovecha la radiación solar para calentarse gracias al aprovechamiento del efecto invernadero. Es imprescindible que cuente con un muro de soporte con mucha masa pintado de negro y un vidrio delante del mismo con una pequeña cámara intermedia. Este muro no lleva aislamiento térmico y basa su eficiencia en el soleamiento de invierno, por eso es imprescindible que se oriente al sur y se proteja de la radiación solar en verano para que no produzca sobrecalentamientos.

Ventajas:

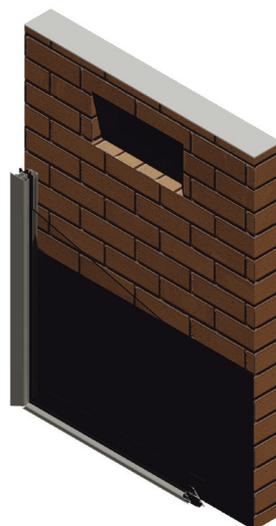
- Una solución muy eficiente en climas fríos con muchos días de sol.

Inconvenientes:

- Es una solución muy costosa.
- Sólo recomendable en la orientación sur de los edificios.

Recomendaciones:

- El peso de la hoja de soporte debe ser igual o mayor a 120 kg/m² (1/2 pie de ladrillo).



12. Muro Trombe

2.5. Fachada vegetal.

La fachada vegetal presenta paneles con sustrato vegetal y vegetación en su cara más exterior. Este tipo de muros tienen ciertas particularidades como que el soporte debe estar impermeabilizado mediante un pintura o lámina impermeabilizante para asegurar que la humedad de la fachada no penetre al interior. Es una solución óptima para verano ya que aprovecha el enfriamiento evaporativo de la vegetación. El aspecto estético también es destacable.

Ventajas:

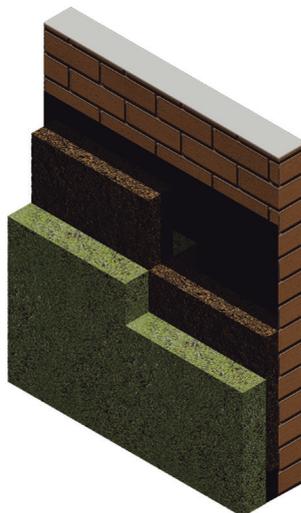
- Una solución muy eficiente en climas calurosos.

Inconvenientes:

- Es una solución muy costosa.
- El mantenimiento de la vegetación.
- Consume agua.

Recomendaciones:

- La vegetación debe ser la apropiada según la orientación y el clima.
- Los paneles con musgo sfagno o hidropónicos son los más polivalentes.



13. Fachada vegetal

3. Cubiertas planas e inclinadas.

3.1. Cubierta plana tradicional.

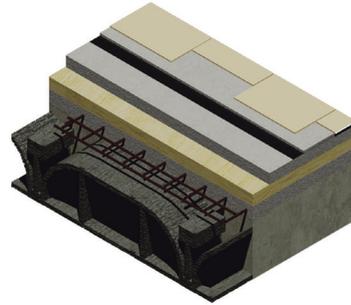
La cubierta plana tradicional es en la que el aislamiento térmico se coloca debajo de la formación de pendiente, independientemente de los materiales que la compongan.

Ventajas:

- El material de aislamiento está más protegido frente a posibles deterioros.

Inconvenientes:

- No se aprovecha la inercia térmica de la formación de pendiente.
- La lámina impermeabilizante está más expuesta que en otras soluciones.
- El material de aislamiento puede comprimirse debido al peso de la capa de cubierta.



14. Cubierta plana tradicional

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).

3.2. Cubierta plana invertida.

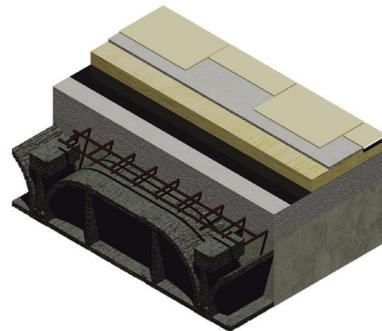
La cubierta plana invertida es la que el aislamiento térmico se coloca encima de la formación de pendiente, independientemente de los materiales que la compongan.

Ventajas:

- Se aprovecha la inercia térmica de toda la cubierta.

Inconvenientes:

- La densidad del aislamiento debe ser alta para evitar que se comprima si la cubierta es transitable.
- En cubiertas no transitables es imprescindible contar con algún material de sujeción sobre los paneles (grava, solería...).



15. Cubierta invertida

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm de (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).

3.3. Cubierta con aislamiento por el interior.

La cubierta con aislamiento por el interior es la que tiene el aislamiento térmico bajo la estructura del forjado de la cubierta. Puede ejecutarse trasdosado bajo la cubierta o en falso techo, con o sin cámara de aire.

Ventajas:

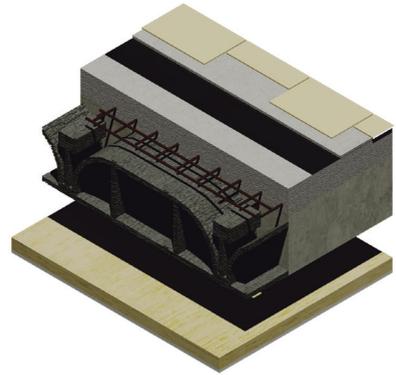
- Facilidad de construcción al colocarse por el interior.

Inconvenientes:

- No aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación esta solución disminuye la altura libre del edificio.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).



16. Cubierta con aislamiento por el interior.

3.4. Cubierta ventilada.

La cubierta ventilada es la que tiene una cámara de aire bajo el pavimento de la cubierta. Para ejecutar esta solería flotante se colocan soportes tipo "plots" que aseguran la planeidad de la solería. La cámara de aire favorece el sombreado de la cubierta en verano.

Ventajas:

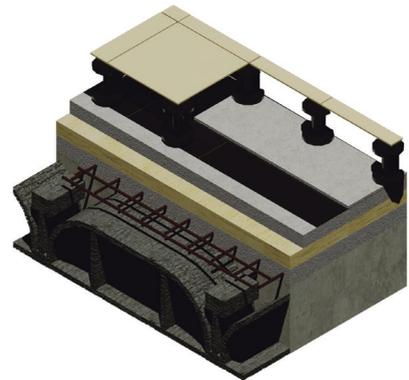
- La cubierta resultante es totalmente plana.
- La cámara de aire favorece el ahorro energético en verano.
- En la cámara de aire se dispone de un espacio diáfano para el paso de instalaciones.

Inconvenientes:

- Tiene un coste elevado.

Recomendaciones:

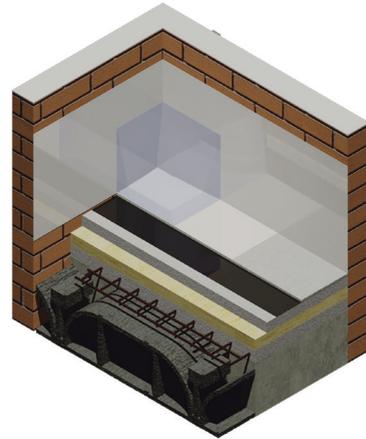
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- Las aberturas que generan la ventilación de la cámara de aire se puede sellar durante los meses de invierno para mejorar su aislamiento térmico.



17. Cubierta ventilada

3.5. Cubierta aljibe.

La cubierta aljibe es la que contiene una lámina de agua sobre la cubierta. La ejecución de este tipo de cubiertas requiere que la estructura tenga suficiente resistencia para soportar el sobrepeso del agua y que la impermeabilización esté garantizada con varias capas debido al riesgo que supone contener agua de manera continua en cubierta. Para conseguir optimizar este tipo de cubierta es necesario controlar cuando le da el sol a la lámina de agua. Lo ideal es maximizar el soleamiento del agua en invierno y bloquear la radiación solar en verano.



18. Cubierta aljibe

Ventajas:

- La inercia térmica del edificio aumenta considerablemente.
- El agua produce enfriamiento evaporativo en verano.
- El agua almacenada en la cubierta puede utilizarse para riego, cisternas, etc...

Inconvenientes:

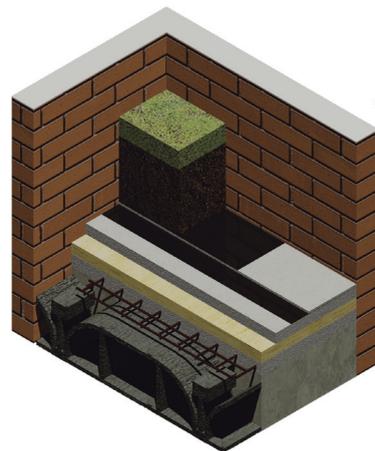
- Es recomendable controlar la insolación de la cubierta.
- Riesgo de humedades y sobrepeso estructural.
- Mantenimiento más minucioso y costoso que en una cubierta normal.

Recomendaciones:

- Controlar el soleamiento del agua con un toldo en verano.
- Impermeabilizar con capa armada para asegurar la integridad de la capa de impermeabilización ante dilataciones.

3.6. Cubierta vegetal.

La cubierta vegetal es la que contiene sustrato vegetal y vegetación sobre la última capa de la cubierta. Estas cubiertas contienen capas geotextiles y antirraíces para asegurar la integridad de la capa de impermeabilización. Es deseable que este tipo de cubiertas cuente con un sistema de acumulación de agua según la necesidad hídrica.



19. Cubierta vegetal

Ventajas:

- La inercia térmica del edificio aumenta considerablemente.
- La vegetación produce enfriamiento evaporativo en verano.

Inconvenientes:

- Riesgo de humedades y sobrepeso estructural.
- El mantenimiento de la vegetación.

Recomendaciones:

- La vegetación debe ser la apropiada según la orientación y el clima.
- Colocar cámaras bajo el sustrato para almacenamiento de agua.

3.7. Cubierta inclinada con aislamiento por el exterior.

Las cubiertas inclinadas con forjado plano pueden llevar el aislamiento sobre el tablero inclinado al exterior. En este caso es muy importante asegurar la integridad del aislamiento y evitar que la cámara de aire interior de la cubierta se ventile, ya que anularía el efecto de aislamiento térmico.

Ventajas:

- Facilidad de reemplazo del aislamiento térmico.
- Aprovechan la inercia térmica de toda la cubierta.

Inconvenientes:

- Durante la ejecución se debe asegurar que la cámara de aire esté totalmente estanca.

Recomendaciones:

- En esta solución es recomendable comprobar encarecidamente la estanqueidad de la cámara de cubierta con un ensayo Blower Door.
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).



20. Cubierta inclinada con aislamiento por el exterior

3.8. Cubierta inclinada con aislamiento sobre el forjado.

Las cubiertas inclinadas con forjado plano pueden llevar el aislamiento encima del forjado plano. Esta solución asegura la integridad física del aislamiento y facilita la ejecución. Para evitar puentes térmicos en los muros palomeros se debe volver el aislamiento hacia arriba.

Ventajas:

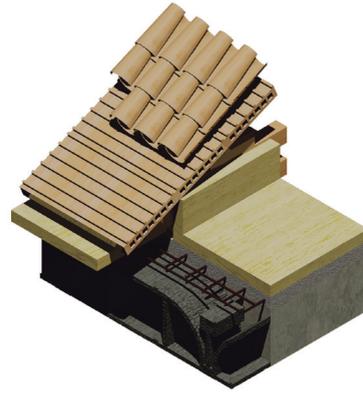
- Facilidad de ejecución.
- Durabilidad del aislamiento térmico.

Inconvenientes:

- No se aprovecha la inercia térmica de la cubierta inclinada.

Recomendaciones:

- En esta solución es importante evitar los puentes térmicos en los muros palomeros y el perímetro, por ello es importante volver la capa de aislamiento y encintarla en los casos que sea posible para evitar su movimiento.
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).



21. Cubierta inclinada con aislamiento sobre el forjado

3.9. Cubierta inclinada con aislamiento por el interior.

La cubierta inclinada puede tener el aislamiento por la cara interior del forjado. Esta solución independiza el aislamiento térmico de la solución constructiva completamente.

Ventajas:

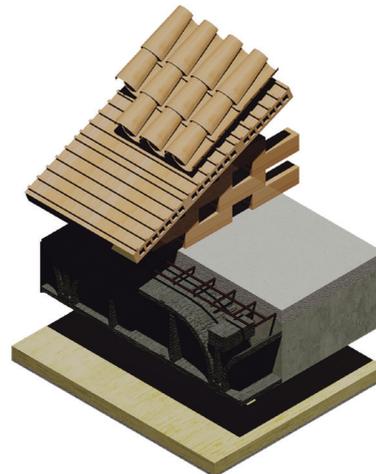
- Facilidad de ejecución por el interior.
- Solución factible de manera sencilla en rehabilitación.

Inconvenientes:

- No aprovecha la inercia térmica de la cubierta.

Recomendaciones:

- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de $0.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).



22. Cubierta inclinada con aislamiento por el interior

3.10. Cubierta con forjado inclinado.

La cubierta con forjado inclinado es aquella en la que el plano de cubierta coincide con la estructura de la última planta. Reúne las ventajas de cubiertas con el aislamiento por el exterior sin los problemas de la ventilación de las cámaras de aire de las cubiertas con forjados planos.

Ventajas:

- Aprovecha la inercia térmica de toda la cubierta.
- Al estar inclinado se ahorra el tablero.

Inconvenientes:

- Dificultad de ejecución de la estructura inclinada.

Recomendaciones:

- Colocar el aislamiento por el exterior con un geotextil de protección.
- El espesor de aislamiento térmico óptimo está entre 10 y 15 cm (considerando una conductividad de 0.03 W/m²K).



23. Cubierta con forjado inclinado

4. Huecos, ventanas, puertas y lucernarios.

4.1. Marco de madera.

Los marcos de madera, hasta hace pocas décadas, eran los únicos que existían en el mercado. Un marco será de madera si todos sus componentes principales, incluso marcos y premarcos, son de madera maciza o sus derivados.

Ventajas:

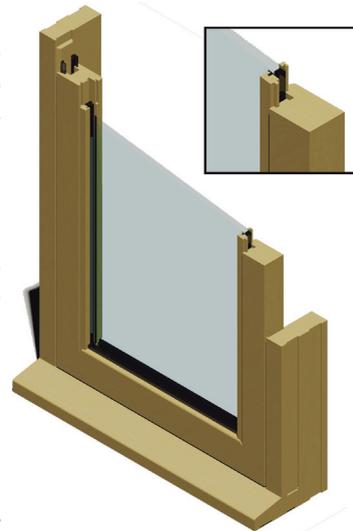
- La madera es un material aislante térmicamente ($\lambda = 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$), más que el aluminio ($\lambda = 209 \text{ W/m}^2\text{K}$) o el PVC ($\lambda = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- La madera es un material sostenible.
- Estéticas y ornamentales.

Inconvenientes:

- Mayor coste que otros materiales.
- Mayor mantenimiento que otros materiales y menos resistencia mecánica.
- En general suelen ser marcos menos estancos debido a la deformación que pueden adquirir los marcos de madera con el tiempo.

Recomendaciones:

- Las ventanas de madera debido a su mantenimiento y coste es recomendable colocarlas en cerramientos que no estén muy expuestos: patios, fachadas interiores, etc... Es recomendable, al menos cada 4 años, lijarlas convenientemente y protegerlas con barniz de poro abierto (lasur) para mantenerlas en buen estado.
- La transmitancia máxima recomendada para este tipo de marcos debe ser como máximo de $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE)



24. Carpintería de madera

4.2. Marco de aluminio con rotura de puente térmico (RPT).

Los marcos con rotura de puente térmico tienen una cámara que separa la parte interior del marco de la exterior. En la cámara sólo existen materiales aislantes como neopreno, poliuretano, etc...

Ventajas:

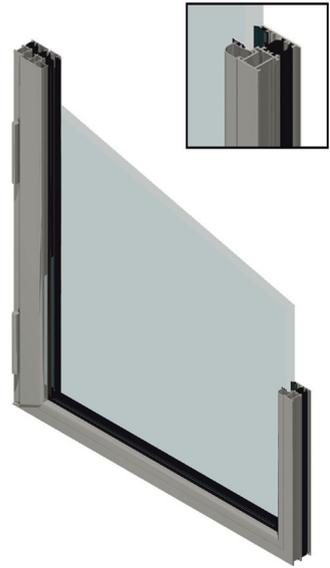
- La resistencia mecánica y inalterabilidad a los rayos ultravioleta.
- Facilidad de ejecución y precisión milimétrica de la forma del perfil del marco.
- Cualquier color y textura de finalización.

Inconvenientes:

- El aluminio es un material muy conductor del calor.

Recomendaciones:

- Las ventanas de aluminio con RPT son muy recomendables para fachadas expuestas o en ambiente marino debido a su inalterabilidad y resistencia mecánica.
- La transmitancia máxima recomendada de estos marcos debe ser como máximo de 2.0 W/m²K (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE).



25. Carpintería de aluminio con rotura de puente térmico.

4.3. Marco de PVC con cámara de aire.

Los marcos de PVC están formados por una red mallada de PVC para asegurar la resistencia mecánica del marco. Este material ha evolucionado mucho en los últimos años y actualmente está empezando a evitar los problemas de resistencia y decoloración que han tenido hasta ahora.

Ventajas:

- El PVC es un material aislante térmicamente ($\lambda = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$), menos que la madera ($\lambda = 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$) y mucho más que el aluminio ($\lambda = 209 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Inconvenientes:

- El PVC es un material que no es reciclable.
- Los marcos de PVC tienen una resistencia mecánica baja.
- El PVC suele tener, a largo plazo, problemas de decoloración.



26. Carpintería de PVC

Recomendaciones:

- Es importante confirmar con el instalador la garantía de durabilidad del marco de PVC y su resistencia a los rayos ultravioleta. Dependiendo de la calidad del marco se aconsejará colocar en situaciones más o menos expuestas.
- La transmitancia máxima recomendada es como máximo 2.0 W/m²K (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE).

4.4. Vidrio doble.

La cámara de aire en los vidrios dobles es el elemento principal de aislamiento térmico de los huecos. Esta cámara de aire depende de la separación entre el vidrio interior y exterior de la ventana. Maximizando el tamaño de esta cámara mejoraremos sensiblemente la resistencia térmica del hueco sin coste alguno.

Ventajas:

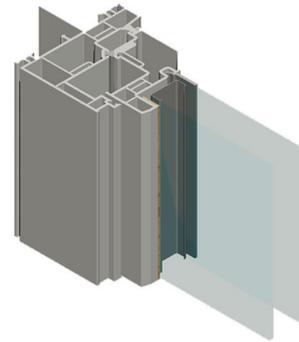
- Económico. La cámara de aire es una capa de material gratuito.

Inconvenientes:

- No son tan efectivos como vidrios triples o bajo emisivos.

Recomendaciones:

- Lo ideal es que la cámara de aire sea del mayor espesor posible. Según estudios especializados (Software "Calumen", Saint Gobain S.A.) se ha comprobado que el espesor de cámara de aire óptimo está en torno a los 20 mm. Por encima de este valor, la mejora no es tan importante.
- La transmitancia máxima recomendada es como máximo de $3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE)



27. Vidrio doble

4.5. Vidrio doble bajo emisivo.

Los vidrios bajo emisivos tienen la cualidad de potenciar el efecto invernadero. Están compuestos por una película invisible (generalmente de óxido de plata) que tiene la propiedad física de no dejar pasar la radiación térmica (infrarroja).

Ventajas:

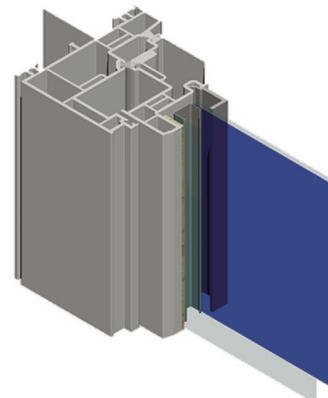
- Rendimiento óptimo en invierno, llegando a transmitancias de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Inconvenientes:

- Sólo son efectivos durante el invierno.
- Si el soleamiento no se controla en verano pueden ser muy perjudiciales.

Recomendaciones:

- Lo ideal es colocar estos vidrios en orientaciones sur, para que el soleamiento en invierno caliente edificio y el vidrio bajo emisivo permita que este calor no salga.



28. Vidrio bajo emisivo

Al estar al Sur, en verano el soleamiento directo es bajo debido a que el sol en las horas centrales del día el sol está en su cenit y no inciden perpendicularmente los rayos sobre la fachada.

- La transmitancia máxima recomendada es como máximo de $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE)

4.6. Vidrio triple.

Los vidrios triples suponen una ventaja respecto a los dobles al incluir una segunda cámara. Al igual que los vidrios dobles, la mejora energética está debida a las características de las cámaras (espesor, argón o vacío en la cámara, inclusión de capas de baja emisividad, etc...).

Ventajas:

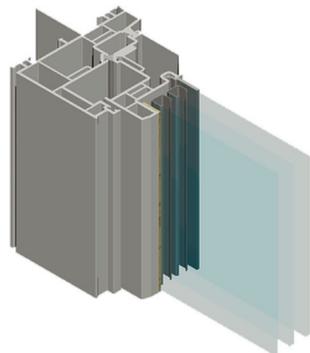
- Rendimiento óptimo en invierno y verano.
- Estos vidrios pueden tener transmitancias por debajo de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Inconvenientes:

- Solución muy cara.

Recomendaciones:

- Al igual que en vidrios dobles, lo ideal es que la cámara sea del mayor espesor posible. Según se ha comprobado que el espesor de la cámara óptima está en torno a los 20 mm (Software "Calumen", Saint Gobain S.A.). Por encima de este valor no se muestra ninguna mejoría.
- La transmitancia máxima recomendada es como máximo de $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (según Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y CTE-HE).



29. Vidrio triple

4.7. Sistemas de protección solar móviles.

Los sistemas de protección solar móviles son dispositivos mecanizados o manuales colocados al exterior de los huecos que permiten cubrir o taparlos para evitar su soleamiento en épocas calurosas. En esta categoría se incluyen toldos, lamas y persianas.

Ventajas:

- Al ser móviles permiten adaptarse al soleamiento correctamente.



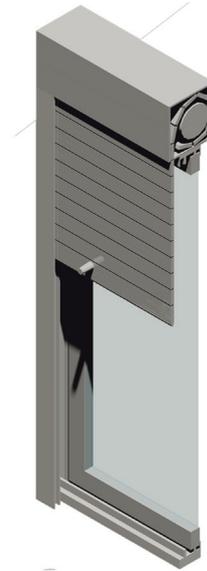
30. Lamas orientables

Inconvenientes:

- Mantenimiento de los dispositivos móviles.
- Algunas soluciones más tecnológicas como lamas motorizadas o persianas automáticas tienen un coste elevado.

Recomendaciones:

- El dispositivo más recomendable es la persiana de PVC o aluminotérmica (con aislamiento térmico dentro de las lamas) debido a que además de proteger del sol en épocas calurosas ayuda a mejorar la transmitancia térmica del conjunto.
- Bajar las persianas para mejorar el aislamiento con el exterior, en verano durante las horas más calurosas del día y en invierno durante las noches frías.
- Para optimizar el funcionamiento de las protecciones solares lo ideal es contar con un control domotizado de las mismas gobernado por sensores de radiación solar y/o temperaturas interior exterior que determinen cuando es necesario cubrir el hueco. Lo ideal es mantener un nivel de iluminación uniforme en el interior de los recintos por encima de los 100 luxes y bloquear la radiación térmica sobrante.
- Es importante contar con estos dispositivos sólo en las fachadas que sean necesarios, sobre todo en las fachadas Este y Oeste.



31. Persiana enrollable

5. Mejoras de puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.

5.1. Aislamiento exterior de la unión cubierta – fachada.

La mejora de los puentes térmicos de la unión cubierta-fachada por el exterior en obra nueva y rehabilitación se realiza combinando la solución de S.A.T.E. de fachada (punto 2.1) con una solución de cubierta con aislamiento por el exterior en cubiertas (por ejemplo la especificada en el punto 3.1 o en el 3.2). Lo más importante de esta solución es que las capas de aislamiento se unan o en su defecto, se prolonguen hasta eliminar el puente térmico.

Ventajas

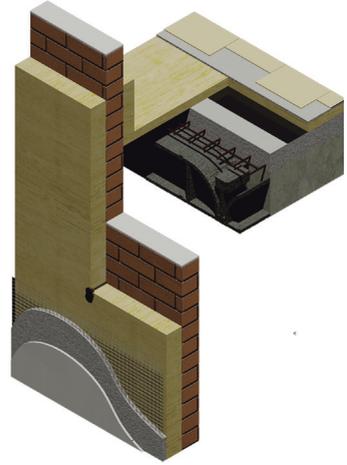
- El aislamiento por el exterior aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- El aislamiento de cubierta por el exterior es el más común y el más fácil de ejecutar.

Inconvenientes

- El aislamiento de la fachada por el exterior no es muy común actualmente.
- La resistencia mecánica de la superficie del aislamiento exterior de la fachada es menor que en soluciones con aislamiento al interior.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales existentes, canalizaciones de gas, tendederos, rejas,...
- En algunos casos de rehabilitación no es posible ejecutar el SATE por restricciones urbanísticas.

Recomendaciones:

- En cubiertas planas con la solución de aislamiento por el exterior evitar la colocación de pretilas macizas o de fábrica y sustituirlos por pretilas con soportes puntuales para evitar la formación de puentes térmicos.



32. Aislamiento exterior de la unión cubierta-fachada.

5.2. Aislamiento interior de la unión cubierta – fachada.

La mejora de puentes térmicos de la unión cubierta-fachada por el interior en obra nueva y rehabilitación se realiza combinando la solución de trasdosado interior de fachada (punto 2.2) con aislamiento interior en cubiertas (punto 3.3). Lo más importante de esta solución es que las capas de aislamiento se unan en cualquier caso

Ventajas

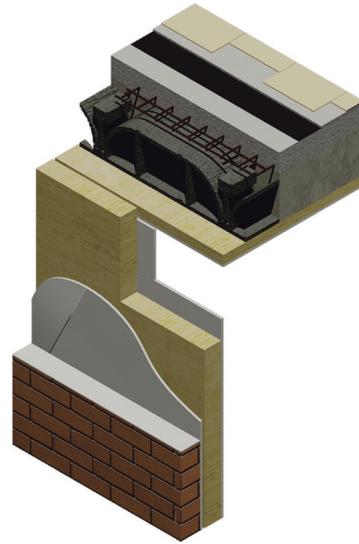
- El aislamiento por el interior en fachada es el más común y fácil de ejecutar.
- En rehabilitación, el aislamiento por el interior es la solución más barata y sencilla de ejecutar.

Inconvenientes

- El aislamiento por el interior no aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales enchufes, equipos de climatización, iluminación,...

Recomendaciones:

- Utilizar lana mineral (MW: Mineral Wool) en aislamientos al interior posibilita que además de la mejora térmica se produzca una mejora acústica del cerramiento.



33. Aislamiento interior de la unión cubierta-fachada.

5.3. Aislamiento exterior de frente de forjado.

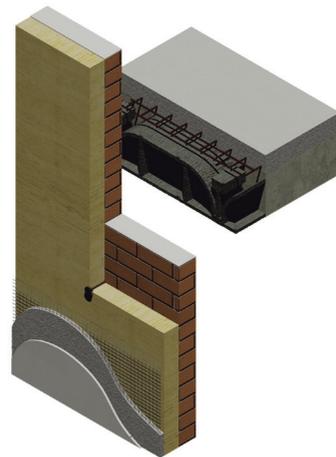
El aislamiento de los puentes térmicos en frentes de forjado por el exterior consiste en la utilización de S.A.T.E. (punto 2.1.).

Ventajas

- El aislamiento por el exterior aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación esta solución no produce intrusión en la vivienda.

Inconvenientes

- El aislamiento de la fachada por el exterior no es muy común actualmente.
- La resistencia mecánica de la superficie del aislamiento exterior de la fachada es menor que en soluciones con aislamiento al interior.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales existentes, canalizaciones de gas, tendederos, rejas,...
- En algunos casos de rehabilitación no es posible ejecutar el SATE por restricciones urbanísticas.



33. Aislamiento exterior del frente de forjado

Recomendaciones:

- La solución más efectiva es colocar el aislamiento térmico por el exterior en toda la fachada, no sólo en el puente térmico.

5.4. Aislamiento interior de frente de forjado.

El aislamiento de los puentes térmicos en frentes de forjado por el interior se compone por una fachada con aislamiento por el interior (punto 2.2) y aislamiento en el forjado tanto en la cara superior como en la inferior de al menos 1.5 metros de anchura.

Ventajas

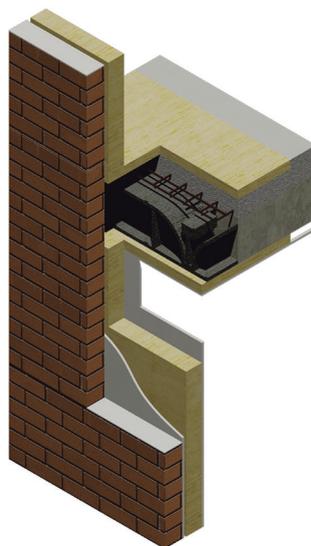
- El aislamiento por el interior en fachada es el más común y fácil de ejecutar.
- En rehabilitación, el aislamiento por el interior es la solución más barata y sencilla de ejecutar.

Inconvenientes

- El aislamiento por el interior no aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales enchufes, equipos de climatización, iluminación, etc...

Recomendaciones:

- Utilizar lana mineral (MW) en aislamientos al interior posibilita que además de la mejora térmica se produzca una mejora acústica del cerramiento.



34. Aislamiento interior de frente de forjado.

5.5. Mejora de puentes térmicos en huecos mediante inyección.

La mejora de puentes térmicos en la unión entre carpinterías y cerramientos se compone de una inyección de aislamiento térmico que se realiza una vez ejecutado el cerramiento y colocada la carpintería.

Ventajas

- Sellar la unión de la ventana con materiales aislantes como espuma o aislamiento proyectado para asegurar la fijación, evitar infiltraciones y mejorar la resistencia térmica del borde del cerramiento.

Inconvenientes

- Al inyectar el material aislante es difícil supervisar la ejecución realizada debido a que la capa de aislamiento resultante queda totalmente oculta durante su ejecución



35. Mejora de puentes térmicos en huecos mediante inyección.

Recomendaciones:

- Para que la estanqueidad sea la máxima posible se recomienda el uso de carpinterías monoblocks (persiana, mecanismos y ventana todo integrado).
- Es importante que la capa de aislamiento perimetral inyectado se una físicamente con la capa de aislamiento del cerramiento (interior o exterior).

5.6. Aislamiento exterior de pilares o vigas de fachada.

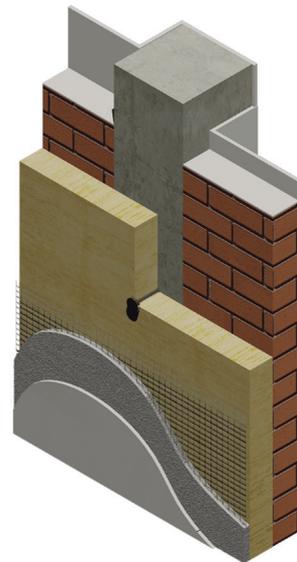
El aislamiento de puentes térmicos en pilares o vigas por el exterior consiste en la utilización de S.A.T.E. (punto 2.1.).

Ventajas

- El aislamiento por el exterior aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación esta solución no produce intrusión en la vivienda.

Inconvenientes

- El aislamiento de la fachada por el exterior no es muy común actualmente.
- La resistencia mecánica de la superficie del aislamiento exterior de la fachada es menor que en soluciones con aislamiento al interior.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales existentes, canalizaciones de gas, tendederos, rejas,...
- En algunos casos de rehabilitación no es posible ejecutar el SATE por restricciones urbanísticas.



36. Aislamiento exterior de pilares o vigas de fachada.

Recomendaciones:

- La solución más efectiva es colocar el aislamiento térmico por el exterior en toda la fachada, no sólo en el puente térmico.

5.7. Aislamiento interior de pilares o vigas de fachada.

El aislamiento de los puentes térmicos en pilares o vigas por el interior se compone por una fachada con aislamiento por el interior (punto 2.2).

Ventajas

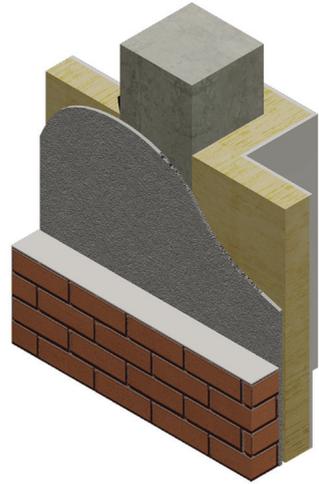
- El aislamiento por el interior en fachada es el más común y fácil de ejecutar.
- En rehabilitación, el aislamiento por el interior es la solución más barata y sencilla de ejecutar.

Inconvenientes

- El aislamiento por el interior no aprovecha la inercia térmica del cerramiento.
- En rehabilitación es necesario desplazar o reubicar los elementos superficiales enchufes, equipos de climatización, iluminación, etc...

Recomendaciones:

- Utilizar lana mineral (MW) en aislamientos interior posibilita que además de la mejora térmica se produzca una mejora acústica del cerramiento.



37. Aislamiento interior de pilares o vigas de fachada.

2.2. INSTALACIONES.

1. Generalidades.

En las viviendas nuevas o en la rehabilitación de viviendas existentes, las instalaciones que consumen energía son:

1. Producción de agua caliente sanitaria (ACS).
2. Calefacción.
3. Refrigeración.
4. Ventilación.
5. Iluminación.

Para conseguir satisfacer las demandas anteriores, existen multitud de soluciones. En este manual se analizan varias de éstas, indicando ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, así como recomendaciones a tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de instalaciones de obra nueva o rehabilitación, siempre desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Las soluciones analizadas en son las siguientes:

1. Instalaciones de producción de ACS.

- a. Instalación solar térmica.
- b. Calentador de gas natural.
- c. Calentador de gas butano, GLP o gasóleo.
- d. Calentador eléctrico.

2. Instalación de calefacción.

- a. Bomba de calor.
- b. Caldera de biomasa.
- c. Caldera de gas natural.
- d. Caldera de gasoil, GLP o butano.
- e. Equipos basados en efecto Joule.

3. Instalación de refrigeración.

- a. Bomba de calor.
- b. Enfriamiento evaporativo.
- c. Frío Solar.

4. Ventilación.

- a. Sistemas de ventilación mecánica controlada simple (VMCS).
- b. Sistemas de ventilación híbrida (VH).
- c. Sistemas de ventilación mecánica controlada doble (VMCD).
- d. Recuperador entálpico.
- e. Free cooling.

5. Iluminación.

- a. Aprovechamiento de la luz natural para iluminación.
- b. Sustitución por lámparas de mayor eficiencia.
- c. Control de la iluminación.

6. Otras instalaciones.

- a. Geotermia de baja temperatura. Intercambiador tierra – agua.
- b. Geotermia de baja temperatura. Intercambiador tierra – aire.
- c. Cogeneración.

2. Agua caliente sanitaria (ACS).

El agua caliente sanitaria (ACS) es el segundo sistema de mayor consumo en las viviendas después de la calefacción (con un consumo medio estimado del 20%).

Además de la eficiencia energética, otro punto a considerar será a la hora de diseñar la instalación es El Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) que dependiendo del tipo de instalación obliga a mantener el agua de consumo a una temperatura elevada y a realizar periódicamente tratamientos para prevenir la legionelosis, lo cual viene contemplado en el REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la misma, basándose por un lado en la eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño y un mantenimiento periódico y por otro lado, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma.

En vivienda la demanda conjunta de ACS y Calefacción se suele resolver con una única instalación. Son lo denominados sistemas mixtos. Así, la mayoría de las calderas están preparadas para poder atender la demanda de ACS y calefacción de una vivienda. Estos sistemas se verán en el capítulo dedicado a la calefacción.

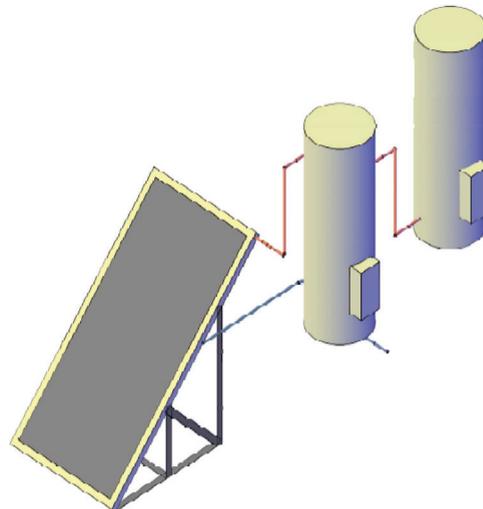
Los sistemas de producción de ACS para viviendas que se van a describir en este capítulo, ordenados de mayor a menor eficiencia son:

- Instalación solar térmica.
- Calentador Gas Natural.
- Calentador Gasóleo, GLP o Butano.
- Calentador Eléctrico.

2.1. Instalación solar térmica.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece la obligatoriedad del uso de sistemas de energía solar térmica para el ACS en la construcción de todos los edificios o viviendas nuevas y la rehabilitación de los existentes. La revisión del CTE ha relajado la exigencia de una contribución solar mínima, pudiendo sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de energía renovable distinta a la solar.

La instalación solar térmica aprovecha la energía radiante del sol para elevar la temperatura de un fluido caloportador



38. Instalación solar térmica.
Fuente: Elaboración propia.

(agua con anticongelante, aceite de silicona u otro líquido orgánico sintético) y lo utiliza para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), como aporte a un sistema de calefacción, o para la producción de frío solar mediante absorción o adsorción.

El panel solar expuesto a la radiación solar incrementa su temperatura, haciendo pasar a través del panel un fluido caloportador, parte del calor absorbido en el panel es transferido a dicho fluido, que eleva su temperatura. En una instalación de ACS este fluido, confinado en el circuito primario es conducido a un sistema de intercambio (intercambiador o interacumulador) donde traslada ese calor al agua de consumo, que es almacenada y utilizada cuando sea necesario.

Para su correcto funcionamiento estas instalaciones precisan de un sistema de control automático que incluya sondas de temperaturas en paneles y depósitos de acumulación, que regule las bombas de los circuitos primario y secundario y cuando sea necesario la entrada del sistema de apoyo, además de activar el sistema de disipación de calor en caso de paradas de la instalación o exceso de radiación para satisfacer la demanda.

Ventajas.

- Aprovecha la energía renovable, inagotable y limpia del sol, sustituyendo un gran porcentaje de la energía convencional que se usaría si no existiera dicha instalación.
- Instalación de alto rendimiento en latitudes con un elevado número de horas de radiación solar anual. En Extremadura se pueden conseguir ahorros de entre un 60% - 80%.
- La instalación se amortiza en un periodo de entre 5 a 10 años, dependiendo del importe de la inversión, de la radiación solar recibida y del grado de utilización.
- Se adaptan fácilmente a las instalaciones convencionales ya existentes.
- La vida útil de los sistemas de captación térmica es de aproximadamente 20 años.

Inconvenientes.

- Necesita un sistema convencional auxiliar que eleve la temperatura del agua en periodos de baja radiación solar térmica o de altas demandas consumo.
- Pérdida de eficacia si la instalación no recibe radiación suficiente o si presenta defectos de orientación, inclinación o sombras y por el contrario un aporte térmico mayor del necesario obliga a disipar el excedente de energía térmica para evitar daños en la instalación, produciéndose este excedente en verano donde las necesidades de ACS son menores.
- Requiere un mantenimiento continuo para el correcto funcionamiento de la instalación, un mal mantenimiento reduce el rendimiento de los paneles.

Recomendaciones:

- Realizar las labores de mantenimiento según las especificaciones del fabricante y con la periodicidad marcada por él. Si es posible hacer coincidir el mantenimiento de la instalación solar, con el del equipo auxiliar y con el o los depósitos de acumulación (si existen).
- A la hora de diseñar la instalación solar, tener en cuenta su accesibilidad, ya que será necesario su conservación y mantenimiento. Si es posible, ubicar los paneles cerca de un lugar, desde el que se pueda acceder a ellos utilizando una escalera

- de mano. Si existen varias opciones de colocación de los colectores elegir cubiertas planas frente a las inclinadas.
- En el caso de que se tengan que colocar los paneles en cubiertas inclinadas, aprovechar al máximo la inclinación de ésta para no tener que emplear estructuras suplementarias con el fin de conseguir la inclinación adecuada.
 - Al seleccionar la posición, considerar su distancia al circuito de consumo, para que ésta sea la menor posible y evitar de este modo las pérdidas térmicas.
 - Tener en cuenta la vida útil del refrigerante y renovarlo cuando sea necesario.
 - En instalaciones sin circuito de retorno, utilizar válvulas termostáticas para minimizar pérdidas.
 - No utilizar un calentador eléctrico como equipo auxiliar de apoyo, ya que es el más ineficiente energéticamente.
 - Utilizar un sistema de acumulación de agua caliente para conseguir un mayor rendimiento energético, manteniendo la temperatura por encima de 60°C, para prevenir la ploriferación de la legionella.
 - La instalación solar térmica funciona más eficientemente cuando más volumen de agua tiene que calentar. Por tanto, es recomendable en los meses de verano desconectar el equipo auxiliar en las horas de sol, ya que el depósito de almacenamiento de ACS mantendrá la temperatura adecuada del agua durante el resto del día, a menos que se malgaste el agua en los puntos de consumo. De esta forma no habrá consumo de electricidad en las bombas de recirculación.

2.2. Calentador de gas natural.

Este tipo de calentador es conocido como calentador instantáneo ya que calienta el agua en el momento en el que ésta va a ser utilizada.

A la hora de proyectar una instalación de ACS con calentador de gas natural, el punto más importante es la ubicación del mismo, de tal forma que la salida de humos cumpla con los requisitos establecidos en la normativa vigente respecto a distancias, ventilación y lo establecido por el fabricante.

Ventajas.

- Es fácil de instalar y usar.
- Puede satisfacer cualquier demanda de ACS por muy elevada que sea, al tener un suministro constante de Gas Natural.
- El gas es más económico que la electricidad.
- Funciona con una presión de agua mínima baja de 0,1 bar.
- No necesita un depósito de almacenamiento de combustible.
- No necesita un depósito de acumulación de ACS, porque su rendimiento no varía al funcionar de forma discontinua.

Inconvenientes.

- No se puede instalar lo más cerca posible a los puntos de consumo, ya que necesita un lugar adecuado para la extracción de humos y también depende su

ubicación del lugar en el que se encuentre la acometida de gas. Esto dará lugar a que se produzcan pérdidas térmicas en las tuberías y además el agua caliente tardará un tiempo en llegar a los puntos de consumo.

- Necesita un caudal mínimo de agua para funcionar.
- Las revisiones periódicas se deben realizar con elevada periodicidad.

Recomendaciones.

- Instalar un sistema de encendido electrónico del calentador, para conseguir un ahorro de gas de hasta un 38%.
- Control termostático de la temperatura. Ajusta la potencia a las necesidades instantáneas de agua caliente.
- Instalar el calentador en el lugar más próximo posible a los puntos de consumo.
- Es recomendable su utilización como apoyo auxiliar a una instalación solar térmica.

2.3. Calentador de gasóleo, GLP o butano.

Estos calentadores serán empleados en viviendas donde no exista un suministro de gas natural y por lo tanto, hubiese que emplear combustibles alternativos.

Será recomendable como combustible el gasóleo o GLP, cuando exista en la vivienda un espacio que cumpla con los requisitos necesarios para la ubicación del depósito. En caso de que no sea posible, se recurrirá al empleo de bombonas de butano.

Ventajas.

- Fáciles de instalar y de usar.
- La cantidad de agua que puede calentar según la demanda sólo está limitada por la capacidad del depósito de almacenamiento.
- El gasóleo es más económico que el gas natural.
- Funciona con una presión de agua mínima baja de 0,1 bar.

Inconvenientes.

- No se puede instalar lo más cerca posible a los puntos de consumo, ya que necesita un lugar adecuado para la extracción de humos y también depende su ubicación del lugar en el que se encuentre la acometida de gas. Esto dará lugar a que se produzcan pérdidas térmicas en las tuberías y además el agua caliente tardará un tiempo en salir por los puntos de consumo.
- Necesita un caudal mínimo de agua para funcionar.
- El gas y su combustión es potencialmente más peligroso que la instalación de gas natural.
- Si se usa butano, hay que estar pendiente de tener bombonas de recambio, con la incomodidad que esto supone.
- En caso de tener que instalar un depósito, dependiendo del volumen a almacenar puede ser necesario legalizarlo requiriendo mayor inversión inicial que si se empleasen bombonas de butano o gas natural.

- Existirá un mayor consumo eléctrico en el caso de almacenamiento del combustible en depósitos, porque será necesaria una bomba para trasiego del combustible.
- El mantenimiento de la instalación de gasoil y GLP, es más caro que en el caso de la instalación de la caldera de gas natural.

Recomendaciones.

- Encendido electrónico para un ahorro de gas de hasta un 38%.
- Control termostático de la temperatura. Ajusta la potencia a las necesidades instantáneas de agua caliente.
- Colocar el depósito de combustible en las proximidades de la caldera para que el consumo de la bomba de trasiego sea lo mínimo posible.
- Se consigue la máxima seguridad si se colocan sensores de humos, de flujo de agua y detector de llama.

2.4. Calentador eléctrico.

Los calentadores eléctricos están constituidos por un tanque de agua de dimensiones nada despreciables (50-100 litros) en cuyo interior una resistencia eléctrica se encarga de calentar el agua.

Una vez alcanzada la temperatura, la resistencia se apaga y el aislamiento del tanque se encarga de que ésta no se enfríe demasiado rápido. Cuando la temperatura del agua baja, bien por el paso del tiempo o porque se usa el agua caliente y entra agua fría, la resistencia vuelve a entrar en funcionamiento.

Se empleará este tipo de calentador cuando no se puede instalar cualquier otro tipo de calentador o por simplicidad de instalación.

Ventajas

- Sólo hace falta una acometida eléctrica para instalarlo.
- No necesita legalización.
- La sustitución del calentador es sencilla, pudiéndola realizar incluso el usuario.
- Se puede colocar muy próximo al punto de consumo, incluso en el mismo recinto en el que produce la demanda, por lo que el agua caliente se obtiene rápidamente, produciéndose pocas pérdidas térmicas en la distribución.
- La temperatura del agua se mantiene prácticamente constante.
- Funciona para cualquier caudal de agua, por pequeño que sea.
- No requiere inspecciones anuales.
- Muy limpio en su funcionamiento ya que no produce humos ni residuos.

Inconvenientes

- Ocupa un espacio significativo, aunque en la vivienda si se monta a cierta altura puede no suponer un obstáculo.

- El rendimiento energético del calentador-acumulador de agua es bajo comparado con los otros tipos de calentadores.
- Cuando se acaba el agua caliente contenida en el depósito, tarda en volver a calentarla, debido al tiempo necesario de calentamiento, lo que lo hace inadecuado si se pretende hacer un uso intensivo.
- La electricidad no es barata.
- Si el tanque pierde estanqueidad, puede inundar el recinto en el que se encuentra.
- Hay que cambiar periódicamente el ánodo de sacrificio del que disponen, para evitar la corrosión interior del calentador. Si no se cambia este ánodo el calentador acabará oxidándose.

Recomendaciones

- Recomendable para satisfacer únicamente la demanda de ACS. Es recomendable su instalación en el interior de la vivienda o en un local cerrado protegido del ambiente exterior, para que la disipación de calor al ambiente sea menor, aparte de que está protegida de los agentes atmosféricos.
- Elegir un termo con un buen aislamiento.
- Se debe intercalar un programador horario que permite establecer los períodos en que se conecta eléctricamente, evitando los continuos encendidos y apagados cuando se abre un grifo.
- Utilizar sólo para consumos pequeños y periódicos.

3. Calefacción.

En la mayoría de las viviendas de Extremadura se hace necesario disponer de instalaciones para alcanzar las condiciones de confort requeridas por los usuarios. Esto debe conseguirse con el menor consumo energético posible y utilizando para ello instalaciones de alta eficiencia energética y/o de origen renovable.

La instalación de calefacción es la que mayor consumo tiene en las viviendas, por lo que es muy interesante optimizar sus componentes, instalación y funcionamiento desde un punto de vista energético.

Los equipos más utilizados son las calderas, ya que nos pueden proporcionar agua caliente sanitaria y calefacción, (sistemas mixtos). La mayoría de los equipos e instalaciones detallados en este capítulo serían válidos como sistemas de ACS. Los diferentes tipos de calderas son muy similares y se diferencian principalmente en las curvas de funcionamiento y el combustible que usan.

Al igual que en el caso del ACS, se describirán las instalaciones de calefacción que de mayor a menor eficiencia podemos encontrar en el mercado.

En general el ahorro energético es superior en los sistemas centralizados debido a que se produce calor en una caldera de mayor rendimiento. También el ahorro económico es superior realizando la operación y el mantenimiento según la normativa actual. Por ejemplo, instalando "contadores energéticos" individualizados cada usuario sólo paga lo que consume, se evita el despilfarro y así todo el edificio ahorrará energía.

Los sistemas de producción de calefacción para viviendas que se describen en este capítulo son:

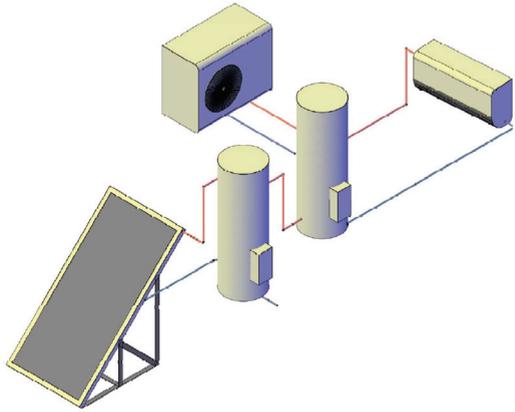
- Bomba de Calor.
- Caldera Biomasa.
- Caldera Gas Natural.
- Caldera Gasóleo, GLP o Butano.
- Equipos basados en efecto Joule.

3.1. Bomba de calor.

La bomba de calor es una buena opción para la calefacción desde el punto de vista de la eficiencia energética. Estos aparatos, que pueden ser eléctricos o alimentados por gas, realizan un intercambio de energía entre una fuente exterior (aire ambiente, terreno o agua) y el interior de la casa. ¿Cómo puede tomar el calor del ambiente si está, por ejemplo, a cero grados? Utilizan un fluido caloportador con una temperatura de congelación muy baja, permitiendo realizar intercambio térmico con el exterior, incluso si el ambiente exterior está a temperaturas próximas a 0°C.

La principal ventaja de las bombas de calor con respecto a las calderas es que son reversibles pudiendo utilizarse para satisfacer las demandas principales de la vivienda (calefacción, refrigeración y ACS) y no sólo para la calefacción.

Dentro de las bombas de calor, las más eficientes son las bombas de calor Inverter. Su ventaja consiste en que el motor funciona de modo variable, en función de la necesidad de potencia necesaria para alcanzar la temperatura deseada. Una bomba de calor convencional sólo tiene dos modos: encendido o apagado. Con una inverter el equipo no se enciende y apaga continuamente, sino que regula su velocidad de funcionamiento y la temperatura siempre es la ideal, con el consiguiente confort y ahorro de electricidad.



39. Instalación con bomba de calor.
Fuente: Elaboración propia.

Ventajas.

- Alta eficiencia energética.
- Gran ahorro de costes de electricidad en bombas de alto rendimiento.
- Utilización sencilla y limpia.
- Consume, aproximadamente, solo un tercio de energía respecto a un sistema con caldera de gasoil y solo la mitad del consumo que tendría una caldera de gas.
- Reversibles. Si ponemos una bomba de calor aire-agua, podremos abastecer las tres demandas principales de la vivienda (ACS, calefacción y refrigeración) con un único equipo.
- Si ponemos una bomba de calor aire - aire o aire - agua podremos abastecer las demandas de calefacción y refrigeración, mediante un solo equipo.
- Combina muy bien con otros sistemas eficientes, tales como la energía solar, geotermia y suelo radiante.
- En el caso de las bombas de calor eléctricas, éstas pueden ser instaladas en cualquier lugar sin necesidad de tener espacio de almacenamiento o acceso a otro combustible.
- Se puede utilizar la bomba de calor para aprovechar la energía geotérmica, siempre que se utilicen equipos terminales de baja temperatura.

Inconvenientes.

- Las bombas de calor en régimen de calefacción que emplean el aire exterior como foco frío, en condiciones de bajas temperaturas exteriores disminuyen su eficiencia energética al disminuir el salto térmico con el exterior.
- Desescarchado. Cuando la temperatura exterior desciende por debajo del punto de rocío y la superficie del evaporador en contacto con el aire, alcanza una temperatura por debajo de 0°C, se forma escarcha sobre esa superficie, afectando la transferencia térmica, siendo necesario un proceso de desescarche.
- La bomba de calor comercial (una etapa), no funciona correctamente cuando las

temperaturas exteriores son inferiores a 7°C y deja de funcionar cuando aquellas descienden de 0°C aproximadamente.

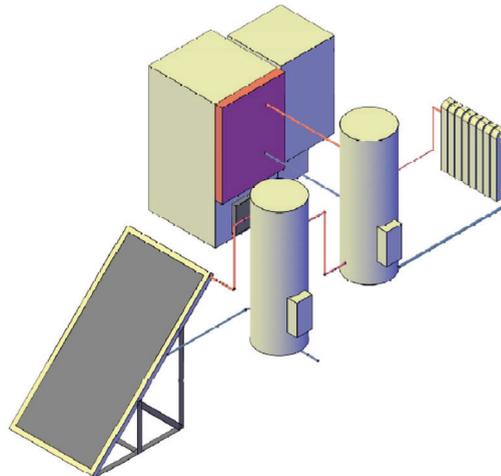
- La bomba de calor comercial funciona con excelente rendimiento (COP = 2,5 a 4.5 aprox.), si las temperaturas externas son solo moderadamente bajas (7-15)°C aprox. Persiste sin embargo el inconveniente de que generan baja temperatura del fluido calefactor (T = 40-45°C), claramente insuficiente para alimentar confortablemente una instalación de radiadores incluso en condiciones de invierno moderado.
- El nivel de ruido causado por el ventilador de la unidad externa puede producir molestias, si se realiza una mala instalación.

Recomendaciones.

- La bomba de calor aire - aire es la más adecuada para grandes espacios que no se usen de forma continua y cuya climatización deba tener una rápida respuesta.
- Las bombas de calor aire – agua son las más adecuadas para grandes espacios que haya que climatizar de forma continua y cuyo calentamiento no tenga que ser rápido.
- Se recomienda combinar la bomba de calor con otra fuente de energía, solar térmica, frío solar o geotermia, para conseguir mayores rendimientos en la instalación, precalentando la fuente fría y haciendo que la temperatura de la misma se mantenga constante.

3.2. Caldera de biomasa.

Equipo generador de agua caliente para calefacción (y también para ACS). Mediante la combustión de la biomasa (pellets, restos de la poda, huesos de aceituna, cáscaras de almendras...), generamos energía térmica para agua caliente sanitaria y/o calefacción. Una caldera de biomasa funciona de una forma similar a una caldera de gas. En el quemador de combustible se quema la biomasa, generando una llama horizontal que entra en la caldera. El calor generado durante esta combustión es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera.



40. Instalación con caldera de biomasa.
Fuente: Elaboración propia.

Ventajas.

- Energía con emisiones netas nulas de CO₂ (en línea con el objetivo 20/20/20 de Europa).
- La biomasa, es muy barata y su precio más estable en comparación con la electricidad, el gas o el gasóleo.

- La biomasa está muy presente en Extremadura, debido a la gran cantidad residuos agrícolas que se generan.
- Alto poder calorífico por unidad de peso del combustible.
- Energía segura: la biomasa en su uso en calderas domésticas, a diferencia del gas, no puede explotar, aunque cabe la posibilidad de la formación de atmósferas explosivas.
- Se crea un comercio de cooperativas agrícolas, que han encontrado un mercado para dar salida a materiales vegetales que antes no servían, como los huesos de aceitunas o cáscaras de frutos secos.

Inconvenientes.

- No se integra fácilmente en el conjunto arquitectónico de la vivienda y ha de situarse en un local especialmente habilitado para ella.
- Actualmente el precio de estas calderas es más elevado que el de las calderas de gas o de gasoil.
- Necesidad de espacio para ubicar un silo donde almacenar la biomasa, aunque hay modelos en el mercado que atenúan este problema (calderas de baja potencia).
- Por el poder calorífico de la biomasa estas calderas necesitan depósitos de almacenamiento grandes.
- Al quemar biomasa se produce algo de ceniza, que se recoge generalmente de manera automática en un cenicero que debe vaciarse unas cuatro veces al año.
- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
- Algunos fabricantes exigen para mantener la garantía que se utilice biomasa certificada.
- El trasiego de este tipo de combustible necesita de tornillos sin fin, existiendo mayor probabilidad de atascos y generándose suciedad.

Recomendaciones:

- Vaciar el cenicero al menos 4 veces al año.
- Usar biomasa muy seca o triturada, ya que aprovechamos al máximo el combustible.
- La caldera debe estar situada en un lugar cubierto, pero ventilado, para que así el aire pueda ser renovado para una mejor combustión.
- Para el tiro de la chimenea y el correcto funcionamiento de la caldera es necesario realizar una correcta salida de humos con una chimenea de un diámetro adecuado.
- Regular y programar la temperatura deseada a diferentes horas del día.
- Si la ventilación debe hacerse mediante medios mecánicos, la admisión de aire será mecánica, mientras que la extracción podrá ser mecánica o natural.
- Se recomienda seleccionar en la fase de diseño la caldera que más se ajuste a las demandas energéticas previstas porque ésta funciona más eficientemente cuando funciona de manera continua durante ciertos periodos de tiempo y no con continuos encendidos y apagados. Es recomendable la utilización de un depósito de acumulación.
- Situar el silo de almacenamiento lo más cerca posible a la caldera de biomasa y

diseñar el recorrido de los conductos de alimentación, de tal manera que sean lo más rectos y simples posible.

- Los silos altos y estrechos son los depósitos de almacenamiento más eficientes.
- Diseñar la tubería de entrada del combustible al silo y el ángulo de entrada al silo de tal forma que no se produzcan roturas indebidas del combustible debido al llenado del silo.
- Tener en cuenta las distancias libres de seguridad indicadas por el fabricante a la hora de situar la caldera.

3.3. Caldera de gas natural.

La caldera de gas natural es el equipo más extendido para calentamiento de agua (calefacción y ACS). Una caldera de combustión a gas consta de un hogar, donde se quema el combustible, y un intercambiador donde el calor producido por la combustión se transmite al fluido caloportador, que llegaría por las tuberías a los puntos de consumo o a los emisores o unidades interiores. Las calderas más eficientes de este tipo son las calderas de condensación. Las menos eficientes son las calderas convencionales y entre las de condensación y las convencionales, se encuentran las de baja temperatura.

Ventajas.

- Es un sistema relativamente barato.
- Rapidez a la hora de calentar la casa y sencillez de utilización.
- Las calderas, al estar provistas de termostato y contador, permiten regular fácilmente el consumo que hacemos de ellas, así como programar su temperatura, dependiendo de las necesidades de cada hogar.
- La vida útil de las calderas es normalmente mayor que la de otros sistemas de calefacción.
- Las calderas ocupan muy poco espacio en nuestros hogares.
- Existen calderas modulantes en función de las necesidades energéticas, que regulan la temperatura de salida del agua caliente en función de las necesidades.

Inconvenientes.

- Las calderas de gas requieren revisiones periódicas por la empresa instaladora autorizada y una limpieza anual.
- Utilizan un combustible contaminante y que emite CO₂.
- Necesitan de una instalación para la evacuación de los humos de la combustión.
- Necesitan desagüe para la evacuación de los condensados (según sea el tipo de caldera).

Recomendaciones.

- Para aumentar la eficiencia de este sistema puede añadirse un depósito acumulador, reduciendo el desperdicio de agua y los continuos encendido y apagado de la caldera.
- No debemos cubrir nunca las rejillas de ventilación de la habitación en la que se encuentren, ya que por ellas sale el gas proveniente de posibles fugas y permiten la renovación de oxígeno necesaria para que no se concentren grandes cantida-

des de CO₂.

- Siempre que sea posible utilizar una instalación solar térmica, junto con una caldera de condensación como equipo auxiliar y combinados con equipos terminales de baja temperatura, para conseguir una alta eficiencia energética.

3.4. Caldera de gasoil, butano o GLP.

Esta alternativa contempla la instalación de una caldera apta para cada uno de los combustibles. La caldera de combustión funciona exactamente igual que en el caso anterior con la diferencia del combustible utilizado (y alguna pequeña modificación en algún elemento de la caldera).

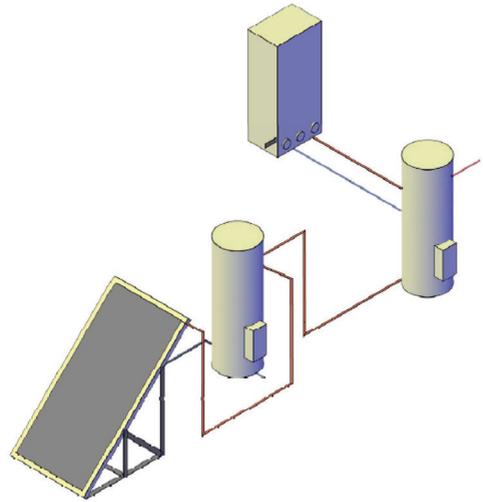
Esta opción sólo es aconsejable en el caso que no tuviéramos acceso al gas canalizado.

Ventajas.

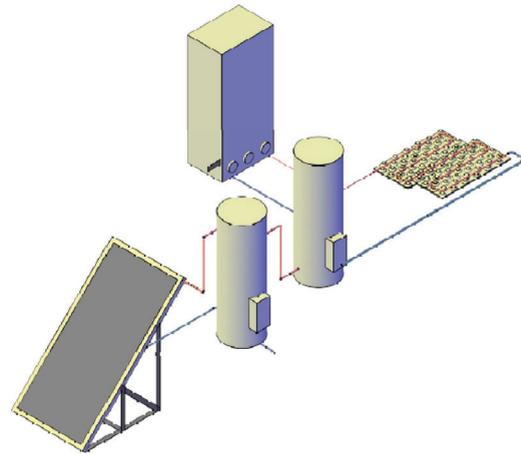
- Es un sistema barato.
- Sistema rápido a la hora de calentar la vivienda.
- Menor consumo de combustible (lo consumen más lentamente), por su mayor poder calorífico.
- Alta vida útil, por lo que los costos de reparación y mantenimiento de las calderas a gasoil por año de vida son pequeños.
- Las calderas de gasóleo operan a una temperatura menor, lo que hace disminuir el riesgo de explosiones, que en calderas de gas es mayor.

Inconvenientes.

- Precio del Gasoil. El precio del gasoil está sujeto a las fluctuaciones del mercado y la tendencia suele ser al alza.
- En general, las calderas de gasoil comparadas con la de gas no son tan eficientes en el uso de energía ni la emisión de gases, por lo que su costo operativo es relativamente mayor en ese aspecto.
- Estas calderas requieren revisiones periódicas por la empresa instaladora autori-



41. IST con caldera auxiliar.
Fuente: Elaboración propia.



42. IST con caldera auxiliar y suelo radiante..
Fuente: Elaboración propia.

- zada, una limpieza anual.
- Utilizan un combustible contaminante y que emite CO₂ (más contaminante que el gas natural).
- El tipo de combustible utilizado, al no provenir de una red, debe ser comprado, transportado y almacenado en la casa.
- Necesidad de espacio para un depósito de almacenamiento de este gas (como la bombona de butano).
- Necesitan de una instalación para la evacuación de los humos de la combustión.
- Necesitan desagüe para evacuación de condensados.

Recomendaciones:

- Esta opción sólo es aconsejable en el caso que no tuviéramos acceso al gas natural.
- Entre los distintos tipos de combustible mencionados existen diferencias en cuanto a emisiones de gases contaminantes tales como SO_x y NO_x, siendo el más limpio el butano y el GLP con respecto al gasóleo.

3.5. Equipos basados en efecto Joule.

En este grupo incluimos los radiadores eléctricos, braseros, calderas eléctricas y calentadores de aire, por ejemplo. Pueden ser sin acumulación (convencionales) y con acumulación (con aceite que “conserva el calor”).

Ventajas.

- No requiere inspecciones anuales como los sistemas de gas.
- Menos contaminante en la vivienda que los anteriores sistemas. No se generan humos y no se producen condensados durante su funcionamiento.
- Para estos equipos el mantenimiento es nulo, sólo se debe tener en cuenta el manual de instrucciones para su uso adecuado y revisar periódicamente el ánodo de sacrificio.
- Viables mediante la contratación de discriminación horaria en la tarifa eléctrica (los sistemas deben ser por acumulación).

Inconvenientes.

- Son equipos muy ineficientes. Rendimiento 1.
- Deben situarse en el interior de la vivienda, para que haya menor transferencia de calor entre el ambiente y el equipo.

Recomendaciones.

- Se debe instalar un reloj programador para cuando sea realmente necesario.
- No recomendable como sistema de calefacción.

4. Refrigeración.

En Extremadura, debido a su clima, se alcanzan temperaturas muy altas en verano por lo que es necesario un sistema de climatización para llegar a las condiciones de confort en el interior de las viviendas.

El consumo en refrigeración de un hogar medio supone aproximadamente hasta un 10% del consumo energético de la vivienda. Esto conlleva un gasto en la factura eléctrica, ya que la mayoría de los equipos de refrigeración son eléctricos (aunque también existen los que usan gas, que consumen menos energía pero requieren una mayor inversión inicial y son menos habituales).

Los sistemas de aire acondicionado usualmente están dimensionados para hacer frente a las demandas más extremas de enfriamiento de los días más calurosos del año. Sin embargo, en condiciones normales, esta máxima capacidad muy pocas veces es requerida y los sistemas están sobredimensionados y suelen presentar problemas de ineficiencia energética e incrementar los costes fijos de la factura.

Un valor de referencia en cuanto a la potencia de los equipos de refrigeración instalados en Extremadura es $P = 116,3 \text{ W/m}^2$, según se desprende del catálogo de instalaciones de Extremadura. Esto no se puede tomar como norma general y para cada caso concreto, con las premisas expuestas en las generalidades, habrá que realizar un estudio pormenorizado para ajustar, como hemos dicho, la potencia del equipo a las necesidades reales de cada vivienda.

Refrigerar una vivienda conlleva, generalmente, un consumo de electricidad, de ahí la importancia del sistema utilizado para conseguir la mayor eficiencia y lograr de este modo reducir el consumo. Por este motivo, es importante la elección del sistema de refrigeración, pues no todos permiten la misma eficacia a la hora de combatir las altas temperaturas. Hay que tener en cuenta ciertos factores como las necesidades precisas de cada vivienda (orientación, superficie, etc.) y de cada familia (usos), en su localización concreta.

Un error común en este tipo de sistemas es la instalación de numerosos equipos individuales en fachadas y terrazas que provocan altos consumos de electricidad en verano y recalentamientos en el exterior de los edificios.

4.1. Bomba de calor.

La bomba de calor es la mejor opción para la refrigeración desde el punto de vista de la eficiencia energética. Estos aparatos eléctricos ceden el calor que han absorbido del ambiente a acondicionar al ambiente exterior, al terreno o al agua exterior. El funcionamiento es el mismo que el descrito anteriormente para la calefacción sólo que en modo refrigeración.

Ventajas.

- Alta eficiencia energética.
- Gran ahorro de costes de electricidad.
- Utilización sencilla y limpia.
- Reversibles. Si se instala una bomba de calor aire-agua, podremos abastecer las tres demandas principales de la vivienda (ACS, calefacción y refrigeración) con un único equipo.
- Si se instala una bomba de calor aire-aire, podremos abastecer las demandas de calefacción y refrigeración, mediante un solo equipo.
- Consumen sólo electricidad por lo que pueden ser instaladas en cualquier lugar sin necesidad de tener espacio de almacenamiento o acceso a otro combustible.
- La ubicación del equipo no depende de la instalación de chimeneas. No genera emisiones en la vivienda ya que no se produce combustión.

Inconvenientes.

- Alta inversión inicial.
- El incremento de los precios de la electricidad.
- Las unidades exteriores en fachadas de edificios no son estéticas.
- Las unidades exteriores son ruidosas con posibilidad de molestar a los vecinos, si no se instalan adecuadamente.

Recomendaciones.

- Una temperatura de 24°C - 25°C en verano es suficiente para el confort. No se necesita descender a los 20-21°C pues es un derroche de energía.
- En los meses más cálidos utilizar "mecanismos pasivos", como por ejemplo, la ventilación cruzada (corrientes de aire), la ventilación mecánica (ventiladores de techo) y la protección solar (persianas, cortinas, etc.). Estos mecanismos pasivos evitan derrochar energía eléctrica en los hogares y edificios, al rebajar la temperatura interior de las viviendas.
- Si es posible utilizarlo con otro equipo que posibilite que la temperatura de entrada del aire o del agua a la bomba sea estable (geotermia, energía solar...).

Teniendo en cuenta todo esto, el equipo más eficiente y desde nuestro punto de vista más recomendable como equipo de refrigeración es la bomba de calor aire-agua, ya que además este equipo puede dar cobertura a las principales demandas de la vivienda (calefacción, refrigeración y ACS).

Como unidades terminales para esta configuración serían los fan-coil y conductos de fibra hacia las estancias, aprovechando esta configuración tanto para verano como para invierno, aún no siendo el sistema más confortable.

4.2. Enfriamiento evaporativo.

Los equipos de enfriamiento evaporativo son instalaciones que ponen en contacto una corriente de aire con otra de agua para disminuir la temperatura del aire aprovechando la energía absorbida por el agua en su proceso de evaporación. El funcionamiento de estas instalaciones está basado en la evaporación parcial del agua en contacto directo con la corriente de aire. Con este fenómeno se consiguen dos efectos, refrigerar el aire y humidificarlo.

Hay varios tipos de instalaciones de enfriamiento evaporativo. Desde el punto de vista del uso del agua podemos considerar una primera clasificación:

- Equipos sin recirculación de agua (de agua perdida).
- Equipos con recirculación de agua.

Considerando la forma en la que el sistema pone en contacto el agua con el aire deberíamos considerar dos tipos de sistemas:

- Contacto con superficie húmeda por agua vertida.
- Agua pulverizada mediante boquillas.

Por su importancia y posible implementación en viviendas vamos a centrarnos en los equipos con recirculación de agua y en contacto con superficie húmeda por agua vertida.

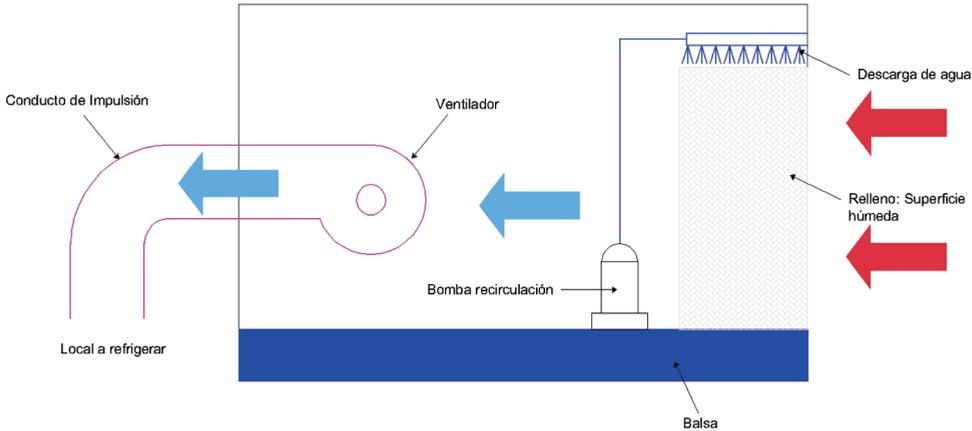
Estos equipos están constituidos por una carcasa en cuyas paredes se disponen unos paneles de material poroso (relleno), habitualmente virutas de madera tratada, celulosa o en los equipos más sofisticados, paneles de fibra de vidrio. La base del equipo actúa a modo de balsa de almacenamiento de una pequeña cantidad de agua que recircula constantemente mediante una bomba que vierte el agua sobre el material poroso de las paredes y lo recoge de nuevo de la balsa.

En el interior de la carcasa se dispone un ventilador cuyo efecto de succión impulsa el aire exterior cálido a través de los paneles porosos empapados, evaporando una cierta cantidad de agua y consiguiendo una ligera refrigeración del aire que finalmente se introduce en el área a climatizar.

El agua evaporada reduce la cantidad de agua circulante en el equipo y ésta se repone mediante un sistema de boya y grifo de agua de renovación.

Es muy importante clarificar en este apartado que estos equipos no están diseñados para producir pulverización de agua en ningún punto del sistema, y por tanto, el riesgo de transmisión de Legionella es prácticamente nulo. Existe una remota posibilidad de arrastre de gotas en caso de que las superficies de relleno se encuentren deterioradas o en el caso de que los ventiladores introduzcan un flujo de aire excesivo y por tanto la velocidad del aire pueda transportar las gotas.

Por otra parte, las temperaturas que suele alcanzar el agua son normalmente bajas, las propias del agua de red. No se suele producir un calentamiento del agua excesivo, ya que la renovación de la balsa suele ser elevada, excepto en casos en los que el equipo haya estado parado durante un periodo de tiempo elevado y especialmente si se encuentra directamente expuesto al sol. Es innegable por otra parte, que estos equipos ponen en



43. Esquema funcionamiento enfriador evaporativo.
Fuente: Elaboración propia.

contacto una superficie húmeda con la corriente de aire introducida directamente en los espacios interiores, y por tanto, deben ser equipos sometidos a un mantenimiento muy estricto por la posible proliferación de hongos o bacterias, pero es muy improbable que se conviertan en foco de transmisión de Legionella.

Ventajas.

- Eficiencia y Ahorro energético. El consumo energético de la bomba y el ventilador es menor que el consumo que se produciría si se utilizara una bomba de calor.
- La inversión que se debe realizar para la instalación del enfriador es reducida.
- Poco impacto medioambiental.
- Debido a la recirculación del agua, sólo se consumirá el agua necesaria para compensar las purgas que son necesarias para eliminar el agua caliente producida durante el funcionamiento.
- Reducido impacto acústico, porque el único elemento que producirá ruido será el ventilador.

Inconvenientes.

- No poder usarse en lugares que tienen un elevado nivel de humedad relativa durante las horas de más calor, ya que no será posible humidificar mucho más el aire de entrada.
- Si las condiciones exteriores de temperatura son elevadas, no se logrará alcanzar una temperatura de confort (aunque disminuya considerablemente la temperatura interior).
- El principal inconveniente, se encontraría en las instalaciones grandes, donde se debe tener especial cuidado en el mantenimiento de los sistemas para evitar la proliferación de la legionella.

Recomendaciones.

- Abrir ventanas para que se produzca una corriente de aire que mueva el aire frío por toda la vivienda.
- Realizar un correcto mantenimiento para que el enfriador funcione correcta-

- mente, es decir, que disponga del agua suficiente, que las almohadillas permanezcan húmedas y sin áreas secas.
- Sería conveniente resguardar el enfriador, para evitar en la medida de lo posible su calentamiento.

4.3. Frío solar.

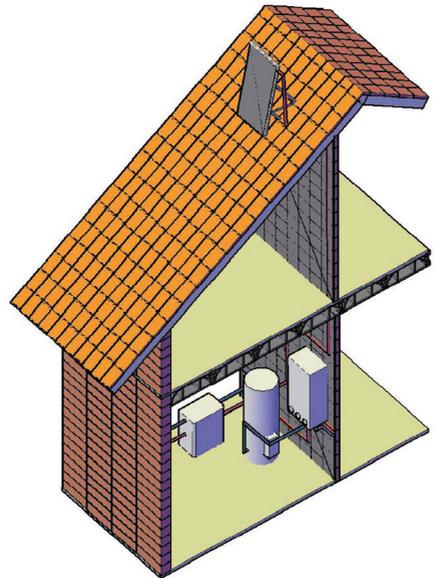
Una alternativa sostenible son los sistemas de “frío solar” que aprovechan el calor del sol para enfriar la vivienda, algo muy propicio en climas como el extremeño. Los sistemas basados en la energía solar térmica extraen mayor rendimiento de las instalaciones durante el verano y sería la aplicación que mejor adapta la oferta con la demanda (enfriar la vivienda cuando más energía solar tenemos).

La tecnología utilizada en estos sistemas, la refrigeración por absorción, se basa en la capacidad de absorber calor de ciertos pares de sustancias, como el agua y el bromuro de litio o el agua y el amoníaco. Su funcionamiento se basa en las reacciones físico-químicas entre un refrigerante y un absorbente, accionadas por energía térmica (que en el caso de la energía solar) es agua caliente:

1. Cuando un fluido se evapora absorbe calor y cuando se condensa cede calor.
2. La temperatura de ebullición de un líquido varía en función de la presión, es decir, a medida que baja la presión, baja la temperatura de ebullición.
3. Hay establecidas parejas de productos químicos que tienen cierta afinidad a la hora de disolverse el uno al otro.

En un ciclo convencional de refrigeración con compresor mecánico, el fluido refrigerante en estado líquido fluye por el evaporador, el medio a enfriar cede calor bajando su temperatura, mientras que el refrigerante se evapora. El vapor a baja presión pasa al compresor incrementando su presión y por tanto aumentado su temperatura de ebullición, hasta un punto en el que el vapor se licua cediendo al foco caliente el calor de condensación (el calor se cede al ambiente a través del condensador). El líquido refrigerante va desde el condensador a un elemento de expansión en la que su presión y temperatura se reducen a las del evaporador, volviendo a vaporizarse el líquido, completándose el ciclo.

Si sustituimos el compresor mecánico del ciclo de refrigeración anterior por un compre-



44. Instalación de frío solar en vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

sor térmico compuesto por un absorbedor y un generador, también denominado concentrador obtenemos un ciclo de refrigeración por absorción.

En el ciclo con agua y bromuro de litio como refrigerante y absorbedor respectivamente, el vapor del refrigerante liberado en el evaporador se absorbe en la solución absorbente y esta se diluye. Para recuperar el refrigerante y reconcentrar la solución, ésta se bombea al generador (concentrador) donde mediante el aporte de calor (por ejemplo energía solar) se libera el refrigerante por destilación. La solución concentrada se envía al absorbedor para volver a absorber refrigerante. El vapor refrigerante liberado en el generador a mayor presión y temperatura pasa al condensador.

Ventajas.

- Con este sistema se atienden todas las demandas de una vivienda (calefacción, refrigeración ACS).
- Más respetuosas con el medioambiente que los sistemas tradicionales de climatización, ya que no utilizan CFC.
- Bajo coste de operación comparado con los enfriadores convencionales que utilizan energía eléctrica para alimentar al ventilador y el compresor (disminución del coste del 20-23%).

Inconvenientes.

- En la actualidad esta tecnología es cara comparada con otras existentes.
- Estas máquinas tienen un COP (frío producido / energía consumida) de 0.6 - 0.7, bajo. No existe consumo de energía eléctrica sino térmica.
- Falta de disponibilidad comercial de máquinas de absorción apropiadas para aplicaciones solares (alimentadas por agua) en el rango de potencias relevantes para las aplicaciones de climatización en el sector de la edificación.
- Carencia de concienciación por parte de los usuarios potenciales.
- Poco conocimiento de su funcionamiento, lo que conlleva un temor para su utilización.
- Dependencia de la torre de refrigeración para disipar la energía residual de las máquinas de absorción.

Recomendaciones.

- Agregar un sistema de automatización central para la operación adecuada del sistema.
- Prevenir que el porcentaje de la solución en el absorbedor se eleve demasiado y produzca cristalización.
- Purgar los gases no condensables para mantener los niveles de vacío.
- Prever una instalación auxiliar que se active cuando haya un corte del suministro eléctrico para de esta forma evitar la cristalización.
- Tener en cuenta las distancias mínimas de seguridad especificadas por el fabricante a la hora de posicionar el equipo, para poder realizar de esta forma un adecuado mantenimiento.
- En el caso de ser necesarios varios equipos de absorción para satisfacer la demanda, ubicarlos de tal forma que exista suficiente flujo de aire a los ventiladores y se evite la recirculación del aire de un equipo hacia otro, disminuyendo de esta forma el rendimiento.

5. Ventilación.

El Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, añade una sección HE-0 en la que se limita el consumo final de energía primaria y se modifican el resto de documentos, poniendo de manifiesto que diseñar el edificio con un adecuado Sistema de Ventilación Eficiente, es una de las estrategias de mayor beneficio y menor coste.

Hay que tratar de proponer soluciones de ventilación, para proyectos de obra nueva y rehabilitación, que ayuden a disminuir el consumo energético y mejorar la demanda energética de las viviendas.

Los materiales de los cerramientos son más o menos permeables al paso del vapor de agua pero no al paso del aire. Es decir, los cerramientos y ventanas de los edificios no permiten que pase el caudal mínimo necesario para garantizar una buena ventilación de los edificios, aún cuando se empleen supuestos materiales "transpirables". Por ello, la normativa española exige unos caudales mínimos de ventilación.

El Nuevo Código Técnico de la Edificación, en concreto el Documento básico de Salubridad HS-3: Calidad del aire interior, tiene por objeto en el Requisito básico de "Higiene, salud y protección del medio ambiente", garantizar la salubridad, confort e higiene de las personas que habitan en el interior de la vivienda, además de evitar la acumulación de humedad, evitando así el deterioro de los edificios.

La ventilación es necesaria para proporcionar a los ocupantes de los edificios, un ambiente interior saludable y confortable. La principal tarea de la ventilación es la de eliminar el aire interior contaminado de un edificio y reemplazarlo por aire fresco del exterior.

Los edificios necesitan unas zonas de entrada de aire exterior de ventilación (zonas de admisión) y otras zonas de salida de aire interior viciado (zonas de extracción).

Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica, de forma que aporte un caudal suficiente de aire exterior (admisión) y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes. El aire debe circular desde las zonas secas a las húmedas, para ello los comedores, los dormitorios y las salas deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción, las particiones situadas entre las zonas de admisión y las zonas con extracción deben disponer de aberturas de paso.

TIPOS DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN PARA VIVIENDAS.

Estos sistema de ventilación, pueden aplicarse tanto en viviendas unifamiliares como en viviendas colectivas, siendo válidos todos los sistemas para todos los tipos de viviendas. La única diferencia entre un sistema individual y otro colectivo está en el control de la ventilación.

Queda claro que en el sistema individual, uno mismo controla la ventilación de su vivienda con el respectivo control energético de dicha vivienda. En los sistemas colectivos

se deja el control de la ventilación en sistemas automáticos comunitarios, por lo que el control energético de cada vivienda particular en mano de la comunidad de vecinos.

Los elementos habituales que podemos encontrar en una instalación de ventilación son:

- Los sistemas de impulsión de aire, habitualmente ventiladores;
- Los sistemas de conducción (conductos o plenums);
- Elementos de difusión, rejillas, aireadores, etc.;
- Sistemas de regulación (compuertas reguladoras de flujo, contra incendios, etc);
- Sistemas de control, unidades programables, sensores, etc.

En el caso de ventilación de viviendas se deben tener en cuenta estas recomendaciones a la hora de proyectarla, independientemente del sistema utilizado:

- Los orificios de entrada de aire deben ser suficientes. Para que la ventilación sea efectiva se debe aportar aire a través de una o varias aberturas del local o vivienda, de tal forma que la suma de cada uno de los recorridos realizados por el aire de cómo resultado, que todas las zonas han sido ventiladas. A menudo, no se prevén suficientes aberturas de aportación de aire (admisión), provocando que la ventilación sea deficiente y el ventilador tendrá que trabajar prácticamente en vacío con el consiguiente incremento del nivel de ruido. Una mala ventilación, de la vivienda falseará los datos de consumo de energía, ya que la disminución del consumo se ha producido por existir una mala ventilación.
- Es recomendable situar los orificios de admisión y expulsión del aire a la distancia adecuada. Si se colocan las entradas y salidas del aire, muy próximas, no se conseguirá ventilar todo el local, ya que el recorrido del aire será corto. Se crearán por tanto zonas no ventiladas, que es precisamente lo que hay que evitar. Se está consumiendo energía en los ventiladores y no se está consiguiendo el objetivo de ventilar adecuadamente la vivienda.
- No es recomendable proyectar la instalación de tubos de extracción a través de SHUNT debido a que pueden existir obstáculos imprevistos que impidan la colocación del tubo, aparte de las posibles molestias que pueden provocar a los vecinos, ya que estos SHUNT pueden comunicar con las viviendas.

Por supuesto, es un error utilizar el SHUNT sin tubo, ya que aparte de las molestias que se pueden ocasionar, pueden existir obstáculos que generen pérdidas de carga que hagan ineficiente la extracción.

5.1. Sistema de ventilación mecánica controlada simple (V.M.C.S.).

Este sistema se basa en la extracción de aire a través de un extractor con motor eléctrico, y la entrada de aire a través de rejillas de entrada por depresión, situadas en la fachada. La extracción de aire contaminado será permanente, realizando un circuito de barri-

do por la vivienda, que consiste en efectuar la entrada de aire desde las estancias de menos actividad, dormitorios y comedor, y realizar la extracción desde las zonas más húmedas como son baños y cocinas. Este sistema puede tener dos tipos de control de la ventilación:

Control autorregulable: el sistema consiste en mantener un caudal constante y permanente en todas las zonas de la vivienda.

Control higrorregulable: el sistema consiste en ventilar con un caudal variable, en función de la tasa de humedad que existe en la zona donde se sitúa el sensor de humedad.

Ventajas.

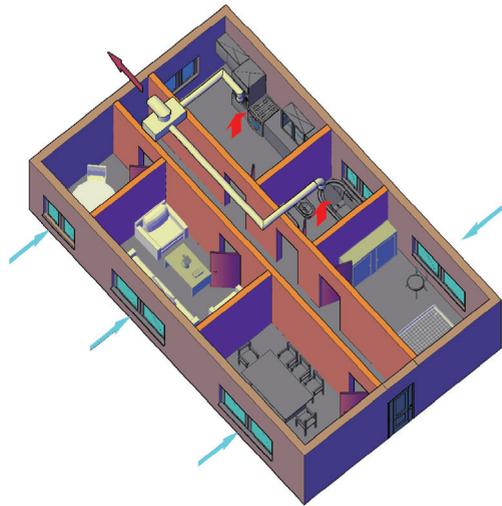
- Facilidad de montaje en comparación con el resto de sistemas de ventilación por lo que se reducirán los costes de montaje y el plazo de ejecución de la obra.
- Menor repercusión de carga sobre forjado comparado con otras soluciones existentes en el mercado.
- Permite el control de rango de ventilación para cada vivienda de forma independiente.

Inconvenientes.

- No se recupera nada de la energía del aire extraído.
- Difícil de alcanzar el confort óptimo en términos de calidad de aire, insonorización y ahorro de energía.

Recomendaciones.

- Usar la ventilación mecánica simple higrorregulable (el sistema se adapta a las necesidades de ventilación en cada momento, obteniendo una mejor relación ganancia térmica / inversión).
- Es recomendable el uso de ductos rígidos en la mayor parte de la instalación, minimizando codos y asegurando que el recorrido de los ductos es tal que se minimizan las pérdidas de carga.
- En el diseño de la ventilación tener en cuenta que el aire húmedo puede condensar en los conductos de la ventilación, por lo que habrá que diseñar una pendiente horizontal hacia la parte contraria a la que se encuentre el ventilador y en el caso de tubos verticales, colocar dispositivos que atrapen y eliminen el agua condensada y no alcance a los ventiladores.



45. Sistema V.M.C.S. en vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

5.2. Sistema de ventilación híbrida (V.H.).

Este sistema se basa en la extracción de aire de forma natural, cuando las condiciones de viento exterior son favorables, y cuando son desfavorables entra en funcionamiento el extractor con motor eléctrico, para garantizar la extracción mínima necesaria.

La puesta en marcha del extractor eléctrico se realiza mediante sensores de control de viento, especialmente diseñados para esta aplicación.

Ventajas.

- Extracción de alto rendimiento en todo momento.
- Menor consumo energético que la V.M.C.S. ya que se beneficia de las condiciones naturales para no estar el extractor funcionando constantemente.
- Niveles de ruido significativamente inferiores que los extractores forzados axiales.

Inconvenientes.

- Se debe tomar como base de diseño, el sistema funcionando por ventilación natural y con las mínimas pérdidas de carga posible, lo que redundará en que las secciones de los conductos sean mayores que para una ventilación forzada.
- La ejecución de este sistema es más complejo que el sistema de ventilación mecánica y al depender de las condiciones climatológicas, será difícil determinar el consumo energético de la extracción mecánica.

Recomendaciones.

- Valorar si la dificultad de ejecución respecto a la V.M.C.S., compensa los ahorros energéticos que se consiguen.
- Mismas recomendaciones que en el caso de la V.M.C.S. respecto a los tubos más recomendables a utilizar y respecto al drenaje de los condensados.

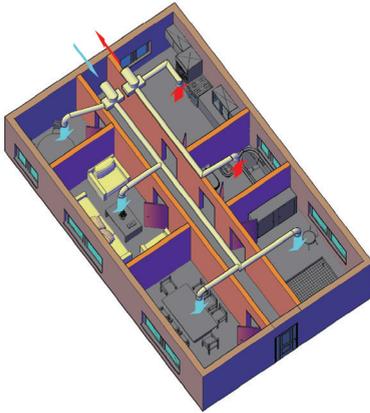
5.3. Sistema de ventilación mecánica controlada doble (V.M.C.D.).

Este sistema se basa en la extracción y admisión de aire exterior a través de un extractor con motor eléctrico, no siendo necesario la instalación de entradas de aire naturales (aireadores, rejillas al exterior de la vivienda,...).

Se puede utilizar un extractor para extracción y otro para la admisión o utilizar una central de aire para realizar simultáneamente la extracción y la admisión de aire.

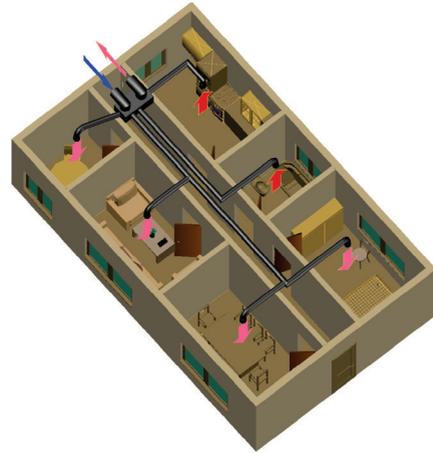
La extracción de aire contaminado será permanente, realizando un circuito de barrido por la vivienda, que consiste en efectuar la impulsión del aire exterior en las estancias de menos actividad, dormitorios y comedor, y realizar la extracción del aire interior hacia el exterior desde las zonas más húmedas como son baños y cocinas.

Este sistema permite, intercalar un recuperador de calor y cruzar los flujos de entrada y salida de aire sin que entren en contacto, recuperando así parte de la temperatura del



46. Sistema V.M.C.D. sin recuperación de calor en vivienda.

Fuente: Elaboración propia.



47. Sistema V.M.C.D. con recuperación de calor en vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

aire de salida y traspasándola al flujo del aire de entrada. De esta manera se obtiene un importante ahorro energético.

Tiene los mismos tipos de control de la ventilación que en el caso de la VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA SIMPLE (V.M.C.S).

Ventajas.

- Cumplimiento absoluto de las exigencias del CTE.
- Posibilidad de aprovechamiento de la energía contenida en forma de calor en el aire de extracción. De esta manera se reduce las exigencias de climatización de la vivienda.
- Regulación de los caudales de admisión y de extracción de aire, consiguiendo de esta manera la mayor eficiencia energética.
- Garantiza las condiciones de máximo confort con el mínimo consumo de energía.
- Regulación indirecta de los contenidos de humedad del aire interior debido a la constante renovación de dicho aire. Esto evita posibles condensaciones no deseadas.
- Ahorro energético al poder controlar la ventilación en invierno sin necesidad de abrir las ventanas.

Inconvenientes.

- Mayor coste de operación que los otros sistemas de ventilación.
- Se necesita una mayor inversión económica debido a que se necesitan colocar mayor longitud de conductos, mayor número de sistemas de difusión y tiene una mayor complejidad del sistema de control que en los dos sistemas anteriores.

Recomendaciones.

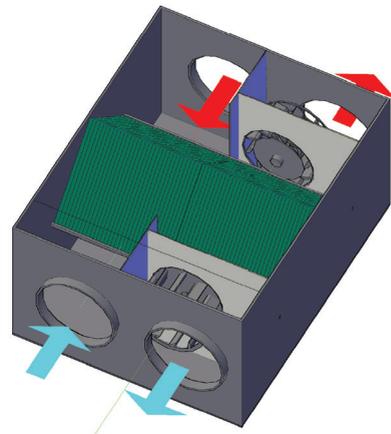
- Extracción por baños y cocinas (zonas de mayor presión) e impulsión por los diferentes espacios de estar y habitaciones (zonas de menor presión).

- El sistema puede trabajar como “free - cooling” en verano y épocas calurosas del año, dejando entrar el aire sin realizar el proceso de intercambio de calor mediante un by-pass abierto controlado por el usuario.
- Para cada local se deberá conocer el caudal nominal del aire impulsado y extraído previsto en proyecto o en la memoria técnica, así como el número, tipo y ubicación de las unidades de impulsión y retorno.
- Instalar el sistema de ventilación con sistema de recuperación de energía (recuperador entálpico, free cooling) para disminuir los consumos energéticos de la ventilación.
- Mismas recomendaciones para los tubos y evacuación de condensados que en el caso anterior.

5.4. Recuperador entálpico.

Es un intercambiador de calor (normalmente de placas) que se conecta a la instalación de ventilación. Se produce un flujo cruzado entre las corrientes de aire de entrada y salida del local consiguiendo un intercambio térmico entre ellas, de este modo aprovechamos la energía que ya hemos introducido en el sistema con la climatización.

En invierno, calienta el aire del exterior que se introduce en la estancia, aprovechando la energía térmica que ya tenía el aire del local que se está extrayendo del local. En verano, evidentemente, el proceso es inverso, el aire caliente que se introduce del exterior intercambia calor con el que se extrae del local que está frío, de este modo se gasta menos energía y se mantiene una ventilación adecuada para el local.



48. Detalle de recuperador entálpico.
Fuente: Elaboración propia.

Ventajas.

- Reducción del consumo de energía en climatización.

Inconvenientes.

- Se requiere una inversión inicial para el caso de recuperadores entálpicos para viviendas.
- Aumento del consumo eléctrico, ya que el recuperador dispone de dos ventiladores de entre 100 – 600 W cada uno.

Recomendaciones.

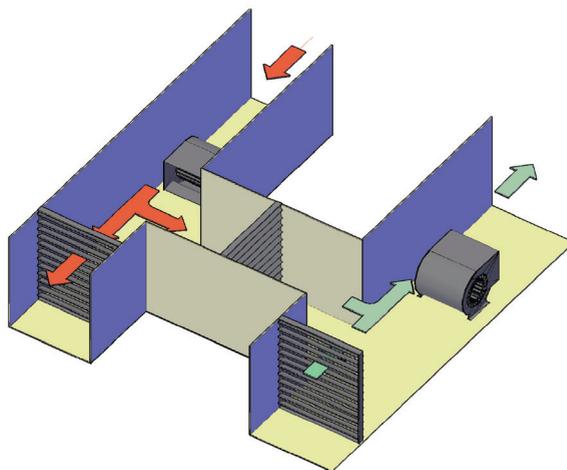
Es interesante utilizar la recuperación de calor cuando exista:

- Es recomendable su instalación cuando haya grandes caudales y tiempos de utilización.

- Cuando exista una gran diferencia de temperaturas entre el interior de la vivienda y el exterior.
- Se debe prever el adecuado aislamiento de los conductos, cuando atraviesan áreas no acondicionadas, para evitar que se produzcan condensaciones en el exterior de los mismos, dando lugar a posibles humedades en techos y mejorar la eficiencia energética.
- Las unidades terminales interiores se deben colocar tan lejos de las puertas como sea posible.

5.5. Free cooling.

Refrigeración gratis o free-cooling: es un sistema que nos permite ventilar y climatizar sin aportar energía (o dinero). El sistema aprovecha las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de manera que cuando las condiciones exteriores son mejores (más cercanas a los parámetros de confort térmico) que las del interior se introduce aire del exterior directamente sin pasar por la unidad de tratamiento; será aire gratis en condiciones térmicas adecuadas.



49. Detalle de funcionamiento free – cooling.
Fuente: Elaboración propia.

En el esquema anterior se detalla el procedimiento usual para llevarlo a cabo, contando el sistema con un ventilador en la línea de retorno, que puede canalizar dicho aire eliminándolo hacia el exterior o recirculándolo hacia la unidad de tratamiento de aire.

La regulación de las proporciones de aire se realiza mediante un juego de apertura y cierre de tres persianas modulantes sincronizadas automáticamente, comandadas por un controlador con un sensor exterior e interior.

La utilización conjunta o por separado del free cooling y de los recuperadores entálpicos produce ahorros energéticos apreciables y además el gasto extra de inversión inicial de este tipo de instalaciones se amortiza económicamente de forma rápida.

Ventajas.

- Reducción del consumo de energía de funcionamiento al no utilizar el sistema de climatización.

Inconvenientes.

- Elevado costes de los equipos.

- Puede ser que el ahorro energético que se prevé conseguir no compense el consumo eléctrico que se produce con su instalación. Habría que realizar un estudio previo para garantizar que su instalación es conveniente.

Recomendaciones.

- El mantenimiento de la limpieza de los filtros es muy importante debido a que el caudal circulante de aire exterior es mucho mayor que en los sistemas convencionales.
- Utilizar en lugares que demanden refrigeración durante muchas horas al día.

6. Iluminación.

La iluminación representa un papel fundamental en la vida cotidiana: actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado mucho de manera que en la actualidad los sistemas de alumbrado son capaces de adaptarse a mayores exigencias de calidad y pueden generar la misma cantidad de iluminación con menores consumos de energía.

La sección HE-3 del Código Técnico de la Edificación establece como exigencia básica que los edificios, tanto los nuevos como los que se reformen, dispongan de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente. Para ello la eficiencia energética del sistema de iluminación no deberá superar un valor límite y deberá contar también con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

6.1. Aprovechamiento de la luz natural para iluminación.

Debido al potencial aprovechamiento de la luz natural en los edificios para la iluminación de los mismos deben considerarse diferentes aspectos para el diseño óptimo de la instalación de iluminación artificial de manera que se haga lo más eficiente y se aproveche al máximo la natural.

Las consideraciones a tener en cuenta se basan en criterios de eficiencia energética, ergonomía ambiental y los correspondientes criterios de calidad, destacando todas las fases del Proyecto: diseño, selección de equipos, mecanismos de gestión y control y operaciones de mantenimiento.

Una planificación y diseño apropiados en esta primera etapa pueden producir un edificio más eficiente energéticamente y también lumínicamente.

Ventajas:

- Además de crear un ambiente agradable, el aprovechamiento de la luz natural permite una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, por tanto, un ahorro sustancial de energía, ya que en determinados momentos, y con un buen diseño, permite reducir el uso de iluminación artificial. La presencia de luz natural depende de la profundidad de la habitación, el tamaño y localización de las ventanas y techos, el sistema de acristalamiento y cualquier obstrucción externa. Normalmente estos factores se fijan en la etapa inicial de diseño del edificio inicial se amortiza en muy poco tiempo.

Inconvenientes.

- Si no se ponen otros medios el aumento de la iluminación natural, puede provocar que se aumenten las demandas energéticas, por ejemplo, de refrigeración en verano.

Recomendaciones.

- Diseñar la iluminación, para que un alto porcentaje corresponda a la iluminación natural.
- Utilizar sensores automáticos localizados de tal manera que la zona iluminada controlada experimente unos niveles de iluminación uniforme. Además, los niveles de luz eléctrica cerca de las ventanas deberán ser menores que en localizaciones interiores.
- Sustituir los antiguos tubos fluorescentes T12, T10 por tubos T8 con balastos electrónicos. El consumo energético se reduce un 40% y se aumenta el rendimiento de color. No es necesario el cambio de la luminaria.
- Los tubos T5 son un 10% más eficientes que los T8, pero habrá que sustituir o adaptar la luminaria, porque los tubos T5 son más cortos que los T8, además será necesario cambiar los balastos. Se puede evitar cambiar los balastos y las luminarias, utilizando un balastro quasi-electrónico al final de uno de los extremos del tubo T5 o en el interior de la luminaria, para así adaptar directamente los tubos T5 en lugar de los T8 o T12.

6.2. Sustitución por lámparas de mayor eficiencia.

Los criterios de eficiencia energética que se deben tener en cuenta en el diseño a la hora de realizar el proyecto de iluminación de una vivienda para conseguir una alta eficiencia energética son los siguientes:

- Seleccionar fuentes de luz de alta eficacia luminosa.
- Seleccionar balastos que tengan pérdidas de energía bajas.
- Luminarias con altos porcentajes de salida de luz.
- Las superficies de las habitaciones con alta reflectancia.
- Óptima altura de montaje.

Sin embargo estos criterios de eficiencia energética interaccionan con otros criterios que afectan a la iluminación que habrán de tenerse en cuenta (color de la luz, rendimiento del color,...) a la hora de seleccionar el método más apropiado de iluminación.

Los tipos de lámparas más utilizadas tradicionalmente en las viviendas son las lámparas incandescentes, halógenas y tubos fluorescentes compactos. Estas lámparas son ineficientes energéticamente, sobre todo, las dos primeras.

En la actualidad existen otros tipos de lámparas más eficientes:

- Tubos fluorescentes de alta eficiencia (Tipo T5).
- Lámparas fluorescentes compactas.
- Diodos emisores de luz (LED).

A la hora de seleccionar el tipo de lámpara se tendrán en cuenta dos factores:

- La eficacia de la lámpara (lúmenes emitidos/W consumidos).
- El mantenimiento del grado de iluminación a lo largo del tiempo, es decir, el grado de depreciación de la lámpara a lo largo de la vida de la misma.

Ventajas:

- Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.
- Los sistemas de alumbrado de alta eficiencia energética se han adaptado a las exigencias normativas y de calidad actuales y a su vez, son más eficientes energéticamente.
- Gracias a iluminación eficiente, como los leds o microleds, se alcanzan ahorros asociados a la instalación de iluminación artificial de hasta el 93%.
- Existe un potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control respecto de la luz natural adecuados a las necesidades del local a iluminar.
- Aunque son más caras, las lámparas de alta eficiencia existentes en la actualidad, debido a su bajo consumo y a su mayor duración la inversión inicial se amortiza en poco tiempo. Las lámparas de alta eficiencia, tienen balastos de menor potencia y emiten menor cantidad de calor, lo que repercutirá también en un ahorro en refrigeración.

Inconvenientes.

- Mayor coste de inversión inicial.
- En las lámparas de alta eficiencia en el que se necesiten balastos para el arranque, habrá que sustituirlos por otros o eliminarlos, antes de la colocación de las nuevas lámparas.
- También será necesario cambiar los reguladores de intensidad, para que puedan ser utilizados con lámparas led.

Recomendaciones.

- Utilizar balastos electrónicos en lugar de electromagnéticos.
- Las lámparas fluorescentes compactas son excelentes sustitutos de las lámparas incandescentes y halógenas, porque son más eficientes, tienen un buen rendimiento de color y tienen una mayor vida útil.
- Seleccionar la luminaria que tenga un alto factor de utilización, es decir, que distribuya eficientemente los lúmenes generados por la lámpara en el plano de trabajo. Considerar además, que la luminaria dé una iluminación razonable, un mínimo deslumbramiento directo, reflejado y reflejos.
- Instalar luminarias tipo LED en aquellos lugares donde vaya a haber continuos encendidos y apagados o donde se vaya a instalar un regulador de intensidad.

En la siguiente tabla, se muestra un ejemplo de mejora del alumbrado interior de una vivienda al sustituir las lámparas. Esto supone reducir el consumo sin reducir la cantidad de luz, aumentando, por lo tanto, la eficiencia energética.

ANTES	AHORA	AHORRO ENERGÉTICO (%)
Lámpara incandescente	Lámpara de bajo consumo con igual intensidad de luz	Porcentaje de ahorro
40W	9W	82
60W	11W	82
75W	15W	80
100W	20W	80

Tabla 1. Equivalencia entre consumos para un mismo nivel de iluminación entre lámparas incandescentes y de bajo consumo.

6.3. Control de la iluminación.

El control de la iluminación permite consumir sólo la luz que se necesita y reducir el consumo eléctrico. En la actualidad, existen diversos sistemas que permiten realizar un control sobre la iluminación de la vivienda

Sistemas de control de la iluminación

Colocados en la instalación eléctrica, permiten adaptar el nivel de iluminación en función de las necesidades, ayudando a reducir el consumo y a conseguir un ambiente más agradable en el hogar

Algunos ejemplos de estos sistemas son:

Detectores de presencia: dispositivos que encienden o apagan las luces de una zona de la vivienda cuando detectan la presencia de personas.

Pulsadores temporizados: mecanismos que, una vez pulsados, mantienen encendido el alumbrado durante el tiempo programado, evitando dejar luces encendidas por olvido en habitaciones con escasa ocupación.

Reguladores de iluminación: mecanismos que permiten variar la intensidad de la luz de una lámpara, consiguiendo diferentes ambientes, según nuestra conveniencia y necesidades, desde la penumbra hasta la claridad máxima. De este modo, se racionaliza el consumo y se ahorra energía.

Obviamente el mayor ahorro en iluminación se obtiene apagando las luces que no se usen.

Ventajas:

- Además de los ahorros económicos, es necesario considerar las ventajas medioambientales que supone el empleo de sistemas de iluminación energéticamente eficientes.
- El uso de iluminación muy eficiente ayuda a reducir la dependencia energética

exterior, reduce los costes económicos asociados al consumo de energía y reduce las emisiones contaminantes.

Inconvenientes.

- Mayor coste de inversión inicial.
- Mantenimiento más costoso.

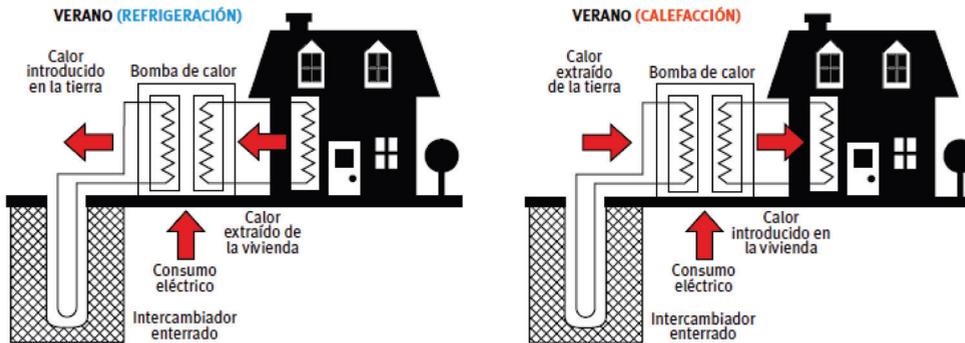
Recomendaciones

- Utilizar siempre que sea posible regulares de iluminación, ya que adaptarán el consumo eléctrico a las necesidades reales que se tengan en cada una de las dependencias.
- Los reguladores de iluminación combinados con detectores de presencia y con lámparas de alta eficiencia son las soluciones ideales para disminuir al máximo el consumo energético, aunque también es la más costosa a corto plazo.
- Seleccionar lámparas de marcas que aseguren el funcionamiento de las mismas durante el período de vida útil.

7. Otras instalaciones.

7.1. Geotermia de baja temperatura. Bomba de calor tierra – agua.

El equipo principal de esta instalación es la bomba de calor tierra-agua. Este sistema consiste en aprovechar la inercia térmica del terreno y su temperatura constante (a partir de 10 m está en un rango aproximado de 10°C) para, mediante agua canalizada en tuberías de ida y retorno en circuito cerrado, aportar dicha energía haciendo circular directamente esa agua por los elementos constructivos del edificio o bien utilizándola para optimizar el rendimiento de una bomba de calor. Esta segunda opción es la más interesante, y el principio en el que se basa la bomba de calor geotérmica.



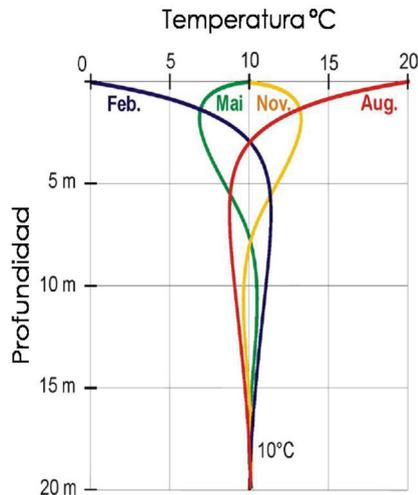
50. Funcionamiento instalación geotérmica en verano e invierno.

Fuente: Certificados energéticos.com.

La energía geotérmica se obtiene gracias a que en cualquier punto de la superficie del planeta se puede captar y aprovechar el calor almacenado en las capas superficiales del subsuelo para la climatización de edificios con bombas de calor geotérmicas. Esto es debido a que la temperatura del terreno permanece prácticamente constante durante todo el año a una profundidad de unos 15 metros.

Si nos fijamos en el gráfico adjunto, para diferentes épocas del año, la temperatura del terreno tiende a ser constante (10°C) a 10 metros de profundidad.

El color Azul corresponde al invierno (0°C exteriores), y a medida que profundizamos la temperatura va aumentando, hasta alcanzar un valor de 10°C.



51. Gráfica de temperatura del terreno según profundidad.

Fuente: Pilosur.

El color Rojo corresponde a la época de verano (20°C exteriores), donde ocurre lo contrario. A medida que profundizamos, la temperatura desciende hasta alcanzar un valor de 10°C.

Por debajo de 20 metros, la temperatura aumenta a razón de unos 3°C por cada 100 metros de profundidad, debido al gradiente geotérmico. Es decir, que a medida que se profundiza, mayor importancia adquiere la energía procedente del interior de la tierra y menos la procedente del sol. No obstante, en las primeras decenas de metros, el sol es una auténtica fuente de energía, que no solo calienta la corteza terrestre, sino que calienta toda la atmósfera, y por consiguiente el agua de lluvia que se convierte en un aporte extra de energía al terreno.

Ventajas:

- Las bombas de calor geotérmicas agua - agua disponen de una temperatura de entrada constante durante todo el año (la del terreno), por lo que el rendimiento de la bomba de calor geotérmica no depende de las condiciones exteriores, ya que está absorbiendo o cediendo energía, siempre a la misma temperatura.
- Son más eficientes que las bombas de calor aire - aire o aire - agua, porque el calor específico del agua es mayor que el del aire y además la temperatura del aire exterior es mayor en verano que la de la tierra y menor en invierno que la de la misma, por lo que tendremos que enfriar un aire más caliente en verano y calentar un aire más frío en invierno que en el caso de la bomba tierra - agua.
- La bomba de calor tierra - agua al contrario que la de aire - aire o aire - agua, no necesita ser descargada.

Por lo tanto, la conclusión es que la bomba de calor geotérmica agua-agua es uno de los equipos de transferencia térmica más eficientes del mercado. Únicamente tendremos el consumo de la bomba de circulación del fluido caloportador (agua con anticongelante) y el compresor. Estos equipos han experimentado en los últimos años una gran evolución, obteniéndose rendimientos COP de hasta 5 y EER de 3,5, por lo que su rendimiento puede variar entre 300% - 500%.

Estaríamos hablando, por lo tanto, de Equipos de Clase A.

Inconvenientes.

- Necesario realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto.
- Coste inicial elevado, sobre todo en el caso de captación vertical.
- Periodos de amortización medios oscilan entre los 5 y los 7 años.
- Difícil de realizar este sistema en caso de rehabilitación, por falta de espacio y por tratarse de una instalación de cierta complejidad.
- Las temperaturas límite de estas bombas suelen estar entre 50 y 55°C, por lo que se necesitará un equipo auxiliar para elevar la temperatura a 60°C y evitar así la legionella en el suministro de ACS.

Recomendaciones

- De los dos sistemas de captación enterrados existentes (horizontal y vertical), se recomienda el empleo de la captación vertical, ya que se pueden salvar canalizaciones enterradas y no influye el clima existente. Estas sondas deberán tener una profundidad de entre 25 y 150 m con unos diámetros de perforación de entre 10 a

15 cm. Además tienen una mayor eficiencia térmica, requieren menor longitud de tuberías y de energía de bombeo. Para evitar interferencias entre sondas horizontales de zanjas distintas, será recomendable separarlas al menos 3 m y 7 m para el caso de sondas verticales. En el caso de emplear sondas horizontales se recomienda que se coloquen como mínimo a una profundidad de como 20 m, porque a partir de esta profundidad la temperatura del terreno se mantiene constante.

- En caso de no tener que satisfacer grandes demandas energéticas y/o existan gran número de canalizaciones enterradas se optará por las captaciones horizontales.
- En obra nueva podría plantearse su ejecución desde proyecto ya que se trata de una instalación con un alto rendimiento y buenas ventajas tanto en ACS, como calefacción como refrigeración, ya que se trata de una bomba de calor agua-agua que utiliza la temperatura de la tierra mejorando su rendimiento con respecto a las bombas de calor convencionales, y por tanto, sería aplicable todo lo expuesto para las bombas de calor convencionales a lo que habría que sumar su alto rendimiento.
- En este tipo de bombas es recomendable seleccionar aquella que cumpla la demanda media de calefacción y cubrir los picos de demanda con otras instalaciones auxiliares.
- Cuanto menor sea la temperatura de salida a las unidades terminales, en el caso de calefacción, mayor será la eficiencia energética de la instalación.
- Es recomendable la instalación de un tanque de almacenamiento de agua, para evitar que la bomba arranque o pare con frecuencia y durante cortos períodos de tiempo.
- No suponer que hay suficiente terreno para un intercambiador horizontal. Hacer el cálculo de la longitud requerida.
- Seleccionar tuberías de polietileno de alta densidad para intercambiadores verticales y de alta o media densidad para intercambiadores horizontales, uniendo las tuberías con soldaduras térmicas (por ejemplo: electrofusión).

7.2. Geotermia de baja temperatura. Intercambiador de tierra – aire.

Este sistema de convección forzada toma aire exterior y distribuye la corriente captada a través de conductos embebidos en el terreno para atemperar la temperatura del aire que circula a su paso y que conecta con los sistemas de tratamiento de aire existentes en el interior de la vivienda. De este modo se consigue, no sólo ventilar, sino además aumentar el rendimiento de los equipos de climatización, ya que el aire de entrada a los mismos ya vendrá pretratado y supondrá un menor esfuerzo energético que deban aportar estos equipos.

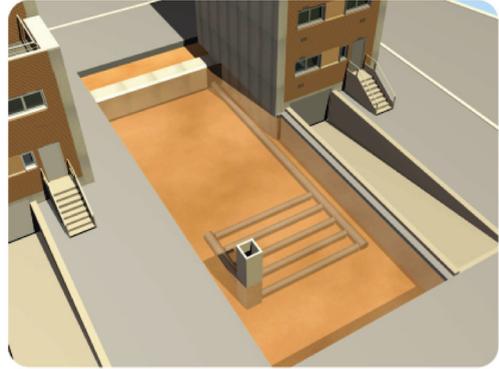
Ventajas:

- Ahorro energético y económico al atemperar la temperatura interior de la vivienda.
- Ahorro energético si se utiliza una bomba de calor aire – aire. Se precalienta o se preenfía el aire exterior, el primer caso en invierno y el segundo caso en verano

y de esta forma se consigue un mayor rendimiento de la bomba de calor. Además trabajará con una temperatura de aire de entrada más homogénea.

Inconvenientes.

- Necesario realizar un estudio de viabilidad económica del proyecto.
- Coste inicial elevado.
- Se necesita una gran superficie de terreno en el caso de que se opte por la configuración horizontal de las tuberías enterradas.
- El consumo energético del ventilador es menor que el de la bomba que se utilizaría si el intercambiador fuera tierra – agua.



52. Instalación geotérmica tierra – aire.
Fuente: EDEA – RENOV.

Recomendaciones.

- A la hora de proyectar una instalación de este tipo, es recomendable conocer las propiedades térmicas del terreno, para determinar la longitud del intercambiador de calor necesario para cumplir las demandas de calor necesarias.
- De los dos sistemas de captación enterrados existentes (horizontal y vertical), se recomienda el empleo de la captación vertical, ya que se pueden salvar canalizaciones enterradas y no influye el clima existente. Estas sondas deberán tener una profundidad de entre 25 y 150 m con unos diámetros de perforación de entre 10 a 15 cm. Además tienen una mayor eficiencia térmica, requieren menor longitud de tuberías y de energía de bombeo. Para evitar interferencias entre sondas horizontales de zanjas distintas, será recomendable separarlas al menos 3 m y 7 m para el caso de sondas verticales. No suponer que hay suficiente terreno para un intercambiador horizontal. Hacer el cálculo de la longitud requerida.
- Es recomendable la utilización de tubos de polipropileno o si se empleará en grandes instalaciones de hormigón.

7.3. Cogeneración.

Cogeneración es la producción simultánea de energía eléctrica y térmica a partir de un combustible, usualmente gas natural. Es decir, con estos equipos, podemos abastecer al mismo tiempo a un edificio con calor y electricidad.

A nivel de vivienda lo más interesante sería la **microcogeneración**.

La microcogeneración, se diferencia de la cogeneración industrial, no sólo en la capaci-

dad eléctrica instalada de los equipos, sino sobre todo en la modularidad de los mismos. El hecho de que se puedan instalar varios módulos compactos en paralelo, permite ajustarse a las variaciones de demanda de forma más flexible. Por lo tanto, en edificación, normalmente se emplearán equipos que corresponden a microgeneración o cogeneración a pequeña escala.

Actualmente existen varias tecnologías de funcionamiento, pero la más común, es la basada en motores de combustión interna, combustión externa tipo Stirling y las micro-turbinas.

Generación de Electricidad

Nos centraremos en el motor de combustión interna de 4 tiempos, ya que es el más habitual; este motor, basa su funcionamiento en el desplazamiento de un pistón a lo largo de un cilindro, transformando este movimiento en rotación de un eje que mueve el alternador. En la cogeneración, se utilizará como combustible gas natural o gases licuados del petróleo.

Generación de Calor

Como hemos visto, mediante los movimientos alternativos y lineales de los pistones se consigue el movimiento de giro de un eje, que mediante un alternador acoplado a dicho eje genera energía eléctrica, mientras que la energía térmica se obtiene de los gases de escape y del agua de refrigeración del motor. Ambas fuentes de calor se recuperan, para convertir toda la energía térmica posible en agua caliente para ser utilizada en calefacción, agua caliente sanitaria, o bien, como entrada a una máquina de absorción.

No obstante, debemos tener en cuenta una serie de factores para que esta estrategia sea económicamente viable.

1. Energía Térmica Aportada Respecto a una Caldera.

En un principio, pensaríamos en dimensionar el equipo con un aporte lo más alto posible de energía térmica. Sin embargo, esto no debe ser así. El calor aportado por el módulo de cogeneración, no debería sobrepasar el 20% de una caldera standard instalada para satisfacer la potencia total de la instalación.

Si la cantidad de calor aportado por el módulo de cogeneración es pequeña respecto a la demanda térmica total, nos aseguraremos de que el módulo trabaje un número elevado de horas. Un módulo parado o trabajando pocas horas, no es viable económicamente.

Por lo tanto, cuantas más horas trabaje un equipo de cogeneración, mayor será su viabilidad económica.

2. Demanda Continua de Simultaneidad de Producción de Calor y Electricidad.

Si no hay demanda térmica no se produce calor, y por lo tanto no hay generación eléctrica, y sin ella no hay ganancia. El número de horas de funcionamiento es vital para que el proyecto sea eficiente económicamente.

En la tabla se indica la viabilidad de un equipo de cogeneración, según las horas de funcionamiento al año.

Como orientación, indicar que la vida de un módulo es aproximadamente de 75.000 horas, equivalente a 15 años funcionando una media de 5.000 h/año.

Horas/año funcionamiento	Eficiencia del módulo CHP
2000	Muy improbable
3000	Improbable
4000	Posible
5000	Apropiado
6000	Muy apropiado

3. Precios de la Energía.

Un sistema de cogeneración, será económicamente viable cuando se incremente el ratio entre los precios específicos de la energía eléctrica y el gas natural.

La tabla, muestra una valoración aproximada de los costes respecto a la comparativa de precios de electricidad y del gas. Es recomendable revisar el tipo de tarifa, tanto de gas como de electricidad y confirmar el ratio entre los distintos suministros.

Ratio de precio de energía eléctrica respecto precio del gas	Costes de uso del módulo cogeneración CHP
1:1	Muy improbable
2:1	Improbable
3:1	Posible
4:1	Apropiado
5:1	Muy apropiado

Tabla 2. Eficiencia de la cogeneración según horas de funcionamiento y el ratio de precio de Energía Eléctrica.
Fuente: BOSCH

Ventajas:

- Alta eficiencia, ya que realiza un aprovechamiento óptimo de la totalidad de las fuentes de energía que entran en juego.
- Alternativa para edificios donde no se puede instalar energía solar térmica.
- Baja emisión de contaminante.
- Se pueden utilizar como suministros complementarios, en caso de falta de tensión.
- No es necesario gran espacio para la instalación de los módulos. Se tiende que el equipo ocupe un espacio parecido al ocupado por una caldera.
- Existen en la actualidad modelos de unidades de microgeneración que se adaptan bien a los parámetros de funcionamiento de las unidades terminales más utilizadas en la actualidad.

Inconvenientes:

- Se deben realizar estudios de viabilidad técnica y económica muy precisos.
- Inversión elevada.

- Alta frecuencia de mantenimiento del equipo.
- Períodos de retorno de la inversión elevados (entre 6 y 10 años).
- Niveles de ruido elevados. Se deberán implementar medidas acústicas dependiendo de la ubicación.
- Necesitan equipos auxiliares en caso de necesitar un calentamiento rápido de la vivienda, como por ejemplo después de períodos prolongados en los que la vivienda ha estado desocupada.

Recomendaciones.

- En general, se recomienda este sistema para las excepciones incluidas tanto en la instrucción IT 1.2.2 del RITE, como en el DB HE4 del CTE. Esto nos permite incluir la cogeneración en aquellos casos en que por razones arquitectónicas, singularidades, etc, no se pueda instalar energía solar térmica.

Por lo general sería recomendable en edificios donde se requiere una gran demanda térmica y eléctrica y en las que no se necesite una respuesta rápida para las necesidades de calefacción.

3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

3.1. Generalidades. Exigencias normativas y programas de simulación.

Con la entrada en vigor de la modificación del documento Básico DB-HE del Código Técnico de la Edificación a finales de 2013, los programas de simulación energética han pasado a tener una gran importancia. Las exigencias normativas establecen determinados valores de demandas energéticas y consumos de energía primaria no renovable que deben justificarse mediante una simulación energética.

En la actualidad hay multitud de programas informáticos que son de gran utilidad para desarrollar simulaciones energéticas y poder determinar el comportamiento que tienen los edificios, así como su consumo energético y demanda de energía. Algunos de los softwares más efectivos y cercanos a la realidad son DesignBuilder, Trnsys, etc. pero estos programas requieren el conocimiento en profundidad del software, de todos los procesos de transferencia de energía que se producen en los edificios, de la realidad climática del emplazamiento, de todos los elementos constructivos, las instalaciones térmicas del edificio, etc. además se requiere la introducción de multitud de datos (desconocidos en muchos casos) y los resultados alcanzados son difíciles de interpretar. Se trata pues, de programas muy válidos para llevar a cabo una investigación exhaustiva en materia de eficiencia energética edificatoria pero no siempre cuentan con una interfaz amigable y sencilla para el uso de la mayoría de los técnicos y no ofrecen la calificación energética de acuerdo a la normativa española.

Los programas informáticos de simulación reconocidos conjuntamente por los Ministerios de Fomento y de Industria, Energía y Turismo se encuentran disponibles para su descarga en las páginas de Eficiencia Energética del Ministerio de Industria, Energía y Turismo en el *Registro General de documentos reconocidos para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*.

Se distinguen dos procedimientos para la realización de la calificación energética de un edificio:

3.1.1. Procedimientos simplificados para la calificación energética de edificios.

PROGRAMA INFORMÁTICO CE3

Válido para edificios existentes de viviendas y terciarios.

Ventajas

Permite introducir geometría de varias formas diferentes según el nivel de precisión, también se puede importar datos directamente desde LIDER-CALENER.

Inconvenientes

Cuenta con una interfaz compleja y poco amigable así como con un módulo de sombras muy complejo y poco práctico.



Recomendaciones

Aunque por escaso margen, este programa obtuvo mejores resultados en los test de calibración por lo que es recomendable en caso de estar muy cerca de conseguir mejorar una letra en la calificación energética.

PROGRAMA INFORMÁTICO CE3X

Válido para edificios existentes de viviendas y terciarios.

Ventajas

Muy amigable, completo y útil, tiene varias opciones de simplificación de datos constructivos y cuenta con varias opciones para introducir el sombreado del edificio.

Inconvenientes

Incluye un estudio económico, pero es fácil equivocarse en la geometría y no puede exportarse nada, todo debe introducirse desde cero.

Recomendaciones

Más recomendable desde el punto de vista de su uso, aunque el más conservador en cuanto a resultados.

PROGRAMA INFORMÁTICO CERMA

Válido para edificios nuevos y existentes de viviendas. Es una herramienta que permite obtener, la calificación energética de edificios exclusivamente residenciales.

Ventajas

Es intuitivo, se actualiza periódicamente y tiene gráficas de sombras y resultados útiles e intuitivos

Inconvenientes

No tiene opciones simplificadas para la introducción de datos y es sólo para el sector residencial.

Recomendaciones

Más recomendable desde el punto de vista de su uso, aunque el más conservador en cuanto a resultados.



3.1.2. Procedimientos generales para la certificación energética de edificios.

HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER

La Herramienta Unificada LIDER-CALENER unifica los programas LIDER y CALENER VYP en una misma plataforma. Permite obtener la calificación energética de un edificio, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado además de la justificación de las exigencias básicas HE1 y HE0 del Documento Básico HE Ahorro de energía del Código técnico de la Edificación. Este programa convivirá con la antigua herramienta de calificación CALENER VYP hasta finales de 2014. A partir de esa fecha solo será válida la herramienta LIDER-CALENER.



Ventajas

Unifica en un solo programa la justificación del CTE y la calificación energética de edificios. Se han implementado mejoras importantes en la definición de puentes térmicos.

Inconvenientes

Pese a las mejoras, continua siendo una herramienta tediosa en la introducción de datos e inestable en su funcionamiento.

Recomendaciones

Usaremos esta herramienta para edificios residenciales o terciarios con sistemas de instalaciones incluidos en el programa.

PROGRAMA INFORMÁTICO CALENER VYP

Ventajas

Sus características son similares a la herramienta unificada LIDER-CALENER, incluye por defecto los perfiles de uso establecidos por el DB-HE 2013, así como la base de datos de materiales del CTE.



Inconvenientes

No admite sistemas "complejos" (geotermia, fotovoltaica, refrigeración por agua...), no pueden cambiarse los horarios de uso. Como desventaja sólo pueden usarse multiplicadores ya que no se pueden copiar y pegar sistemas. **Se puede usar solo hasta final de 2014**

Recomendaciones

Se recomienda CALENER VYP frente a CALENER GT cuando sea posible. Calener VYP es el más recomendable gracias a una introducción de datos más amigable, y permite la introducción de un conjunto de sistemas de instalaciones muy habituales y tiene un método de cálculo de demanda más preciso.

PROGRAMA INFORMÁTICO CALENER GT

Permite editar horarios e introducir todo tipo de instalaciones pero es más complejo, calcula las demandas de forma imprecisa y no permite colocar 2 sistemas por recinto.



Ventajas

Permite la introducción de cualquier sistema de instalaciones, horarios, programaciones, etc.

Inconvenientes

La introducción de sistemas es bastante farragosa y se requieren numerosos datos de las instalaciones. El cálculo de la demanda energética se realiza con una temperatura constante de 20 °C para todo el año.

Recomendaciones

Apropiado para usuarios avanzados. Usar solo cuando las instalaciones no puedan ser simuladas en CALENER VYP.

3.1.3. Toma de datos para certificación.

En el caso de **edificios existentes**, todos los programas de simulación para la certificación energética requieren una previa toma de datos que deben ser introducidos en el software.

Cuanto más completa y detallada sea la introducción de los datos referidos a la envolvente térmica y las instalaciones, más próxima se encontrará la calificación energética final al valor real de demandas y emisiones de CO₂ del edificio.

Se deben tomar datos a partir de la documentación del edificio y a través de una inspección in situ. Es recomendable contar con una información previa del edificio (año de construcción, orientación, planos, división horizontal, dimensiones exteriores e interiores, etc.) que ayude a planificar la visita e inspección del edificio a calificar y a agilizar la toma de datos.

Para facilitar el proceso de toma de datos in-situ que luego deben ser introducidos en el software hay "Fichas de toma de datos" en el Manual de Usuario del programa CE3X, que puede descargarse de las páginas de Eficiencia Energética del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Estas fichas sirven de soporte para recoger la información relativa a los diferentes elementos que es necesario conocer y ayuda a que no olvidemos "medir" ningún dato importante.

Estas fichas facilitan una toma de datos del edificio ordenada y metódica que facilitará la posterior introducción de los datos aunque el software utilizado sea distinto del CE3X.

Las “Fichas de toma de datos” están constituidas por:

- Datos administrativos
- Datos generales del edificio/vivienda
- Características de la envolvente térmica
- Instalaciones
- Análisis económico

3.2. Definición del edificio y espacios.

Al realizar una certificación energética, tanto simplificada como general, debemos definir correctamente algunas características generales de nuestro edificio que tendrán relevancia en la calificación energética final. Los programas de simulación y/o certificación energética suelen tener una pantalla inicial de datos generales donde debemos ingresar estos datos.

También definiremos una serie de espacios que componen nuestro edificio. La correcta definición de esos espacios atendiendo a usos será muy importante para que las calificaciones sean correctas. Los parámetros a controlar serán los siguientes:

ZONA CLIMÁTICA DEL EDIFICIO

Todos los programas de simulación para obtener la calificación energética necesitan conocer la zona climática en la que se encuentra el edificio. La situación del edificio en una u otra zona climática hace que la escala de calificación energética cambie, por lo que un mismo edificio en distintas zonas climáticas obtendrá distintas calificaciones. Los programas de simulación utilizan archivos climáticos que definen las situaciones exteriores de los edificios a lo largo de un año tipo.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Los archivos climáticos de los programas de simulación oficiales no son editables, por lo que simplemente seleccionaremos la zona climática correctamente de acuerdo con lo estipulado por el CTE.



Introducción de datos climáticos en CERMA, H.U LIDER-CALENER Y CE3X

FORMA DEL EDIFICIO

Un correcto planteamiento formal del edificio repercutirá en una disminución de sus necesidades energéticas. Aunque no es un parámetro que debamos especificar en los programas de simulación, a la hora de plantear un edificio estudiaremos su factor de forma, que relaciona la superficie total de envolvente térmica con el volumen interior del edificio. $F_f = \text{Sup. Envolvente} / \text{Volumen del edificio}$

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

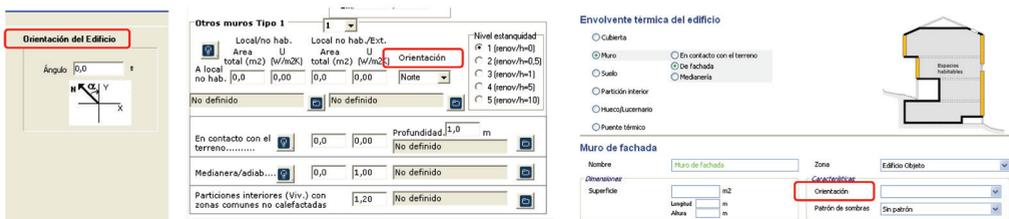
Recomendación: Un valor bajo del factor de forma significa que el edificio tiene menos pérdidas de energía.

ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO

Debemos especificar la situación de nuestro edificio respecto a su orientación. Dependiendo del tipo de programa de calificación que usemos este dato se introducirá con un ángulo de *acimut* de nuestro edificio respecto al norte, o con la especificación de la orientación de cada fachada en programas de simulación simplificados.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Si no se disponen de datos fiables realizar una medición in situ. Utilizar la planimetría de Catastro.



Introducción de datos de orientación en H.U LIDER-CALENER, CERMA y CE3X

AÑO DE CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO

Es un dato igualmente necesario y especialmente relevante en la calificación energética realizada con programas de simulación simplificados de edificios existentes. Estos programas emplean diferentes valores por defecto para determinados parámetros que varían según el año de construcción del edificio.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Consultar fuentes oficiales para poder datar el edificio (Catastro, etc.).

Introducción del año de construcción del edificio en CERMA y CE3X

TIPO DE EDIFICIO

Los programas de simulación requieren la descripción del tipo de edificio. Para definir el tipo de edificios distinguiremos principalmente entre **uso residencial** y **uso terciario**, a su vez, algunos programas requieren una definición tipológica (vivienda unifamiliar, bloque de viviendas, vivienda dentro de un bloque, local dentro de un bloque o edificio terciario completo). La definición del tipo de edificio conlleva que los espacios de ese edificio tendrán unas características de ventilación y cargas internas distintas. Además la escala de calificación energética es diferente para edificios residenciales y edificios terciarios.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Seleccionar correctamente el tipo de edificio según su uso y sus características tipológicas.

Introducción del tipo de edificio CERMA, H.U LIDER-CALENER y CE3X

HIGROMETRÍA DE LOS ESPACIOS

La higrometría de los espacios, es decir, la humedad relativa predominante en ese espacio, está especialmente relacionada con la posibilidad de que se generen condensaciones en los cerramientos.

CLASE DE HIGROMETRÍA	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR
Clase 1	70%
Clase 2	62%
Clase 3 o inferior	55%

Humedad relativa según clase de ventanas

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: La comprobación de las exigencias relacionadas con los riesgos de condensaciones en cerramientos se realiza por otros medios distintos de los programas de simulación habituales, por lo que este parámetro no resulta necesario para la certificación energética.

VENTILACIÓN DE LOS ESPACIOS

La ventilación de los espacios es un parámetro decisivo en la calificación energética de los edificios, especialmente en los programas de la opción general.

- **Espacios de uso residencial:** se les asignará el valor de renovaciones/hora (ren/h) obtenido de la aplicación del DB-HS-3. En el caso de un edificio residencial existente, los programas simplificados aplican un valor por defecto que no es editable. La herramienta LIDER-CALENER permite introducir un dato por defecto de 0,63 ren/h. Este dato permite realizar la simulación sin tener que justificar ningún aspecto más de la ventilación
- **Espacios de uso terciario:** se les asignará una tasa de ren/h de ventilación de acuerdo a sus características y a los valores indicados en el RITE. En los sistemas de instalaciones de climatización por conductos, algunos programas como la H.U LIDER-CALENER solicitan el dato de caudal de ventilación que debe cubrir ese equipo. Dependiendo del diseño de la instalación cabe la posibilidad de que un edificio cuente con varios equipos, en estos casos debemos indicar que caudal de ventilación cubrirá cada uno de los equipos.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Es conveniente prestar una especial atención a la introducción de estos valores en los programas de la opción general, ya que tienen una gran repercusión en la calificación energética obtenida. En uso residencial, los valores habituales de ren/h que cumplen con el DB-HS-3 se sitúan entre 0,6 y 0,8. Valores por debajo de 0,4 pueden mejorar mucho los resultados de simulación. En LIDER-CALENER, si optamos por introducir un valor inferior al admitido por defecto por este programa (0,63 ren/h) deberemos justificarlo documentalmente. Esta justificación puede estar basada en la incorporación de un recuperador de calor (ver apartado 3.2.6) o mediante un horario de uso de las estancias debidamente justificado. En uso terciario se permite usar un valor por defecto de 0,8 ren/h hasta finales del año 2014.

Introducción de los valores de ventilación en la H.U LIDER-CALENER, CE3 y CERMA

3.3. Envoltente térmica.

La calificación energética de un edificio puede variar sustancialmente dependiendo de las características de su envoltente, de las propiedades de sus huecos o de las condiciones de ventilación e infiltración que cumplen los diferentes espacios del edificio.

La envoltente térmica y su correcta definición repercute principalmente en los indicadores de demanda energética del edificio. Lógicamente una reducción en los valores de demanda energética acarrea una reducción en los consumos de energía y en las emisiones.

No todos los programas de calificación energética tienen la misma sensibilidad a los diferentes parámetros que vamos a estudiar.

En este sentido, al realizar las simulaciones energéticas debemos conocer cuales son los parámetros que tienen una mayor influencia en la calificación energética para poder controlarlos y optimizarlos.

En este capítulo se analizan esos parámetros y se propone la forma más correcta de introducir sus valores en los programas de simulación, especificando la importancia de cada uno de estos parámetros en el resultado final de la simulación (muy importante, importante).

3.3.1. Cerramientos horizontales y verticales.

A la hora de plantear las simulaciones para conseguir la certificación energética de un edificio deberemos prestar atención a los siguientes parámetros relacionados con la envoltente térmica.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ) DE LOS MATERIALES

La conductividad térmica de los materiales es una característica intrínseca de los materiales. Un material con una conductividad térmica por debajo de **0,08 W/mK** se considerará como material aislante. Cuanta más información tengamos de los materiales, más precisa será la simulación. Este parámetro tiene una influencia muy relevante en todos los programas de simulación tanto de opción general como simplificada, especialmente en la definición de los materiales aislantes.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Usar materiales aislantes con una conductividad térmica de entre **0,025 y 0,04 W/mK**.

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS (U)

Depende fundamentalmente de las conductividades térmicas y de los espesores de las distintas capas que conforman un cerramiento. Es un parámetro importante en la calificación del edificio. Los programas simplificados permiten introducir estos valores de manera estimada, pero eso supondrá una calificación energética más conservadora.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Procurar calcular siempre los valores de transmitancia térmica de cerramiento de acuerdo con la realizada en el proyecto. Evitar, en la medida de lo posible, valores estimados. La transmitancia térmica de los cerramiento que se propongan deben acercarse a los valores propuestos por el DB-HE-2013 (Apéndice E) o inferiores.

The screenshot shows two parts of the software interface. On the left, a table lists materials for a facade wall with columns for material name, thickness, thermal conductivity, density, specific heat, and thermal transmittance. On the right, a configuration panel for 'Muro de fachada' shows various thermal properties and a 3D model of the building facade.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1/2 bloq. LHM huecos o catalán 40 mm. G = 50	0,125	0,200	2170	1000	
2	Mortero de cemento o caliza alba/leña y	0,020	0,350	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido λ 0,037 W/mK (1)	0,050	0,037	30	1000	
4	Taladro de LHM doble 500 mm. <math>E < 100 \text{ mm}</math>	0,050	0,469	900	1000	
5	Enlucido de yeso 1000 <math>d < 1300</math>	0,020	0,570	1150	1000	
6						

Introducción de las características de los materiales (conductividad térmica, transmitancia térmica)

SOMBREADO DE CERRAMIENTOS

Las sombras arrojadas por el entorno del edificio o por elementos del propio edificio deben ser consideradas, si bien su influencia no es capital.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Incluir en las simulaciones los elementos del entorno del edificio susceptible de arrojar sombra sobre el mismo. Estos elementos serán tenidos en cuenta tanto en los cerramientos como en los huecos.

CÁMARAS DE AIRE

Muchos cerramientos tanto verticales como horizontales poseen cámaras de aire en su interior. La repercusión de estas cámaras de aire depende en gran medida de si son ventiladas o no y de su espesor. Debemos ser rigurosos en la definición de las cámaras de aire si queremos afinar en los resultados de la simulación.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Simular las cámaras de aire lo más cercanas a la realidad posible. Si existen forjados sanitarios o cámaras de aire bajo cubierta inclinada, simularlas como espacios no habitables con nivel de estanqueidad acorde a las aberturas existentes (Ver DA-DB-HE 1, Tabla 8).

Nivel de estanqueidad	h^{-1}
Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

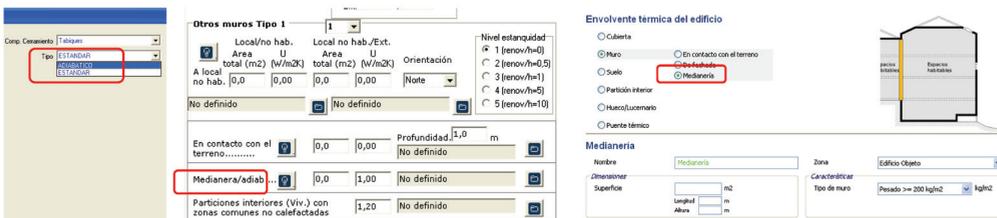
Tasas de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h^{-1}). Fuente: CTE.

CERRAMIENTOS ADIABÁTICOS

Un cerramiento adiabático es aquel a través del cual no se produce intercambio de energía. A efectos de simulación consideraremos las medianeras como cerramientos adiabáticos, siempre que separen espacios habitables.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: En el caso de realizar la simulación de una vivienda o local de un edificio plurifamiliar, debemos considerar como adiabáticos los cerramientos tanto horizontales como verticales que nos separan del resto de viviendas. En el caso de edificios o viviendas entre medianeras, estas se considerarán adiabáticas si los edificios anexos realmente existen. Normalmente podemos encontrarnos que los programas de simulación llaman a este tipo de cerramientos “medianeras” o cerramientos adiabáticos.



Cerramientos adiabáticos en H.U LIDER-CALENER, CERMA y CE3X

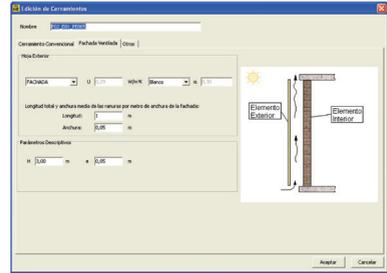
PUENTES TÉRMICOS

En los programas de simulación, los puentes térmicos vienen definidos por dos parámetros:

- **Transmitancia térmica lineal ψ (W/mK):** Término corrector de las pérdidas térmicas a través de la envolvente por el efecto del puente térmico. **Más favorable cuanto más se aproxima a cero**
- **Factor de temperatura superficial (f):** Indicador del riesgo de condensación superficial. Su valor varía entre 0 y 1 y depende de la zona climática donde se ubica el edificio y de la clase de higrometría de los espacios en los que se localiza el puente térmico. **Cuanto más se aproxime a cero el valor de este parámetro mayor será el riesgo de condensaciones.**

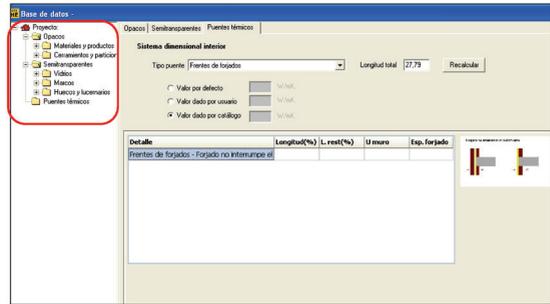
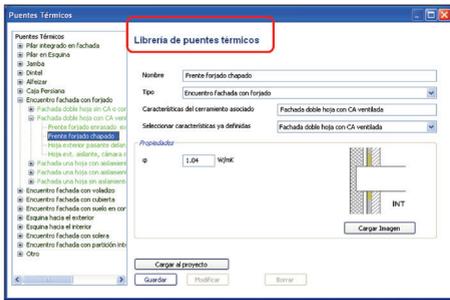
Los programas de simulación tanto de la opción general como simplificados, nos ofrecen varias posibilidades de introducir los puentes térmicos:

- Mediante **valores por defecto** (obtendremos unos resultados más conservadores)
- Mediante **catálogos** que ofrecen los valores de ψ y f en función del tipo de puente térmico y de su localización dentro de la envolvente.
- **Definido por el técnico/usuario** obteniendo los valores de ψ y f mediante ensayos insitu.



Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Por lo general seleccionaremos los valores propuestos por los catálogos de los programas de simulación que más se aproximan a las soluciones constructivas de nuestro proyecto.



Introducción de puentes térmicos en CE3X y H.U LIDER-CALENER

POSICIÓN DEL AISLAMIENTO DENTRO DE LA ENVOLVENTE

La posición del aislamiento por el exterior de los cerramientos es más favorable y permite conseguir mejores resultados de simulación. Evita que se generen puentes térmicos y permite aprovechar la inercia térmica del edificio. Su importancia en la calificación energética final es importante sobre todo por la reducción de los puentes térmicos.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: La situación del aislamiento térmico por el exterior, tanto en obra nueva, como en rehabilitaciones, mejora la calificación energética obtenida, especialmente por la mejora en puentes térmicos.

INERCIA TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE

Es la capacidad de acumulación de energía de un cerramiento. Para mejorar este parámetro prestaremos atención a la masa y al calor específico del cerramiento.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Cerramientos con masa > 200 Kg/m² y calor específico > 1000 J/KgK

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS SINGULARES

Entre este tipo de sistemas constructivos, podemos incluir:

- Fachada ventilada
- Fachada vegetal
- Muro solar
- Muro Trombe
- Cubierta vegetal
- Cubierta aljibe o inundada

En general, todas estas soluciones tienen en común la dificultad que entraña su simulación energética, especialmente con los programas simplificados y los oficiales. De cara a paliar estas deficiencias la H.U LIDER-CALENER incluye un módulo para la implementación y simulación de estas soluciones. Programas de simulación más avanzados como Design Builder, Trnsys u otros, poseen herramientas suficientes para la simulación de este tipo de soluciones.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: La H.U LIDER CALENER implementa una opción para la simulación de este tipo de soluciones constructivas de forma fácil y rápida. En otro tipo de programas de simulación, como los simplificados debemos usar otros métodos más laboriosos que requieren de la utilización de materiales ficticios implementados a los cerramientos para conseguir obtener un efecto térmico equivalente. Este tipo de planteamientos está recomendado para usuarios avanzados.

3.3.2. Huecos y ventanas.

Los huecos son elementos esenciales en cualquier edificio. La influencia de estos elementos en las simulaciones energéticas es muy importante y su correcta definición en los modelos de simulación resulta crucial. En la definición de los huecos tendremos en cuenta los siguientes parámetros:

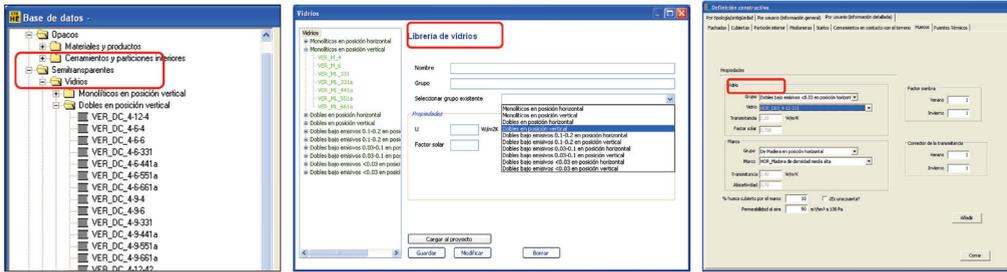
TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS VIDRIOS

Transferencia térmica a través del vidrio por conducción, convección y radiación. La mayoría de programas de simulación requieren de este dato para definir los huecos de un edificio. Este parámetro dependerá de la **conductividad** de los vidrios utilizados, el **espesor** de los mismos, el **espesor de la/s cámara/s** en el caso de vidrios doble o triples, y del tratamiento aplicado para reducir su emisividad.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: En general, los programas de simulación poseen **bases de datos** con valores de transmitancia térmica de vidrios de diferentes tipos y configuraciones (dobles, triple, bajo-emisivos). En el caso de que el vidrio que queramos introducir no aparezca en

la base de datos, introduciremos los valores manualmente previo cálculo con otras herramientas. Diversas casa comerciales ofrecen software para estos cálculos como **CALUMEN** de Saint-Gobain o **Configurator** de Guardian Sun



Bases de datos de vidrios en la H.U LIDER-CALENER, CE3X y CE3.

FACTOR SOLAR DE LOS VIDRIOS

Relación entre la energía total que entra en el edificio a través del acristalamiento y la energía solar incidente sobre los vidrios. Este parámetro es requerido o calculado por la mayoría de programas de simulación. Depende fundamentalmente del tipo de vidrio, grosor, etc. Generalmente es un valor que debemos introducir manualmente en función de las características de los vidrios seleccionados.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Solicitar esta información al fabricante, ya que dentro de un mismo tipo de vidrio, el factor solar puede variar de un fabricante a otro.

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS MARCOS

Transferencia térmica a través de los marcos por conducción, convección y radiación. Es un parámetro que se tiene en cuenta para calcular la transmitancia térmica global de un hueco o ventana. Depende principalmente de la **conductividad térmica del material** del que está hecho el marco. Sin embargo, para determinados materiales debemos tener en cuenta otros condicionantes como la **densidad** para los marcos de madera, las **cámaras de aire** del marco en el caso de PVC o el **espesor de la rotura de puente térmico** en marcos de aluminio.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Los programas de simulación poseen información de la transmitancia térmica de los marcos en función del material y de sus características (rpt, etc). En caso de que los datos ofrecidos por los programas no se adapten a nuestro marco, utilizaremos datos aportados por el fabricante.

ABSORTIVIDAD DE LOS MARCOS

Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. Es un parámetro adimensional relacionado con el color del marco en cuestión y su valor está entre 0 y 1.

Influencia en la simulación: IMPORTANCIA RELATIVA

Recomendación: Los marcos de colores claros ofrecen unos valores de absorptividad menor. Es conveniente utilizar valores de absorptividad pequeños, entre 0,2 y 0,5.

PORCENTAJE DE MARCO

Relación entre la superficie del marco y la superficie del hueco. Este parámetro influye principalmente en **dos factores**: la **transmitancia térmica de la ventana** y las **ganancias por radiación solar** a través de esa ventana. La influencia sobre la transmitancia térmica del hueco dependerá principalmente de las características del vidrio y el marco seleccionados. Pero resulta más importante la influencia de este parámetro sobre las ganancias por radiación solar, ya que porcentajes de marco excesivamente grandes conllevan pérdidas de radiación solar que nos perjudicarán especialmente en régimen de calefacción.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Se recomienda que el porcentaje de marco no supere el **30%**, aunque debemos tener en cuenta que los marcos con mejores características siempre van a suponer porcentajes superiores.

PORCENTAJE DE APERTURA DE HUECOS

Relación entre la superficie de huecos y la superficie de la envolvente del edificio. Es un parámetro a tener en cuenta y no siempre fácil de controlar. Influye principalmente en las ganancias por radiación solar, beneficiosas en régimen de calefacción pero perjudiciales en régimen de refrigeración. Lógicamente también influye en la calidad de iluminación con luz natural de las estancias en las que se sitúan los huecos.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Debemos optimizar el porcentaje de apertura de huecos según la orientación de los mismos evitando huecos demasiado grandes en orientaciones Sur y Oeste, especialmente si no se prevé ninguna protección solar. La transmitancia térmica de los huecos, en general, es inferior a la de los cerramientos, por lo que porcentajes de apertura de huecos excesivos, resultarán perjudiciales.

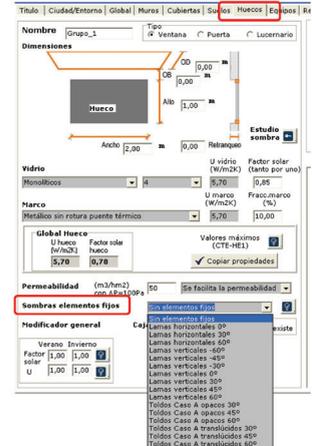
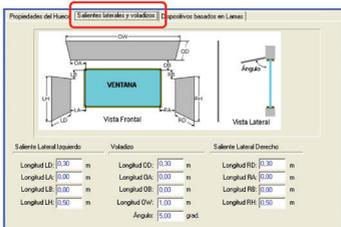
SOMBREADO DE HUECOS

Las ganancias energéticas por radiación solar a través de los huecos juega un papel importante en la simulación energética y en la consiguiente certificación. Controlar esas ganancias resulta fundamental, para aprovecharlas al máximo en régimen de invierno (demanda de calefacción) y para evitar que sean excesivas en régimen de verano (demanda de refrigeración). Los programas de simulación permiten introducir estos datos indicando las **medidas** y algunas **características ópticas** (transmisividad, reflectividad) de

los elementos de sombra. Los programas oficiales permiten introducir un **factor corrector por dispositivo de sombra estacional** que permite que la simulación tenga en cuenta elementos de sombra propios de una determinada época del año, como un toldo en verano.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Se recomienda dimensionar correctamente los elementos de sombra. Disponer elementos horizontales de protección solar (voladizos, lamas horizontales) en huecos con orientación sur y elementos de sombra verticales móviles (salientes laterales, lamas verticales) en orientación Oeste.



Introducción de valores elementos de sombreado de huecos en H.U LIDER-CALENER, CE3X y CERMA

INFILTRACIONES/ CLASE DE VENTANAS

Este parámetro resulta de vital importancia en las simulaciones energéticas y en la calificación energética que vamos a obtener. Los software oficiales tienen en cuenta las infiltraciones de las ventanas mediante la introducción de un valor de permeabilidad al aire del hueco que deberemos justificar mediante la clase de ventanas utilizada (clase 0 a 4).

CLASE DE CARPINTERÍA	Permeabilidad al aire (m³/hm² 100Pa)
Clase 0	Sin ensayar
Clase 1	≤50
Clase 2	≤27
Clase 3	≤9
Clase 4	≤3

Permeabilidad al aire según la clase de carpintería.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Se recomienda el uso de ventanas muy estancas (clase 3 o clase 4)

3.4. Instalaciones del edificio.

Igual que la envolvente térmica, las instalaciones del edificio y sus características van a repercutir en los resultados de una simulación energética.

Las instalaciones del edificio y su correcta definición en los programas de simulación afectan principalmente al consumo de energía y a las emisiones de CO₂ debidas a esos consumos.

Al igual que sucede con la envolvente térmica, los programas de simulación no tienen la misma sensibilidad ante los diferentes parámetros que definen una instalación.

El planteamiento para este apartado es análogo al anterior y se analizarán los diferentes parámetros que definen las instalaciones, especificando la importancia de cada uno en los resultados finales de la simulación.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que la introducción de los datos referentes a las instalaciones en los diferentes programas de simulación puede variar según usemos uno u otro software, tanto a nivel de unidades de medida como por la nomenclatura utilizada por los programas para definir los diferentes sistemas y equipos. Para la redacción de este apartado se ha tenido en cuenta principalmente la Herramienta Unificada LIDER-CALENER y los parámetros que este programa utiliza.

3.4.1. Instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS).

El ACS es una instalación obligatoria para todas las viviendas por lo que debemos tenerla en cuenta en todas las simulaciones energéticas que realicemos de un edificio. En general, el consumo energético vinculado al agua caliente sanitaria es muy inferior al requerido para climatizar un edificio.

DEMANDA DE ACS

Para definir la demanda de ACS tendremos en cuenta:

El consumo de ACS previsto: Depende de la ocupación de la vivienda o edificio y viene fijado por la normativa a través del DB-HE4 del CTE. Dependiendo del programa tendremos que introducir este dato en diferentes unidades (m³/día, l/día, l/persona día, l/m²día, etc.)

- Temperatura del agua de la red: Varía en función de la ubicación geográfica y los meses del año (DB-HE4)
- Temperatura de consumo: 60°C

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: En general, no conviene utilizar temperaturas de consumo superiores a 60°C porque supondrían consumos de energía superiores, ni menores por el riesgo de proliferación de la bacteria de la legionella, en las instalaciones que dispongan de acumulador de ACS. Algunos programas simplificados como CE3X no requieren de la introducción de estos valores, ya que los calculan con valores por defecto.

demanda de ACS

Nombre: demanda_de_ACS

Propiedades básicas

Consumo total diario: 112,00 l/ día

Temperatura de utilización: 50,0 °C

Temperatura del agua de red: 14,4 °C

Aceptar

Título | Ciudad/Entorno | Global | Muros | Cubiertas | Suelos | Huecos | **Equipos** | Resultado

ACS Global

Demanda ACS: 737 litros/día, aporte solar mínimo según CTE: 60 (%)

Temp. media agua red: 13,6 (°C), aporte solar de la instalación: 70 (%)

Servicio

Nombre: ACS+Caléf

Tipo de servicio:

- Calefacción + Refrigeración
- Refrigeración
- Calefacción

ACS
 ACS + Calefacción

Introducción de datos de demanda de ACS en H.U LIDER-CALENER y CE3

SISTEMA

El sistema de ACS es sencillo y tiene en cuenta, la demanda de ACS y el equipo generador de calor para calentar el agua. La necesidad de simular un “sistema” de ACS es propia de la Herramienta LIDER-CALENER. En otros programas de simulación, bastará con definir las características del equipo y de la demanda de ACS.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: La H.U LIDER-CALENER ofrece la posibilidad de introducir en este apartado el porcentaje de energía cubierto con energías renovables. También existe la posibilidad de prever sistemas mixtos de calefacción + ACS.

ANTIGÜEDAD DE LOS EQUIPOS

A la hora de realizar una certificación energética de un **edificio existente** la antigüedad del edificio y de sus instalaciones puede llegar a ser un dato de gran relevancia. En los casos en los que el certificador no tiene suficientes datos de la instalación de un edificio, los programas de certificación utilizan unos valores por defecto según la antigüedad del edificio.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Siempre que se pueda, se utilizarán datos reales de las instalaciones del edificio. Los datos que los programas toman por defecto en función de la antigüedad de las instalaciones suelen ser conservadores y nos darán resultados menos afinados.

EQUIPOS

La correcta introducción de los datos de los equipos será muy importante para afinar los resultados en cuanto a consumo energético de ACS. Los programas de simulación no realizan el dimensionado de los equipos, simplemente tienen en cuenta sus características y obtienen los consumos de energía. Para el caso de ACS tendremos dos tipos de equipo:

- Calderas
 - Convencional
 - De baja temperatura
 - De condensación
- Bombas de calor aire-agua (BdC aire-agua)

La diferencia entre los diferentes equipos está en las curvas de rendimiento empleadas en los cálculos. Estos equipos quedan completamente definidos con los parámetros de combustible, potencia y rendimiento que se explican más adelante. Algunos programas simplificados de edificios existentes requieren para la completa definición del equipo, el nivel de aislamiento de la caldera.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Es recomendable tomar las curvas que los programas de simulación ofrecen por defecto para cada tipo de equipo. Sin embargo, usuarios más avanzados pueden crear sus propias curvas de rendimiento para adaptarlas a un determinado equipo o utilizar las curvas de rendimiento que algunas marcas comerciales ponen a disposición de los técnicos.



EQUIPOS AUXILIARES

Las instalaciones de ACS, además de los equipos de generación de calor, requieren de equipos auxiliares para el transporte (bombas) y la emisión (ventiladores) de la energía térmica producida. Dependiendo del software de simulación que utilicemos deberemos definir estos equipos o no. En general los programas de certificación energética no requieren de la definición de estos equipos para el caso de viviendas, pero si será necesaria su definición en el caso de edificios terciarios. Estos datos son accesibles a través de las fichas técnicas de los equipos utilizados.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: La repercusión de estos equipos en cuanto a su consumo es muy pequeña en edificios de vivienda pero cobra una gran importancia en grandes edificios terciarios.

COMBUSTIBLE

El combustible usado por el equipo es un parámetro fundamental a la hora de conseguir una buena calificación energética, ya que las emisiones de CO₂ asociadas a los consumos energéticos de los equipos dependen del combustible que usen estos y de los factores de conversión de energía final a emisiones de CO₂ actualizados periódicamente por los organismos oficiales (IDAE).

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Uno de los combustibles que genera más emisiones de CO₂ es la electricidad. En caso de usar equipos eléctricos (por ejemplo Bdc) debemos asegurarnos de que los rendimientos de estos equipos sean altos (por encima de 3,5). El combustible con menos emisiones de CO₂ asociadas es la biomasa.

POTENCIA

En la mayoría de programas de simulación es necesario el dato de la potencia de los equipos y más concretamente la potencia nominal de los mismos. Estos datos se obtienen de las características técnicas del equipo seleccionado. Un equipo de mayor potencia no necesariamente va a consumir más que otro de menor potencia, ya que este parámetro se centra en cubrir las cargas puntuales máximas que se puedan producir.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Una potencia instantánea elevada de un equipo eléctrico puede requerir incrementar el término de potencia a contratar lo que incrementará coste de la factura eléctrica, se utilice o no el equipo.

RENDIMIENTO NOMINAL

Es un parámetro fundamental para que los resultados de simulación sean óptimos. Debemos tener presente siempre la formula del consumo energético ($C=D/\eta$). Es bastante obvio que a mayor rendimiento (η) de los equipos menor consumo de energía, por lo que procuraremos utilizar equipos de rendimientos nominales altos.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Los valores de rendimiento se pueden ver modificados por las curvas de rendimiento. Los programas de simulación incluyen por defecto estas curvas según el equipo que seleccionemos y, aunque pueden modificarse, no se recomienda realizar ningún cambio sobre las mismas.



Introducción de datos de los equipos de ACS (Tipo de equipo, combustible, potencia, rendimiento, etc.) en los programas H.U LIDER-CALENER, CE3X y CERMA

3.4.2. Instalaciones de calefacción.

Debido a las condiciones climáticas de Extremadura la demanda de calefacción de sus edificaciones es sustancialmente superior a la de refrigeración, por lo que resulta especialmente relevante estudiar cuidadosamente las características de las instalaciones de calefacción y la introducción de dichas características en los programas de simulación. En determinadas ocasiones podemos encontrarnos instalaciones de calefacción y ACS conjuntas.

SISTEMAS

Existen diferentes formas de clasificar los sistemas de calefacción. Nos encontraremos que cada programa utiliza una clasificación distinta, pero en general tendremos:

- Sistemas unizona
- Sistemas multizona
- Por agua
- Por equipos autónomos
- Por conductos

En diversos programas de simulación no se solicitará definir el sistema y directamente definiremos los equipos, sin embargo, en la Herramienta Unificada LIDER-CALENER sí se solicita esta definición.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: No siempre resulta fácil saber que sistema de los que propone el programa se corresponde con el sistema real de nuestro de nuestro proyecto. Se recomienda usar la siguiente equivalencia

Sistemas de Calefacción	Terminología LIDER-CALENER
Calderas BdC con radiadores o suelo radiante	Calefacción multizona por agua
Calefacción por efecto Joule	Climatización unizona
Autónomos aire-aire compactos	Climatización unizona
Autónomos aire-aire divididos, VRV, etc.	Climatización multizona expansión directa
Autónomos aire-aire por conductos	Climatización multizona por conductos

Fuente: J. Francisco Coronel y Luis Pérez-Lombard



Ejemplo de sistema de calefacción en H.U LIDER-CALENER

EQUIPOS

La correcta introducción de los datos de los equipos será muy importante para afinar los resultados en cuanto a consumo energético de Calefacción. Aunque algunos programas lo permiten, en general los programas de simulación no realizan el dimensionado de los equipos, simplemente tienen en cuenta sus características y obtienen los consumos de energía. Para el caso de sistemas de calefacción tendremos dos tipos de equipo:

- Calderas
- Convencional
- De baja temperatura
- De condensación
- Bombas de calor aire-agua (BdC aire-agua)
- Bombas de calor aire-aire

La diferencia entre los diferentes equipos está en las curvas de rendimiento empleadas en los cálculos. Estos equipos quedan completamente definidos con los parámetros de combustible, potencia y rendimiento que se explican más adelante. Algunos programas simplificados de edificios existentes requieren para la completa definición del equipo, el nivel de aislamiento de la caldera.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Es recomendable tomar las curvas que los programas de simulación ofrecen por defecto para cada tipo de equipo. Sin embargo, usuarios más avanzados pueden crear sus propias curvas de rendimiento para adaptarlas a un determinado equipo o utilizar las curvas de rendimiento que algunas marcas comerciales ponen a disposición de los técnicos.

EQUIPOS AUXILIARES

Las instalaciones de calefacción, además de los equipos de generación de calor, requieren de equipos auxiliares para el transporte (bombas) y la emisión (ventiladores) de la energía térmica producida. Dependiendo del software de simulación que utilicemos deberemos definir estos equipos o no. En general los programas de certificación energética no requieren de la definición de estos equipos auxiliares para el caso de viviendas, pero si será necesaria su definición en el caso de edificios terciarios. Estos datos son accesibles a través de las fichas técnicas de los equipos utilizados.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: La repercusión de estos equipos en cuanto a su consumo es muy pequeña en edificios de vivienda pero cobra una gran importancia en grandes edificios terciarios.

COMBUSTIBLE

El combustible usado por el equipo es un parámetro fundamental a la hora de conseguir una buena calificación energética, ya que emisiones de CO₂ asociadas a los consumos energéticos de los equipos dependen del combustible que usen estos y de los factores de conversión de energía final a emisiones de CO₂ actualizados periódicamente por los organismos oficiales (IDAE).

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Uno de los combustibles que genera más emisiones de CO₂ es la electricidad. En caso de usar equipos eléctricos (por ejemplo BdC) debemos asegurarnos de que los rendimientos de estos equipos sean altos (por encima de 3,5) ya que el factor de conversión de energía consumida a emisiones de CO₂ penaliza el consumo de electricidad en cuanto a sus emisiones de CO₂. La biomasa como combustible no tiene emisiones de CO₂ asociadas por lo que El uso de este combustible siempre nos aportará muy buenos resultados en cuanto a la calificación.

POTENCIA

Al igual que en el caso del ACS, en la mayoría de programas de simulación es necesario el dato de la potencia de los equipos y más concretamente la potencia nominal de los mismos. Estos datos se obtienen de las características técnicas del equipo seleccionado. Un equipo de mayor potencia no necesariamente va a consumir más que otro de menor potencia, ya que este parámetro se centra en cubrir las cargas puntuales máximas que se puedan producir.

Influencia en la simulación: IMPORTANCIA RELATIVA

Recomendación: Una potencia instantánea elevada de un equipo eléctrico puede requerir incrementar el término de potencia a contratar lo que incrementará coste de la factura eléctrica, se utilice o no el equipo.

RENDIMIENTO

Es un parámetro fundamental para que los resultados de simulación sean óptimos. Debemos tener presente siempre la fórmula del consumo energético ($C=D/\eta$). Es bastante obvio que a mayor rendimiento (η) de los equipos menor consumo de energía, por lo que procuraremos utilizar equipos de rendimientos nominales altos. Estos valores de rendimiento se pueden ver modificados por las curvas de factores de conversión. Estas curvas vienen por defecto según el equipo que seleccionemos y, aunque pueden modificarse, no se recomienda realizar ningún cambio sobre las mismas.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Los equipos de calefacción tipo caldera suelen tener rendimientos cercanos a 1. Se recomienda el uso de calderas de condensación que son más eficientes y alcanzan rendimientos por encima de 1,05.



Introducción de datos de los equipos de Calefacción (Tipo de equipo, combustible, potencia, rendimiento, etc.) en los programas H.U LIDÉR-CALENER, CE3X y CERMA

ANTIGÜEDAD DE LOS EQUIPOS

A la hora de realizar una certificación energética de un **edificio existente** la antigüedad del edificio y de sus instalaciones puede llegar a ser un dato de gran relevancia. En los casos en los que el certificador no tiene suficientes datos de la instalación de un edificio, los programas de certificación utilizan unos valores por defecto según la antigüedad del edificio.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Siempre que se pueda, se utilizarán datos reales de las instalaciones del edificio. Los datos que los programas toman por defecto en función de la antigüedad de las instalaciones suelen ser conservadores y nos darán resultados menos afinados.

ZONIFICACIÓN

Este parámetro está muy relacionado con la elección del sistema de calefacción, pero también con el planteamiento del modelado del edificio. Una zonificación muy detallada requerirá de una definición también más detallada de los sistemas de instalaciones de calefacción, pero no necesariamente esto repercutirá en una mejor calificación energética.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: En edificios de viviendas unifamiliares se recomienda realizar una zonificación según las estancias de la propia vivienda. En edificios plurifamiliares, se recomienda realizar una zonificación asignando una zona a cada vivienda con el fin de simplificar el modelado y los tiempos de simulación.

UNIDADES TERMINALES

Dependiendo del sistema de calefacción tendremos una u otra unidad terminal. Las calderas y las BdC aire-agua tendrán unidades terminales de agua caliente (radiadores, fancoils o suelo radiante). En el caso de equipos de calefacción de expansión directa (BdC aire-aire) o por conductos la unidad interior será de expansión directa o bocas de impulsión.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: Resulta útil nombrar las unidades terminales con el mismo nombre de las zonas a las que dan servicio. En general las unidades terminales tipo suelo radiante se pueden asimilar a la unidad terminal “radiador” en la Herramienta unificada LIDER-CALENER.

3.4.3. Instalaciones de refrigeración.

En las condiciones climáticas de la comunidad extremeña, la demanda de refrigeración es sustancialmente más baja que la demanda de calefacción, sin embargo, puntualmente estas demandas pueden ser muy altas. Los equipos de refrigeración se dimensionan contra estos valores pico de demanda energética.

SISTEMAS

Teniendo en cuenta que cada programa utiliza una clasificación distinta, para clasificar los sistemas de refrigeración, utilizaremos un esquema similar al usado para los sistemas de calefacción. En general tendremos:

- Sistemas unizona
- Sistemas multizona
- Por equipos autónomos
- Por conductos

Debemos recordar que en diversos programas de simulación no se solicitará definir el sistema y directamente definiremos los equipos, sin embargo, en la Herramienta Unificada LIDER-CALENER sí se solicita esta definición.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: No siempre resulta fácil saber que sistema de los que propone el programa se corresponde con el sistema real de nuestro proyecto. Se recomienda usar la siguiente equivalencia

Energético	a Energía Primaria	a Energía Primaria No Renovable	a Emisiones de CO2
Electricidad	2,603	2,603	0,649
Gas Natural	1,011	1,011	0,204
Gasoleo	1,081	1,081	0,287
Fuel-oil	1,000	1,000	0,280
GLP	1,081	1,081	0,244
Carbon	1,000	1,000	0,347
Biomasa densificada (pelets)	1,000	0,085	0,000
Biomasa (otro tipo)	1,000	0,034	0,000

En el caso de tener un sistema de calefacción con caldera y un equipo de climatización que también cubra demanda de calefacción, deberemos decidir cual de ellos se utilizará para cubrir dicha demanda.

Sistemas de Refrigeración	Terminología LIDER-CALENER
Autónomos aire-aire compactos o tipo split (BdC)	Climatización unizona
Autónomos aire-aire divididos, VRV, etc. (BdC)	Climatización multizona expansión directa
Autónomos aire-aire por conductos (BdC)	Climatización multizona por conductos

Fuente: J. Francisco Coronel y Luis Pérez-Lombard

EQUIPOS

La correcta introducción de los datos de los equipos será muy importante para afinar los resultados en cuanto a consumo energético de refrigeración. En general los programas de simulación destinados a obtener la calificación energética no realizan el dimensionado de estos equipos, simplemente tienen en cuenta sus características y obtienen los consumos de energía. Para el caso de sistemas de refrigeración tendremos dos tipos de equipo:

- Bombas de calor (BdC)
- Equipos de enfriamiento evaporativo

Dentro de estos tipos existen diferentes equipos cuya diferencia principal serán sus curvas de rendimiento. Por lo general, para definir estos equipos en los programas de simulación utilizaremos los parámetros de combustible, potencia y rendimiento que se definen a continuación.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación:

La mayoría de equipos Bomba de Calor también pueden utilizarse para calefacción. Si ya tenemos un equipo para cubrir la demanda de calefacción (caldera con radiadores por ejemplo), utilizaremos un equipo de solo refrigeración para cubrir la demanda de refrigeración.

EQUIPOS AUXILIARES

Las instalaciones de refrigeración, además de los equipos de generación requieren de equipos auxiliares para la emisión (ventiladores) y en ocasiones para el transporte del refrigerante (bombas). Dependiendo del software de simulación que utilicemos deberemos definir estos equipos o no. Generalmente los programas de certificación energética no requieren de la definición de estos equipos para el caso de viviendas, pero sí será necesaria su definición en el caso de edificios terciarios.

Influencia en la simulación: IMPORTANTE

Recomendación: En general, los datos solicitados de los equipos auxiliares serán potencia y caudal y/o altura manométrica de las bombas y potencia de los ventiladores de las unidades interiores (tipo fancoil). Estos datos son accesibles a través de las fichas técnicas de los equipos utilizados.

COMBUSTIBLE

El combustible usado por el equipo es un parámetro fundamental a la hora de conseguir una buena calificación energética, ya que emisiones de CO₂ asociadas a los consumos energéticos de los equipos dependen del combustible que usen y de los factores de conversión de energía final a emisiones de CO₂ actualizados periódicamente por IDAE.

Influencia en la simulación: MUY IMPORTANTE

Recomendación: Uno de los combustibles que genera más emisiones de CO₂ es la electricidad. En caso de usar equipos eléctricos (por ejemplo BdC) debemos asegurarnos de que los rendimientos de estos equipos sean altos tanto en regímenes de calefacción como en régimen de refrigeración (recomendable por encima de 3,5)

POTENCIA

En la mayoría de programas de simulación es necesario el dato de la potencia de los equipos y más concretamente la potencia frigorífica de los mismos para el caso de equipos de solo frío. En el caso de tener equipos tipo BdC, también deberemos aportar el dato de Potencia calorífica del equipo. Estos datos se obtienen de las características técnicas del equipo seleccionado. Un equipo de mayor potencia no necesariamente va a consumir más que otro de menor potencia, ya que este parámetro se centra en cubrir las cargas puntuales máximas que se puedan producir.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

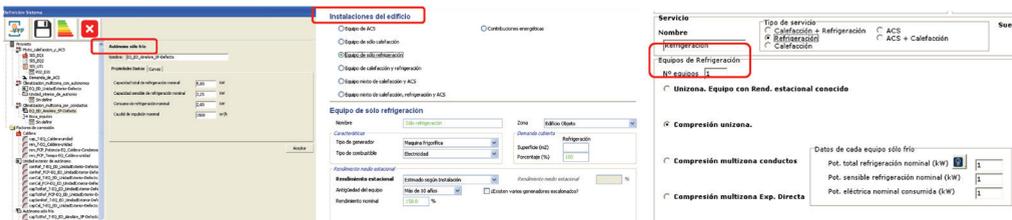
Recomendación: Al igual que en el caso de equipos de calefacción, una potencia instantánea elevada de un equipo eléctrico puede requerir incrementar el término de potencia a contratar lo que incrementará el coste de la factura eléctrica, se utilice o no el equipo.

RENDIMIENTO

Es un parámetro fundamental para que los resultados de simulación sean óptimos. Debemos tener presente siempre la fórmula del consumo energético ($C=D/\eta$). Es bastante obvio que a mayor rendimiento (η) de los equipos menor consumo de energía, por lo que procuraremos utilizar equipos de rendimientos nominales altos. Estos valores de rendimiento se pueden ver modificados por las curvas de factores de conversión. Estas curvas vienen por defecto en los diferentes programas según el equipo que seleccionemos y, aunque pueden modificarse, no se recomienda realizar ningún cambio sobre las mismas.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Los equipos tipo BdC ofrecen altos valores de rendimiento tanto en régimen de calefacción, como de refrigeración. Unos altos valores de rendimiento de los equipos nos aseguran unos consumos de energía bajos. Sin embargo esto no tiene por qué traducirse en una mejor calificación energética ya que la calificación energética depende de las emisiones de CO₂, y estas a su vez del combustible utilizado.



Introducción de datos de los equipos de refrigeración y/o climatización (tipo de equipo, combustible, potencia, rendimiento, etc.) en los programas H.U LIDER-CALENER, CE3X y CERMA

ANTIGÜEDAD DE LOS EQUIPOS

A la hora de realizar una certificación energética de un edificio existente la antigüedad del edificio y de sus instalaciones puede llegar a ser un dato de gran relevancia. En los casos en los que el certificador no tiene suficientes datos de la instalación de un edificio, los programas de certificación utilizan unos valores por defecto según la antigüedad del edificio.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Siempre que se pueda, se utilizarán datos reales de las instalaciones del edificio. Los datos que los programas toman por defecto en función de la antigüedad de las instalaciones suelen ser conservadores y nos darán resultados menos afinados.

ZONIFICACIÓN

Al igual que en calefacción, este parámetro está muy relacionado con la elección del sistema, pero también con el planteamiento del modelado del edificio. Una zonificación muy detallada requerirá de una definición también más detallada de los sistemas de instalaciones de calefacción, pero no necesariamente esto repercutirá en una mejor calificación energética.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: En edificios de viviendas unifamiliares se recomienda realizar una zonificación según las estancias de la propia vivienda. En edificios plurifamiliares, se recomienda realizar una zonificación asignando una zona a cada vivienda con el fin de simplificar el modelado y los tiempos de simulación.

UNIDADES TERMINALES

Dependiendo del sistema de refrigeración planteado, las unidades terminales pueden variar. Las BDC aire-agua tendrán unidades terminales tipo fancoil. En el caso de equipos de expansión directa (BDC aire-aire) o por conductos, las unidades interiores serán bocas de impulsión. Para la definición de las unidades interiores necesitaremos el caudal de aire y la zona a la que abastecen. En el caso de fancoils, también necesitaremos la capacidad calorífica y de refrigeración. Estos datos nos los aportará el fabricante.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: En el caso de haber realizado una zonificación simplificada del edificio (uniendo varias zonas en un mismo espacio) los valores de caudales deberán ser los necesarios para abastecer a todas las zonas.

3.4.4. Instalaciones de ventilación.

En apartados anteriores se ha comentado que una correcta introducción de los datos de ventilación puede suponer importantes mejoras en los resultados de las simulaciones. Existen varios parámetros relacionados con la ventilación que debemos controlar e introducir en los programas de simulación de manera precisa.

RENOVACIONES DE AIRE (ren/h)

La definición de el valor de ren/h que debemos incluir en nuestra simulación se ha tratado en el apartado "3.1.1 Definición del edificio y espacios: Ventilación de los espacios" de este manual.

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: En el apartado "3.1.1 Definición del edificio y espacios: Ventilación de los espacios" de este manual" se ofrecen recomendaciones para el correcto cálculo e introducción de este parámetro en los programas de simulación.

EQUIPOS AUXILIARES (VENTILADORES)

Determinados sistemas de instalaciones como los sistemas de climatización unizona o multizona requieren de la introducción de determinadas características de los equipos de un valor de caudal de aire. Estos valores están asociados a las características de los equipos utilizados o de las unidades terminales utilizadas.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Debemos tener en cuenta que el valor de ventilación del edificio (indicado en el CTE-DB-HS3 para viviendas y en el RITE para terciarios) se introducirá en el apartado de ventilación del edificio. Los valores de caudales de aire que los programas de simulación solicitan para definir determinados equipos o instalaciones nos los proporciona el fabricante en las características técnicas de cada equipo y se corresponden con la capacidad de los equipos para mover determinados volúmenes de aire. En el proceso de diseño y cálculo de las instalaciones se tendrá en cuenta el volumen de aire de ventilación que deberá cubrir cada equipo (en el caso de haya varios).



Introducción de caudales de ventilación de algunos equipos en H.U LIDER-CALENER y CE3X

3.4.5. Instalaciones de iluminación.

Actualmente la instalación la certificación energética de edificios de **vivienda** no tiene en cuenta los consumos energéticos debidos a iluminación. Estos consumos de las instalaciones de iluminación si son tenidos en consideración en la certificación energética de **edificios terciarios**. Los parámetros que tendremos en cuenta a la hora de definir las instalaciones de iluminación de edificios terciarios son:

POTENCIA INSTALADA

La potencia instalada va a tener una doble repercusión en los cálculos de la certificación energética. Por un lado, esta directamente relacionada con las cargas internas debidas a la iluminación provocando posibles mejoras en demanda de calefacción y efectos indeseables en demanda de refrigeración. Por otro lado, la potencia instalada no debe superar unos límites establecidos por el CTE DB-HE3. Estos valores máximos de potencia dependen del uso del edificio. En programas simplificados de certificación energética se puede tomar un valor estimado de potencia que dependerá del tipo de equipo estimado que seleccionemos.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Es conveniente introducir el valor de la potencia instalada por cada una de las zonas de nuestro edificio terciario. Para ello dividiremos la potencia instalada de cada zona por su superficie. En el caso de **edificios existentes** se recomienda en la medida de lo posible introducir los datos reales de la instalación en lugar de los datos estimados según el tipo de equipo de iluminación que por lo general serán más conservadores.

VEEI y $VEEI_{limite}$

El VEEI es el Valor Límite de Eficiencia Energética en la instalación.

La fórmula para obtenerlo es $VEEI=(P \cdot 100)/S \cdot E_m$

El valor del VEEI depende pues de la potencia instalada (P), la superficie útil de la zona (S) y la iluminancia media en el plano de trabajo (E_m). Los valores obtenidos del VEEI deben ser iguales o inferiores a los valores de $VEEI_{limite}$ que fija el CTE-DB-HE3 y que dependen del uso de las diferentes zonas.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: En general el VEEI será más favorable para los resultados de la simulación cuanto más bajo sea su valor. Los valores de iluminancia media (E_m) suelen ser aportados por las casas de iluminación y/o calculados con programas informáticos específicos como Dialux.

INSTALACIONES DE CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

Solo los programas más detallados como Calener GT permiten introducir los datos de control de iluminación con precisión. En general los datos solicitados para la simulación son las coordenadas de situación de los sensores, la consigna de iluminación (en lux) y el tipo de control. Los programas simplificados de certificación energética de edificios exis-

tentes permiten introducir este tipo de instalaciones cuando realizamos la certificación para edificios Gran Terciario.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Se recomienda introducir las coordenadas de los sensores con la mayor precisión posible.

HORARIOS Y PROGRAMACIONES DE USO

La herramienta unificada LIDER-CALENER y los programas simplificados no permite introducir horarios o programaciones de uso de la iluminación. Solo Calener GT o programas más avanzados como Design Builder permiten introducir estos datos.

Influencia en la simulación: **IMPORTANCIA RELATIVA**

Recomendación: Es conveniente introducir los horarios la manera más precisa y aproximada a la realidad del uso del edificio. La introducción de horarios que no sean representativos de la realidad del edificio no necesariamente nos van a aportar una mejora en la calificación, ya que dicha calificación se obtiene de la comparación con un edificio de referencia que tendrá los mismos horarios.

3.4.6. Otras instalaciones.

En este apartado hablaremos de algunos sistemas de instalaciones poco convencionales. Estos sistemas no siempre se pueden simular directamente en los programas de simulación y requieren de la introducción de equipos equivalentes o determinadas metodologías de introducción de datos en los programas de simulación.

RECUPERADORES DE CALOR

Este tipo de instalaciones no son obligatorias en edificios de vivienda o terciarios. En el caso de que nuestro edificio cuente con una de estas instalaciones deberemos introducir sus características de forma distinta, dependiendo de si es una vivienda o es un edificio terciario.

- **Viviendas:** Los programas oficiales no permiten la inclusión de instalaciones con recuperador de calor para el uso residencial. Sin embargo, el efecto del recuperador de calor puede y debe tenerse en cuenta en el valor de ren/h introducido. Ese valor de ren/h se refiere a aire exterior sin tratar y deberíamos reducirlo en función de la cantidad de aire que tengamos a temperatura interior gracias al recuperador de calor.
- **Edificio terciario:** El programa oficial LIDER-CALENER permite la introducción de este tipo de instalación vinculada a equipos de climatización multizona (por conductos o de expansión directa).

Influencia en la simulación: **MUY IMPORTANTE**

Recomendación: Para conseguir plasmar la influencia del uso de un recuperador de calor en edificios residenciales disminuirémos el número de ren/h en función del rendimiento del recuperador de calor. Ej: Si el rendimiento del recuperador de calor es 0,5, disminuirémos el valor de ren/h a la mitad.

GEOTÉRMIA

Con un equipo de bomba de calor geotérmica obtenemos un efecto de precalentamiento del aire en invierno y pre-enfriamiento del aire en verano. Este tipo de instalaciones no están directamente disponibles en los programas oficiales de simulación y requieren de una introducción de datos mediante sistemas equivalentes.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Para el caso de bombas de calor geotérmica se recomienda usar un equipo ideal de rendimiento constante. Estos rendimientos constantes (de calefacción y de refrigeración) serán unos rendimientos equivalentes calculados previamente. **En ningún caso será el rendimiento nominal del equipo.** Si nuestro edificio está dividido en varias zonas, tendremos que introducir un sistema unizona con este tipo de equipos por cada zona.

COGENERACIÓN

Este tipo de equipos proporcionan energía eléctrica y energía térmica partiendo de un combustible, que por lo general es gas natural. Este tipo de instalación debe simularse con la introducción de un sistema de equivalente.

Influencia en la simulación: **IMPORTANTE**

Recomendación: Para simular este tipo de equipos se recomienda usar un equipo ideal de rendimiento constante. Estos rendimientos constantes (de calefacción y de refrigeración) serán unos rendimientos equivalentes calculados previamente. Posteriormente se descontará de los resultados obtenidos en la simulación las emisiones equivalentes a la generación eléctrica producida por el cogenerador.

4. EJECUCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO EFICIENTE

4.1. ENVOLVENTE.

1. Generalidades.

Este capítulo del manual se centrará en especificar posibles errores en la construcción de los siguientes elementos:

1. Cerramientos en contacto con el terreno.

- Losa de sótano.
- Losa o solera superficial con aislamiento exterior.
- Losa o solera superficial con aislamiento interior.
- Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.
- Forjado sanitario con aislamiento por el interior.
- Muro de cimentación sin aislamiento.
- Muro de cimentación con aislamiento exterior.
- Muro de cimentación con aislamiento interior.

2. Cerramientos verticales.

- S.A.T.E. (aislamiento por el exterior).
- Trasdosado (aislamiento por el interior).
- Fachada ventilada.
- Muro Trombe.
- Fachada vegetal.

3. Cubiertas planas e inclinadas.

- Cubierta plana tradicional
- Cubierta plana invertida.
- Cubierta plana con aislamiento por el interior.
- Cubierta ventilada.
- Cubierta vegetal.
- Cubierta aljibe.
- Cubierta inclinada aislamiento exterior.
- Cubierta inclinada aislamiento interior.
- Cubierta forjado inclinado.

4. Huecos: ventanas, puertas y lucernarios.

- Marcos de ventanas
- Vidrios
- Sistemas de protección solar móviles.

5. Puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.

1. Cerramientos en contacto con el terreno.

1.1. Losa de sótano.

En una losa de sótano el aspecto más importante a tener en cuenta durante su ejecución es asegurar su estanqueidad al agua. La buena ejecución tendrá en cuenta el uso de materiales adecuados así como el sellado de puntos débiles como arquetas, uniones con muros de sótano, saneamiento, etc...

Buena ejecución:

- Uso de hormigones hidrófugos de alta compacidad y baja retracción, incluso con hidrofugación tras la ejecución para saturar los poros existentes.
- Colocar una lámina impermeabilizante sobre la capa de drenaje.
- Colocar drenaje mediante enchachado de bolos con una lámina de polietileno encima. En casos de humedad más continuada se deberá colocar un drenaje conectado a la red de saneamiento.
- Debe encastrarse la losa al muro de hormigón para asegurar su continuidad perimetral.
- Deben sellarse todas las juntas del suelo con bandas de PVC o con perfiles de caucho expansivo o bentonita de sodio.
- Si el nivel freático está siempre por debajo de la cota de la losa será suficiente con la colocación de hormigón hidrófugo sobre una súbbase mejorada con enchachado de bolos de al menos 20 centímetros.
- Si el nivel freático está en torno a la cota de la losa se tendrá que colocar un drenaje bajo la losa conectado a una arqueta de bombeo con al menos 2 bombas de achique. También deben sellarse las juntas de encuentro y de dilatación de la losa.
- Si el nivel freático está a más de 2 metros por encima de la cota de la losa, además de lo anterior se tendrá que encastrar la losa al muro perimetral para asegurar la impermeabilización superficial.



53. Losa de Sótano antes de su ejecución.

Fuente: imagen propia.



54. Losa de Sótano recién hormigonada.

Fuente: Imagen propia.

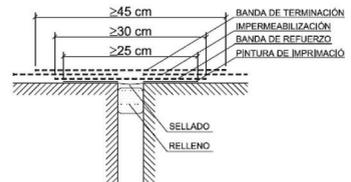


Figura 2.2 Ejemplo de junta estructural

55. Ejemplo de junta estructural según CTE-HS-1

Fuente: CTE

- Estas recomendaciones están basadas en los requerimientos mínimos del CTE-HS-1
 - Evitar el uso de hormigones no hidrófugos.
 - Evitar la falta de estudio geotécnico para la estimación del nivel freático.
 - Evitar la aparición de huecos en la losa sin impermeabilizar convenientemente.
 - Reforzar la impermeabilización en arquetas o huecos de ascensor.

1.2. Losa o solera superficial con aislamiento por el exterior.

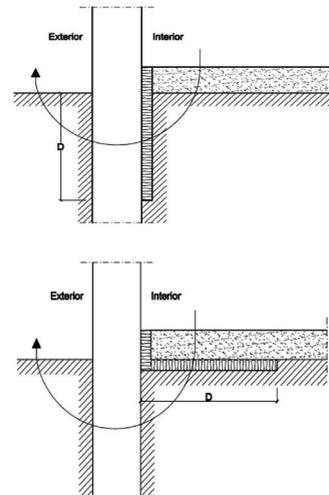
Al ejecutar una losa o solera superficial con aislamiento por el exterior es importante cuidar la ejecución de la banda perimetral, para que no se punzone o mueva de su posición.

Buenas prácticas:

- El aislamiento perimetral debe ser apropiado para su colocación enterrada (Resistencia > 300 kPa).
- El aislamiento debe sujetarse con sujeción mecánica al encofrado perdido de madera perimetral o inferior (dependiendo del caso).
- En el caso de utilizar aislamiento térmico bajo la losa es imprescindible utilizar una solución de aislamiento térmico apta para este uso y que no disminuya su espesor una vez finalizada la ejecución.
- En el caso de utilizar aislamiento térmico en vertical es imprescindible realizar una zanja perimetral sobre la que poder trabajar y anclar mecánicamente el aislamiento al encofrado (en el caso de edificios nuevos) o al hormigón (en el caso de edificios existentes).



56. Aislamiento perimetral de losa.
Fuente: www.isotec.de



57. Ejemplo de aislamiento perimetral horizontal según CTE-HE
Fuente: CTE

1.3. Losa superficial o solera con aislamiento por el interior.

Se trata de una solución similar a la anterior en la que se opta por disponer el aislamiento por la cara interior de la solera o losa. La colocación de aislamiento térmico por el interior de una losa superficial es mucho más sencilla que el caso anterior, sin embargo también es importante cuidar su colocación.

Es una solución apropiada para proyectos de rehabilitación en los que no se levante la solera existente.

Buenas prácticas:

- El material aislante a utilizar deberá tener una resistencia a compresión suficiente (al menos 300kPa)
- Los materiales apropiados para el aislamiento térmico interior son mucho más diversos que en el aislamiento por el exterior, sin embargo suelen tener más espesor para conseguir el mismo aislamiento y es más complicado resolver los encuentros: solería, relleno, etc.
- Puede usarse diversos materiales aislantes, preferiblemente de alta densidad. En el caso de acabados de solería sobre capa de mortero se recomienda el uso de materiales aislantes tipo XPS o EPS.
- El aislamiento se dispondrá en banda perimetral de 1,5m. En la medida de lo posible el aislamiento se “doblará” continuándose por el canto de la losa o solera.
- El aislamiento perimetral debe unirse mecánicamente o mediante adhesivo a la losa de hormigón para evitar que se mueva durante el relleno de la parte central de la solería.
- La situación de esta solución de aislamiento conlleva la modificación de la capa de cama de arena y mortero que sustenta la solería y que deberá ampliar su espesor.
- Deberá disponerse capa separadora geotextil entre el mortero y el aislamiento.
- La decisión de usar este tipo de estrategias puede ir aparejada a la implementación de una instalación de suelo radiante, que requiere de una capa de aislamiento debajo de dicha instalación. En este caso, la capa de aislamiento irá en toda la superficie de las estancias que se acondicionen térmicamente.
- Se procurará que exista continuidad entre el aislamiento del cerramiento vertical y el aislamiento de la losa o solera en el encuentro de los mismos.



58. Aislamiento por el interior sobre forjado.

Fuente: aipex.com



59. Aislamiento perimetral por el interior.

Fuente: anape.es

1.4. Forjado sanitario con aislamiento por el exterior.

El forjado sanitario es un elemento constructivo muy habitual en todo tipo de edificaciones. La situación del aislamiento térmico por la parte interior o exterior de este elemento constructivo puede influir en la ejecución del mismo, si bien, existen diferentes condicionantes a tener en cuenta en la ejecución de un forjado sanitario que no dependen de la posición del aislamiento térmico.

Se trata de una solución que deberá implementarse principalmente en obra nueva. En rehabilitación, la disposición del aislamiento por la cara exterior del forjado sanitario (cara inferior) suele ser muy complicada, debido a que las cámaras sanitarias no suelen permitir la accesibilidad de operarios para realizar los trabajos.

Buenas prácticas:

- La cámara sanitaria debe estar ventilada. Debe asegurarse un caudal de ventilación que cumpla la siguiente relación: $30 > S_v/A_h > 10$ donde:
 - S_v : Superficie de huecos de ventilación en cm^2
 - A_h : Superficie del forjado sanitario en m^2
- Utilización de materiales de aislamiento térmico con alta resistencia a la humedad.
- En caso de realizar este tipo de soluciones en una rehabilitación, la cámara deberá ser accesible para que un operario pueda llevar a cabo las tareas.
- La fijación del aislamiento térmico en estos casos, será similar a las soluciones de aislamiento térmico de cubierta por el interior.
- Se puede usar cualquier material aislante, siempre que tenga alta resistencia a la humedad.
- Se recomienda proyección de poliuretano cuando el espacio de la cámara sanitaria lo permita o paneles de XPS fijados mecánicamente o con adhesivos tipo mortero cola.



60. Aislamiento por el exterior en cámara sanitaria.
Fuente: Proyecto EDEA-Renov



61. Rejilla de ventilación en forjado sanitario.
Fuente: imagen propia.

1.5. Forjado sanitario con aislamiento por el interior.

Su ejecución será muy similar a la solución de losa o solera con aislamiento por el interior.

Buenas prácticas:

- El material aislante a utilizar deberá tener una resistencia a compresión suficiente (al menos 300kPa) ya que soportará sobrecargas debidas al peso de la solería y al uso de la estancia.
- Puede usarse diversos materiales aislantes, preferiblemente de alta densidad. En el caso de acabados de solería sobre capa de mortero se recomienda el uso de materiales aislantes tipo XPS o EPS.
- La situación de esta solución de aislamiento conlleva la modificación de la capa de cama de arena y mortero que sustenta la solería y que deberá ampliar su espesor.
- La decisión de usar este tipo de estrategias puede ir aparejada a la implementación de una instalación de suelo radiante, que requiere de una capa de aislamiento debajo de dicha instalación. En este caso, la capa de aislamiento irá en toda la superficie de las estancias que se acondicionen térmicamente.
- Se procurará que exista continuidad entre el aislamiento del cerramiento vertical y el aislamiento del forjado sanitario en el encuentro de los mismos.



62. Aislamiento por el interior sobre forjado
Fuente: aixpex.com



63. Panel de aislamiento térmico con tetones para suelo radiante.
Fuente: UPONOR.

1.6. Muro de sótano sin aislamiento térmico.

En un muro de sótano el aspecto más importante a tener en cuenta durante su ejecución es asegurar su estanqueidad al agua. La buena ejecución tendrá en cuenta el uso de materiales adecuados así como el sellado de puntos débiles como juntas de dilatación, uniones con losas de sótano, pasos de instalaciones o estructuras, etc...

Buena ejecución:

- Uso de hormigones hidrófugos de alta compacidad y baja retracción, incluso con hidrofugación tras la ejecución para saturar los poros existentes.

- Colocar una lámina impermeabilizante al exterior del muro siempre que sea posible, si no fuera posible la lámina se colocará desde el interior.
- Colocar drenaje al exterior con encachado de bolos. En casos de humedad más continuada se deberá colocar un drenaje conectado a la red de saneamiento.
- Debe encastrarse el muro a la losa de hormigón para asegurar su continuidad perimetral.
- Deben sellarse todas las juntas del muro con bandas de PVC o con perfiles de caucho expansivo o bentonita de sodio.
- Si el nivel freático afecta al muro, será imprescindible colocar una impermeabilización exterior, además de un drenaje según CTE-HS.
- Si el nivel freático está a más de 2 metros por encima de la base del muro, además de lo anterior se tendrá que encastrar el muro a la losa perimetral para asegurar la impermeabilización superficial.
- Estas recomendaciones están basadas en los requerimientos mínimos del CTE-HS-1
 - Evitar el uso de hormigones no hidrófugos.
 - Evitar la falta de estudio geotécnico para la estimación del nivel freático.
 - Evitar la aparición de huecos en el muro sin impermeabilizar convenientemente.
 - Reforzar la impermeabilización en pasos de instalaciones y huecos.



64. Colocación de lámina impermeabilizante al exterior de muro de sótano.
Fuente: texsa.es



65. Lámina drenante al exterior de muro de sótano
Fuente: texsa.es

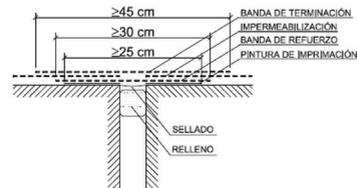


Figura 2.2 Ejemplo de junta estructural

66. Ejemplo de junta estructural según CTE-HS-1
Fuente: CTE

1.7. Muro de sótano con aislamiento por el exterior.

Lo más importante en la ejecución del aislamiento térmico por el exterior de un sótano es la integridad y la posición del aislamiento después de su colocación y durante el relleno del muro de sótano por el exterior.

Buena ejecución:

- El material de aislamiento debe soportar en todo caso al menos 300 kg/m² sin deformarse para asegurar un correcto comportamiento durante toda su vida útil. Además el aislamiento deberá ser hidrófugo. El material más usado en estos casos es el poliestireno extruido.
- Es imprescindible unir mecánicamente o mediante adhesivo el aislamiento térmico al soporte del muro. En la mayoría de los casos es recomendable utilizar ambos procedimientos para asegurar que el aislamiento no se moverá.

1.8. Muro de sótano con aislamiento por el interior.

El aislamiento térmico por el interior de un muro de sótano es el más fácil de ejecutar ya que supone trabajar en el interior del edificio en todo momento, durante su ejecución es importante asegurar la resolución de problemas de condensaciones intersticiales y superficiales debido a la alta humedad que suele existir en los espacios de sótano...

Buena ejecución:

- Es recomendable utilizar aislamiento hidrófugos para evitar que en caso de humedecerse el aislamiento pierda propiedades aislantes.
- Es muy recomendable utilizar paneles, aislamientos u otras soluciones que incorporen barrera de vapor para evitar las humedades intersticiales que pueden darse debido a la colocación de aislamiento térmico por el interior. La barrera de vapor debe situarse en la cara caliente del aislamiento. En el caso de darse condensaciones intersticiales pueden llegar a confundirse con infiltraciones.
- Se pueden usar indistintamente cualquier tipo de trasdosados (ladrillo, cartón yeso, etc...) para soportar el aislamiento térmico al interior.



67. Aislamiento térmico por el exterior en muro de sótano.
Fuente: Danosa.es



68. Colocación de anclajes mecánicos en aislamiento térmico exterior.
Fuente: esfer.es



69. Colocación de aislamiento térmico al interior con panel de cartón yeso con barrera de vapor.
Fuente: pladur.es

2. Cerramientos verticales.

2.1. Fachada con sistema de aislamiento térmico por el exterior (S.A.T.E.).

Se trata de un sistema constructivo poco habitual en obra nueva y que cada vez está siendo más utilizado en rehabilitación debido a que su ejecución es por el exterior del edificio y no afecta a los usuarios del mismo. Consiste en la implementación de un aislamiento térmico por el exterior de la fachada con diversas capas exteriores de imprimaciones y mortero que protege dicho aislamiento. En general la técnica constructiva es sencilla, si bien, es necesario ser cuidadosos en determinados encuentros y puntos de la ejecución ya que existen diferencias en cuanto a los tipos de fijación, los materiales aislantes utilizados y las capas de acabado.

Buenas prácticas:

Trabajos previos

- Este tipo de soluciones no suponen una sobrecarga excesiva, sin embargo, conviene asegurarse de que el soporte tiene capacidad portante suficiente para resistir las cargas de peso propio y del sistema SATE a utilizar.
- Es imprescindible prevér antes de la ejecución de estos sistemas el levantado y posterior colocación de las instalaciones que se encuentren superficialmente en la fachada (cables de electricidad, telefonía, etc.).
- La superficie de la fachada debe estar limpia y seca, asegurándose que ofrece una buena adherencia con el aislamiento. Cuando la fijación del SATE es con perfilería no son necesarios tratamiento previos de la superficie de la fachada.
- En general se dispondrá un perfil en la parte inferior de la fachada sobre el que apoyar las planchas de aislamiento en su arranque.

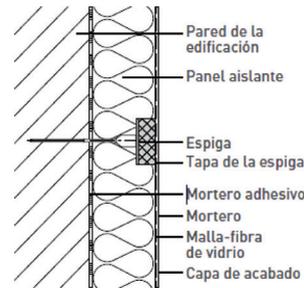
Fijación

- Adhesivos: Utilizaremos esta fijación **en fachadas con buena planeidad**. Se recomienda el uso de morteros minerales que son aptos para todos los aislantes siguiendo las especificaciones de los fabricantes. Otros adhesivos como morteros orgánicos y poliuretano de expansión controlada solo son aptos para el aislante EPS.

Entorno del edificio	I (libre de construcción)			II (protegido)			III (con un número elevado de construcciones)		
	Altura de la edificación (km/h)								
	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85 a 115	8	10	12	8	8	10	6	8	10
115 a 135	10	12	12	10	12	12	8	10	12

70. Número de espigas por m² de SATE

Fuente: IDAE



71. Detalle de instalación de SATE con espigas y adhesivo.

Fuente: IDAE

- Adhesivo+fijaciones mecánicas: Ofrece más garantías que la solución anterior en casos como fachadas muy expuestas al viento. Se dispondrán fijaciones mecánicas tipo espigas asegurando una distribución homogénea de las mismas.
- Perfiles: Solo puede emplearse esta fijación con el material EPS. Usaremos este tipo de fijación **en fachadas problemáticas debido a desplomes o irregularidades muy acusadas**. Las planchas de aislamiento deberán contar con ranuras para encajar en los perfiles.
- Fijaciones mixtas: Es un sistema solo válido para el aislante EPS. Consiste en la utilización de anclajes mecánicos fijados a la fachada cuya cabeza funciona solidariamente con un adhesivo. Evita posibles puentes térmicos y mejora la calidad del revoco de acabado.

Asilantes

- El sistema SATE permite utilizar multitud de materiales aislantes (EPS, XPS, lana mineral, corcho, etc.).
- El planchas de aislamiento deben colocarse contrapeadas, especialmente en las esquinas de los edificios.
- Empezar la colocación del aislamiento por la parte inferior de la fachada con juntas verticales discontinuas.
- Marcar en la parte exterior de la planchas las tuberías y/o instalaciones que queden ocultas por la disposición del aislamiento, para evitar que sean dañadas por taladros en el caso de fijaciones con espigas.
- Revisar las juntas entre placas comprobando que encajan a tope y no están colmatadas de adhesivo.
- Evitar la colocación de barrera de vapor.
- Evitar juntas entre paneles de más de 5mm de espesor sin aislamiento o colmatadas de adhesivo o mortero.
- No acabar una plancha en la continuación de cantos de las esquinas de jambas o capitalizados de los huecos.



72. Instalación de SATE en viviendas

Fuente: Proyecto EDEA-Renov



73. Fijación de paneles con espigas

Fuente: Proyecto EDEA-Renov

Mortero y revoque superficial

- El mortero que cubre las planchas de aislamiento siempre irá armado con armadura de fibra de vidrio con tratamiento antiálcali y solapes de 10 cm como mínimo.
- En las esquinas de ventanas y puertas colocar la armadura en sentido diagonal
- Se dispondrán refuerzos de armadura en jambas y capialzados. Muchos fabricantes ofrecen piezas para este tipo de refuerzo de diseño propio y adaptado al sistema que ofrecen.
- En juntas de dilatación se dispondrán refuerzos de armadura especialmente diseñados al efecto.
- Previo a la capa de revoco se aplicará una capa de imprimación para facilitar la unión de la capa de mortero y el revoque de acabado.
- Se recomienda el uso de revoques con efectos, ondulaciones o áridos para evitar que se aprecien imperfecciones por sombras de fachada e iluminación rasante.
- Evitar acabados finos de un solo color que favorezcan la percepción de irregularidades.
- Evitar la aplicación con temperaturas superiores a 30°C.

2.2. Fachada con aislamiento por el interior.

Es una solución constructiva de fácil y rápida ejecución. Es una alternativa eficaz cuando no se pueda variar el aspecto exterior del edificio, cuando se actúe en una sola vivienda de un bloque residencial o en el caso de que se tengan que ejecutar otras obras en el interior del edificio. Este sistema permite usar prácticamente cualquier tipo de aislamiento térmico.

Buenas prácticas

- En el caso de aislamiento fijados con adhesivos, se debe prestar atención a la fijación de las placas de aislamiento al cerramiento soporte. El adhesivo irá en pelladas de 5 cm de diámetro y separadas unos 40cm entre sí y 5 cm de los bordes.
- Se recomienda la inclusión de una barrera de vapor en la cara caliente del aislamiento térmico para evitar condensaciones intersticiales.
- En estos casos se recomienda el uso de sistemas que incluyen el aislamiento + placa de yeso de laminado todo en uno, y que facilitan la ejecución.
- En el caso de utilizar trasdosados autoportantes se recomienda el uso de lana mineral como material de aislamiento térmico.
- Debemos evitar que los perfiles metálicos del trasdosado (canales y montantes) entren en contacto con el cerramiento, alojando una capa de aislamiento entre éstos y dicho cerramiento.



74. Instalación de trasdosado de aislamiento térmico en pilares
Fuente: Proyecto EDEA-Renov



75. Instalación de trasdosado de aislamiento térmico
Fuente: Proyecto EDEA-Renov



76. Instalación de trasdosado de aislamiento térmico en cuarto húmedo
Fuente: Proyecto EDEA-Renov

2.3. Fachada ventilada.

Es una solución constructiva habitual en obra nueva y que puede implementarse sin grandes problemas en rehabilitación. Consiste en la incorporación de un aislamiento térmico por el exterior de la fachada con una capa de protección exterior dejando una cámara de aire ventilada entre ambos.

Buenas prácticas

- Se recomienda el uso de paneles rígidos o semirígidos de lana de roca como material aislante, aunque el uso de poliuretano proyectado también es muy habitual.
- Deberá disponerse en primera instancia la subestructura que soportará la capa exterior de la solución constructiva.
- El aislamiento deberá adherirse a la fachada mediante alguno de los sistemas explicados para la solución de SATE. En cualquier caso, las planchas de aislamiento no deberán tener menos de 4 anclajes por m².
- Realizar un plano detallado del despiece de la capa exterior de la solución constructiva.
- Un replanteo preciso de los principales puntos de anclaje de la subestructura es fundamental.
- En fachadas con hoja exterior cerámica, resulta recomendable que la franja inferior tenga un mayor número de perfiles para aguantar mejor posibles impactos, incluso usando un material más adecuado y resistente.
- Para evitar problemas de estanqueidad en los encuentros con huecos, se recomienda usar precercos con jambeados incorporados.
- Existen multitud de acabados para hoja exterior y, en general, las casas comerciales ofrecen detalles específicos para los encuentros más conflictivos (jambas, alfeizares, dinteles, pretilas, etc.)
- En rehabilitación, evitar sobrecargar la fachada con un acabado exterior demasiado pesado sin haber realizado un estudio de las cargas del sistema sobre el cerramiento existente.
- En el caso de fachada con acabado exterior cerámico, evitaremos colocar las baldosas de arranque a menos de 20 cm del suelo.



77. Ejemplo de fachada ventilada
Fuente: Taparsa.com



78. Aislamiento térmico proyectado y subestructura de fachada ventilada. Fuente: arquys.com

2.4. Muro trombe.

Pese a ser una solución conocida desde hace décadas, no está para nada extendida en obra nueva ni en rehabilitación. El muro Trombe, en sus fundamentos, se asemeja a un invernadero de proporciones diminutas. El desconocimiento y la necesidad de usar grandes paños de fachada opacos con orientación sur pueden ser algunas de las causas de que la solución esté tan poco extendida.

Buenas prácticas

- El muro principal de la fachada deberá estar pintado de negro y tener una alta inercia térmica.
- Conviene usar materiales como el hormigón, piedra, ladrillo macizo, etc.

Dimensionado

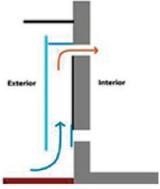
- Superficie del muro Trombe: 0.25-0.8m² de muro Trombe por m² de superficie a acondicionar
- Aberturas de aire: 100cm² por m² de superficie del muro
- Espesor de la cámara: 10 cm aprox.
- El vidrio a utilizar debe ser vidrio sencillo de entre 4 y 6 mm
- El espesor del muro se dimensionará en función del desfase de onda térmica. De esta manera conseguiremos que el muro caliente la estancia una vez que se haya puesto el sol.

Funcionamiento

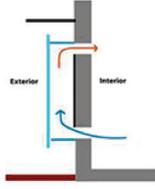
- Durante el día, el muro se calienta por radiación solar y este calienta el aire de la cámara por convección.
- Se deben disponer aberturas en la parte alta y baja del muro para favorecer el lazo convectivo, facilitando la entrada de aire caliente por la rejilla superior a la estancia que deseamos climatizar y recogiendo aire más frío por la rejilla inferior.
- Debemos disponer una persiana con aislamiento térmico por el exterior de la cámara del muro Trombe. Esta persiana se bajará cuando se ponga el sol para que el muro, gracias a su inercia térmica, ceda calor a la estancia.
- La disposición de aberturas practicables en la parte exterior del muro Trombe permite el aprovechamiento de esta solución constructiva en diversas épocas del año en función de la abertura y cierre de estas.



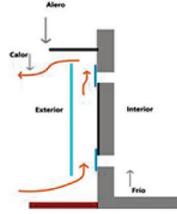
79. Muro trombe en vivienda.
Fuente: construire solaire.com



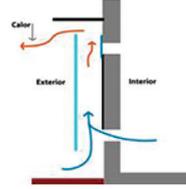
Ventilación de la estancia



Ingreso de aire caliente a la estancia en invierno



Circulación de aire en muro Trombe cuando no se usa



Ventilación forzada en verano

80. Funcionamiento de muro trombe: iti.gov.ar

2.5. Fachada vegetal.

En la actualidad, el uso de fachada vegetal está asociado a la búsqueda de una determinada estética, principalmente en edificios de uso terciario. Sin embargo la fachada vegetal, por sus características, ofrece unas mejoras térmicas al edificio que hacen que deba ser tenida en cuenta tanto en obra nueva como en rehabilitación.

Buenas Prácticas:

- En general existen diversos sistemas, generalmente patentados, para llevar a cabo estas soluciones.
- Las condiciones de ejecución de este tipo de fachadas pueden diferir según el sistema seleccionado y del fabricante que ofrece la solución.
- Conviene contar con un levantamiento detallado de las fachada con indicación de juntas estructurales, salientes, cambios de material, etc.
- Existen cierto paralelismo con la fachada ventilada, ya que muchos sistemas de fachada vegetal requieren de una subestructura para la sujeción del sistema. Esta subestructura deberá estar anclada a cantos de forjado o elementos estructurales.
- Debemos comprobar que las sobrecargas debidas al peso del sistema son admisibles por la estructura.
- En la mayoría de ocasiones es necesaria la disposición de lámina impermeabilizante con la proyección de espuma de poliuretano, que a su vez mejorará la transmisión térmica de la fachada.
- La instalación del sistema de riego es crucial y se deben comprobar todas las juntas, derivaciones, ramales, etc., para evitar infiltraciones de agua en el cerramiento.



81. Fachada vegetal
Fuente: Urbanarbolismo



82. Fachada vegetal
Fuente: Frosts Landscapes

3. Cubiertas planas e inclinadas.

3.1. Cubierta plana tradicional.

Es uno de los sistemas constructivos más habituales que podemos encontrarnos en rehabilitación. En obra nueva ha venido siendo relevado en los últimos años por la cubierta invertida.

Buenas prácticas:

Obra nueva

- En caso de obra nueva se usará un material aislante con una resistencia a compresión suficiente (resistencia > 300 kPa), ya que encima del mismo va la formación de pendiente de la cubierta, así como el acabado de la misma (solería, etc.)
- Este tipo de cubierta tiene la membrana impermeabilizante más expuesta a fuertes variaciones de temperatura y por tanto la posibilidad de fallo es más probable.
- Entre la lámina impermeabilizante y el acabado superior se deberá disponer una capa geotextil de separación para evitar punzonamientos de la lámina.
- Realizar solapes de láminas en encunetros con pretilas o petos de cubierta de al menos 20 cm.



83. Cubierta plana tradicional con aislamiento bajo la formación de pendiente. Fuente: bituver.it

Rehabilitación

- En caso de la rehabilitación de una de estas cubiertas; dependerá del objetivo de la rehabilitación, pero en general se realizará una “cubierta invertida” encima de la cubierta existente, disponiendo una capa de impermeabilización, el aislamiento térmico y el acabado deseado (transitable, o no transitable)
- Es muy importante comprobar que la cubierta existente puede soportar las cargas aportadas por la solución de rehabilitación seleccionada.
- Los encuentros con elementos verticales (petos y pretilas) deben revisarse ya que suelen ser los puntos de las cubiertas existentes que presentan más deficiencias por el paso de los años.

3.2. Cubierta plana invertida.

Este sistema constructivo de cubierta plana es el más habitual en construcción. Sus principales ventajas radican en que la propia capa de aislamiento protege la lámina impermeabilizante de dilataciones y esfuerzos excesivos.

Buenas prácticas:

- La única diferencia entre obra nueva y rehabilitación consiste en que en el caso de rehabilitaciones se debe comprobar el estado de la lámina impermeabilizante de la cubierta existente y repararla o sustituirla en caso necesario.
- Es muy importante comprobar que la cubierta existente puede soportar las cargas aportadas por la solución de rehabilitación seleccionada.
- La situación del aislamiento por el exterior evita que aparezcan posibles condensaciones en la lámina impermeabilizante, ya que esta deja de ser la cara fría del cerramiento.
- En el caso de usar poliuretano proyectado como material aislante el espesor deberá ser superior a 3 cm con una densidad de al menos 45 kg/m³ para garantizar impermeabilidad. Se aconseja, en este caso, la disposición de una barrera de vapor debajo del aislamiento.
- Deberán cuidarse los encuentros con petos de cubierta, donde se recomienda retirar posibles piezas y zonas con desperfectos y realizar los acabados con poliuretano.
- En el caso de usar como material aislante el XPS, las planchas del material se dispondrán de forma libre sin adherirlas, colocadas a tope entre ellas y con juntas al tresbolillo.
- Estas planchas son muy ligeras por lo que deben ser inmediatamente lastradas con una capa de grava de 5cm en caso de cubierta no transitable y con la ejecución de la solería en caso de cubierta transitable.
- Es importante colocar una capa de separación tipo geotextil entre las planchas de aislamiento y la capa superior.
- Para el caso de utilizar EPS como material aislante, la ejecución será muy similar.



84. Aislamiento de paneles de XPS en cubierta plana invertida. Fuente: danosa.es



85. Aislamiento de baldosas de XPS en cubierta plana invertida. Fuente: danosa.es

3.3. Cubierta con aislamiento por el interior.

Este tipo de soluciones están indicadas especialmente en rehabilitaciones, cuando no existen problemas de impermeabilización de la cubierta existente, no se desea modificar el aspecto externo de la cubierta debido a algún tipo de protección de la edificación o solo se desea rehabilitar una parte del edificio, por ejemplo, una sola vivienda de un bloque residencial.

El montaje con trasdosado de aislamiento térmico con placas de yeso laminado es especialmente rápido y seco, permitiendo la habitabilidad del edificio.



86. Aislamiento térmico por el interior en cubierta.
Fuente: ursa.es

Buenas prácticas:

- Se puede usar cualquier material aislante, si bien, en el caso de rehabilitación, no se recomienda la proyección de poliuretano por posibles problemas de suciedad.
- Por su facilidad de colocación, se recomienda el uso de paneles semirígidos de lana de roca o paneles de XPS.
- Las planchas de XPS pueden ser enlucidas insitu o llevar un trasdosado de cartón-yeso.
- Cuando usemos lana de roca, este material deberá ir apoyado sobre los paneles de cartón-yeso.
- En el caso de XPS se puede proceder de manera análoga al punto anterior, o pegar las planchas de aislamiento al forjado de cubierta con adhesivo tipo mortero-cola compatible con el poliestireno.
- Actualmente existe multitud de sistemas en el mercado que integran aislamiento térmico con placa de yeso laminado, lo cual facilita mucho la ejecución grantizando un buen acabado.

3.4. Cubierta ventilada.

La cubierta ventilada dispone una cámara de aire bajo el pavimento de la cubierta y por encima de la capa de aislamiento de esta, que generalmente está protegida con una capa de mortero de protección. Para ejecutar la solería flotante se colocan soportes tipo "plots" que aseguran la planeidad de la solería o tabiquillos aligerados de poca altura. La cámara de aire favorece el sombreado de la cubierta en verano.

Buenas prácticas:

- Se dispondrá el aislamiento térmico sobre el soporte resistente (forjado unidireccional, losa, o reticular)
- La capa exterior puede ejecutarse mediante diferentes métodos. Uno de los más habituales es mediante tabiquillos aligerados de unos 15 cm de altura y separación de un metro. Sobre estos se ejecuta tablero de rasillón, sobre el que se ejecutará impermeabilización y ejecución de solería. Este método no requiere que el aislamiento térmico tenga una determinada resistencia a compresión, ya que no soportara cargas.
- Se deberá atender especialmente a los encuentros entre la lámina impermeabilizante y los paramentos verticales (petos, pretiles, etc.) con solapes de al menos 20 cm, y también a los encuentros con los huecos de ventilación.
- Disponer siempre una capa de separación geotextil entre la lámina impermeabilizante y la ejecución de la solería.
- Otro método de ejecución de cubiertas ventiladas es en el que el aislamiento dispuesto sobre el soporte resistente, está recubierto con una capa de mortero de protección y nivelación. La lámina impermeabilizante podrá situarse por encima o por debajo del aislamiento térmico, disponiendo siempre una capa separadora geotextil. Sobre la capa de nivelación se situaran los soportes de la solería tipo plots.
- En cualquiera de los casos, es importante que la ventilación de la cámara cumpla la relación $30 > S_s / A_c > 3$ donde:
 - S_s = superficie de aberturas de ventilación en cm^2
 - A_c = Superficie de la cubierta en m^2



87. Cubierta ventilada sobre plots.
Fuente: piedranatural.es

3.5. Cubierta aljibe.

Es una solución poco común, especialmente en viviendas. Requiere de un correcto cálculo estructural, ya que aporta una importante sobrecarga a causa del peso de la lámina de agua. Se descartará su uso en rehabilitación a no ser que tengamos total seguridad del estado estructural del edificio y de que este puede soportar las cargas.

Buenas prácticas:

- Cálculo pormenorizado de cargas de la estructura.
- La formación del vaso se realizará con una capa de protección de mortero de cemento.
- Ejecutar juntas de contorno y de encuentro con elementos verticales rellenas con porexpan de 2cm.
- Disponer juntas de retracción en damero formando retículas de 5x5m.
- Implementar doble capa de impermeabilización, atendiendo especialmente a los encuentros perimetrales y con sumideros.
- Los sumideros deben elevarse por encima de la lámina de agua. En caso de ejecutar cubierta aljibe sobre otra cubierta ya existente y modificada para esto, insertará un acople “hembra-hembra” y sobre este acople se implementará la extensión en altura del sumidero hasta por encima de la cota de agua. Debe prestarse especial atención al sellado de los encuentros entre piezas.
- Los solapes perimetrales deberán subir hasta 20 cm por encima de donde se sitúa la lámina de agua.
- Rematar los solapes con perfil de aluminio sellado por el exterior.
- Dependiendo del tamaño de la cubierta, se recomienda la inclusión de una hilera de baldosas por encima de la lámina de agua para labores de mantenimiento, dispuestas sobre plots fijados al soporte con espuma de poliuretano.



88. Cubierta aljibe con equipo de llenado automático y nivel de agua.

Fuente: Proyecto EDEA-Renov.

3.6. Cubierta vegetal.

Esta es otra tipología de cubierta plana que no está demasiado extendida en España, aunque sí en otros países. Al igual que la cubierta aljibe o inundada, esta cubierta supone una importante sobrecarga de la estructura por lo que su ejecución en rehabilitación tendrá sentido si existe un estudio pormenorizado del estado de la estructura original del edificio y de su capacidad portante.

Buenas prácticas:

- Sobre el soporte resistente se ejecutará una capa de regularización.
- Se recomienda la inclusión de una barrera de vapor entre la capa de regularización y el aislamiento térmico.
- El aislamiento térmico deberá tener suficiente resistencia a compresión ya que soportará sobrecargas importantes. Se recomienda XPS.
- La lámina impermeabilizante se dispondrá por encima del aislamiento térmico.
- Es importante la implementación de láminas antiraíces y capa de drenaje por encima de la lámina impermeabilizante.
- La capa de sustrato natural se ejecutará separando al de las anteriores láminas con una lámina geotextil.
- El espesor del sustrato dependerá de las plantas seleccionadas y será como mínimo de 15 cm (para plantas tipo sedum)
- En el perímetro de la cubierta y alrededor de los desagües se recomienda dejar previsto un relleno de grava.



89. Detalle cubierta vegetal.
Fuente: habitasustentable.cl



90. Detalle cubierta vegetal.
Fuente: zinco.es

3.7. Cubierta inclinada con aislamiento por el exterior.

Se trata de una tipología de cubierta muy generalizada. El aislamiento se sitúa por el exterior del soporte resistente (forjado horizontal de la cubierta), y puede situarse por el exterior del tablero de formación de pendiente de la cubierta o por encima del forjado, que es la opción mas habitual.

Buenas prácticas:

Aislamiento sobre forjado horizontal

- Se recomienda en la medida de lo posible la situación del aislamiento por encima del forjado horizontal de cubierta, entre los tabiquillos palomeros que soportan los paños inclinados de cubierta.
- En este caso la cámara deberá estar suficientemente ventilada cumpliéndose al menos las exigencia del CTE ($30 > Ss/AC > 3$ donde Ss = superficie de aberturas de ventilación en cm^2 y AC = Superficie de la cubierta en m^2)



91. Construcción de cubierta inclinada con aislamiento en paño horizontal. Fuente: ursa.es

Aislamiento sobre paños inclinados de cubierta

- Esta solución suele utilizarse cuando el espacio bajo cubierta es accesible y acondicionado.
- Este tipo de solución también es adecuada cuando en lugar de un forjado horizontal, se dispone de un falso techo horizontal (cubiertas generadas con cerchas, por ejemplo).
- En el caso de situar el aislamiento térmico por el exterior de los paños inclinados de cubierta, la cámara de aire generada entre los paños de cubierta y el forjado horizontal, deberá ser completamente estanca.
- También situaremos el aislamiento sobre la formación de pendiente de la cubierta en rehabilitaciones en las que la cámara de aire no sea accesible.
- Asegurar la fijación de las planchas de aislamiento de EPS y XPS con fijaciones mecánicas tipo espiga (para cubiertas de más de 45° de pendiente que no requieren de impermeabilización).
- En cubiertas inclinadas de menos de 45° de inclinación las planchas de aislamiento se fijaran al forjado inclinado con adhesivos compatibles. Se recomienda en estos casos el uso de lámina impermeabilizante autoadhesiva.



92. Construcción de cubierta inclinada con aislamiento en paño inclinado. Fuente: ursa.es

- En caso de usar EPS como material aislante, se situará una barrera de vapor bajo el aislamiento para evitar condensaciones intersticiales.
- En rehabilitaciones de cubiertas generadas por entramados de pares y correas sobre las que apoyan las tejas, y cuando el espacio bajo cubierta es accesible, se puede utilizar como material aislante el poliuretano proyectado por la cara inferior de las tejas de la cubierta, utilizando un espesor de al menos 3 cm.

3.8. Cubierta inclinada aislamiento por el interior.

El sistema de aislamiento por el interior en cubiertas inclinadas presenta muchas similitudes con los sistemas de trasdosados de aislamiento térmico interior de cubiertas planas.

Buenas prácticas:

- Se puede usar cualquier material aislante, si bien, en el caso de rehabilitación, no se recomienda la proyección de poliuretano por posibles problemas de suciedad.
- Por su facilidad de colocación se recomienda el uso de paneles semirígidos de lana de roca o paneles de XPS.
- Las planchas de XPS pueden ser enlucidas insitu o llevar un trasdosado de cartón-yeso.
- Cuando usemos lana de roca, este material deberá ir apoyado sobre los paneles de cartón-yeso.
- En el caso de XPS se puede proceder de manera análoga al punto anterior, o pegar las planchas de aislamiento al forjado de cubierta con adhesivo tipo mortero-cola compatible con el poliestireno.
- Actualmente existe multitud de sistemas en el mercado que integran aislamiento térmico con placa de yeso laminado, lo cual facilita mucho la ejecución garantizando un buen acabado.



93. Aislamiento térmico por el interior en cubierta.
Fuente: ursa.es

3.9. Cubierta con forjado inclinado.

Se trata de un sistema constructivo cada vez más habitual ya que los espacios bajo cubierta son cada vez más atractivos para los usuarios. Acepta las soluciones de aislamiento por el interior y por el exterior del forjado inclinado, por lo que dependiendo de la decisión del técnico de donde situar el aislamiento térmico se deberán tener unas consideraciones de ejecución u otras.

Buenas prácticas:

Aislamiento sobre forjado inclinado

- También situaremos el aislamiento sobre la formación de pendiente de la cubierta en rehabilitaciones en las que la cámara de aire no sea accesible.
- Esta solución suele utilizarse cuando el espacio bajo cubierta es accesible y acondicionado.
- Se recomienda el uso de aislamiento tipo EPS, XPS o poliuretano proyectado.
- En caso de usar EPS se situará una barrera de vapor bajo el aislamiento para evitar condensaciones intersticiales.
- Asegurar la fijación de las planchas de aislamiento de EPS y XPS con fijaciones mecánicas tipo espiga (para cubiertas de más de 45° de pendiente que no requieren de impermeabilización).
- En cubiertas inclinadas de menos de 45° de inclinación las planchas de aislamiento se fijaran al forjado inclinado con adhesivos compatibles. Se recomienda en estos casos el uso de lámina impermeabilizante autoadhesiva.
- Se recomienda la ejecución de un cajeadado en encuentros con aleros y hastiales para evitar el posible deslizamiento de planchas de aislamiento.



94. Construcción de cubierta inclinada con aislamiento en forjado inclinado. Fuente: ursa.es



95. Aislamiento térmico por el interior en cubierta. Fuente: ursa.es

Aislamiento bajo forjado inclinado

- Se puede usar cualquier material aislante, si bien, en el caso de rehabilitación, no se recomienda la proyección de poliuretano por posibles problemas de suciedad.
- Por su facilidad de colocación se recomienda el uso de paneles semirígidos de lana de roca o paneles de XPS.

- Las planchas de XPS pueden ser enlucidas insitu o llevar un trasdosado de cartón-yeso.
- Cuando usemos lana de roca, este material deberá ir apoyado sobre los paneles de cartón-yeso.
- En el caso de XPS se puede proceder de manera análoga al punto anterior, o pegar las planchas de aislamiento al forjado de cubierta con adhesivo tipo mortero-cola compatible con el poliestireno.
- Actualmente existe multitud de sistemas en el mercado que integran aislamiento térmico con placa de yeso laminado, lo cual facilita mucho la ejecución grantizando un buen acabado.

4. Huecos. Ventanas, puertas y lucernarios.

4.1. Marcos de ventanas.

En la ejecución de las ventanas, las carpinterías o marcos tienen gran importancia. Deben garantizar un nivel de estanqueidad al aire, existiendo varias clases de ventanas en función de su permeabilidad al aire (Clase 0 a 4, según menos o más estanqueidad al aire).

En función del material utilizado y de sus características supondrán un porcentaje mayor o menor del hueco con la consiguiente pérdida de superficie transparente para ganancias solares de luz y radiación.

Buenas prácticas:

- Todos los materiales empleados en la colocación de la carpintería en el hueco deben ser compatibles con la ventana a colocar.
- Se debe cuidar la estanqueidad al aire y al agua de la carpintería una vez colocada, especialmente del tercio inferior de estas, en la unión con el alfeizar.
- Existen varios métodos de colocación habituales:
 - Convencional: Mediante garras tomadas con mortero (yeso si son de aluminio). Utilizar esta unión en rehabilitaciones donde no hay premarco de la ventana y el cerramiento es resistente.
 - Mediante adhesivos: En general espumas adhesivas de poliuretano. Este es el método más recomendable, si bien, se debe controlar que el adhesivo no es incompatible con los cercos o precercos. Se debe evitar deformaciones en los perfiles cuando el producto utilizado produzca presiones en los cercos.
 - Atornillado o grapado: Unión mediante tornillería o grapas unidos que unen los cercos o precercos al cerramiento. Se usarán tornillos de no menos 2,5 cm de largo y distancias de no menos de 50 cm entre tornillos y 20 cm a las esquinas de los cercos.
- El sellado exterior entre cercos o precercos y cerramiento se realizará con silicona neutra resistente a la intemperie y a los rayos UV.
- La transmisión de vapor de agua del sellador exterior debe ser superior a la transmisión de vapor de agua del sellador interior para evitar la formación de condensaciones en el parte interior de la junta.



96. Colocación de marco de ventana sellado con espuma de poliuretano.
Fuente: Proyecto EDEA-Renov.

Marcos de madera

- Este tipo de ventanas siempre irá con premarco, que deberá estar correctamente colocado, aplomado y a escuadra.
- Descuadre máximo: 3mm en perfiles menores de 2m y 5mm en longitudes superiores.
- Desplome máximo: 2 mm en perfiles menores de 2m y 3mm en longitudes superiores.
- Para garantizar una resistencia mecánica suficiente se realizará la fijación del marco al premarco con tornillos de 5mm de grosor y entre 20 y 30 mm de longitud (estas medidas pueden variar según el marco).
- Sellar la posible holgura entre marco y premarco con material aislante tipo espuma de poliuretano.

Marcos de aluminio con RPT

- Se debe garantizar una unión sólida del perfil de aluminio (cercos) a la fachada.
- Se revisará la rotura de puente térmico de los marcos y su buen estado, además de los certificados correspondientes.

Marcos de PVC con cámara de aire

- En general deben tenerse en cuenta los puntos generales de buenas prácticas explicados anteriormente.

4.2. Vidrios.

Los vidrios suponen la parte más débil de los huecos, debido a su ligereza y a unos valores de transmitancia térmica muy elevados. Con el objetivo de paliar esta deficiencia, el uso de vidrios dobles con cámara de aire intermedia se ha generalizado en los últimos años pasando de una transmitancia térmica (U) de 5,7 W/m²K de un vidrio monolítico sencillo a unos valores de U de unos 2,7 W/m²K para un vidrio doble de buenas prestaciones o un valor de U de 1,4 W/m²K para vidrios dobles con tratamientos especiales (capa bajo emisiva, cámaras con argón, etc.) o vidrios triples.

Buenas prácticas:

- Lo habitual es que las carpinterías se suministren sin vidrios para evitar daños durante la colocación de la misma.
- El vidrio no deberá estar en contacto con el bastidor. Para ello se distribuyen una serie de calzos que transmiten el peso del vidrio al bastidor.
- Además de los calzos de apoyo se distribuirán unos calzos laterales para evitar movimientos laterales del vidrio.
- Comprobar que los vidrios se encuentran bien ajunquillados con juntas de neopreno y unión “seca” (clip) en el caso de carpinterías de PVC.
- En vidrios dobles convencionales, es indiferente que cara se coloca hacia el exterior o el interior de la carpintería.
- En el caso de vidrios dobles bajo-emisivos, vidrios dobles con diferentes espesores o vidrios con doble cámara, se tendrá especial cuidado a la correcta disposición de dichos vidrios en la carpintería, ya que puede variar las prestaciones del hueco.
- En vidrios dobles bajo-emisivos, la capa del vidrio con el tratamiento bajo-emisivo debe estar en contacto con la cámara de aire.
- Se revisará que los vidrios cuentan con la etiqueta de eficiencia energética de la ventana de ASEFAVE.



*Ventana de 1200x 2100mm. Acristamiento con espaciador termico.

97. Etiqueta de eficiencia energética de la ventana.
Fuente: asefave.org.

4.3. Sistemas de protección solar móviles.

Los elementos de protección solar en la obra pueden ir desde el más modesto toldo hasta complejos entramados de lamas y celosías. En función de la complejidad y el peso de estos elementos su puesta en obra resultará más o menos complicada.

Buenas prácticas:

Persianas

- Actualmente están muy extendidos los sistemas de ventanas tipo monoblock, en los que el cajón de la persiana está integrado con la carpintería. Es una buena opción ya que aporta rapidez y facilidad de colocación.
- Los sistemas compactos, a diferencia de los monoblock, son elementos independientes de la carpintería.
- En cualquiera de los casos, la caja de persiana es un punto débil del cerramiento y supone un importante puente térmico.
- Se recomienda que la caja de persiana vaya por el interior del cerramiento. En caso de cerramiento con aislamiento por el exterior, el problema del puente térmico estaría resuelto.
- En el resto de casos, se recomienda el uso de cajas de persiana con aislamiento térmico incorporado. Existen incluso soluciones para rehabilitación de huecos de persiana ya existentes.



98. Ventana con protección solar de persiana monoblock. Fuente: Proyecto EDEA-Renov.

Otros sistemas de protección solar

- En general, los elementos de sombreado a base de lamas horizontales o verticales, requieren de una subestructura que los soporta y vincula a los elementos resistentes de la fachada (cantos de forjado). En estos casos se comprobará que las sobrecargas producidas pueden ser aguantadas por la estructura, o dimensionar esta teniendo en cuenta dichas cargas en el caso de obra nueva.
- Los elementos de protección solar estacional (toldos) por lo general no presentarán problemas a la hora de anclarlos a la fachada (jambas y dinteles). En el caso de toldos de gran tamaño y peso, para huecos especialmente grandes se tendrán en cuenta consideraciones similares a las del punto anterior, y la inclusión de sensores de viento que recojan el toldo en caso de viento fuerte.

5. Mejoras de puentes térmicos superficiales, lineales y puntuales.

Los puentes térmicos suponen uno de los puntos débiles de la envolvente de la fachada y las pérdidas energéticas que se producen a través de ellos pueden llegar a tener cierta relevancia, especialmente en envolventes con mucho aislamiento térmico.

Buenas prácticas:

Unión cubierta-fachada con aislamiento por el exterior

- La ubicación del aislamiento térmico de la fachada por el exterior facilitará en gran medida la solución del puente térmico.
- En cubiertas planas es recomendable la ejecución de pretilos con apoyos puntuales tipo barandilla para facilitar la unión del aislamiento térmico de fachada con el aislamiento de la cubierta.
- En rehabilitaciones donde la cubierta plana este rematada con un pretil, en caso de utilizarse un sistema SATE, este se prolongará hasta la parte alta del mismo. El aislamiento de la cubierta también debe prolongarse hasta la parte más alta de dicho.

Unión cubierta-fachada con aislamiento por el interior

- Es un caso similar al anterior pero el aislamiento térmico de la fachada se sitúa por la parte interior del cerramiento. En este caso dicho aislamiento deberá prolongarse por la parte inferior del forjado en una franja de al menos 1 m. Este aislamiento térmico se trasdosará con cartón yeso. Este trasdosado se prolongará a toda la estancia para evitar problemas estéticos (escalón).
- En este caso no será necesario prolongar el aislamiento térmico de la cubierta por el pretil de la cubierta.
- La fijación de este aislamiento será similar a la indicada en el apartado de aislamiento térmico por debajo de la cubierta.

Frente de forjado con aislamiento por el exterior

- Este tipo de puente térmico se evita completamente cuando se toma la decisión de aislar por el exterior con un sistema tipo SATE.



99. Mejora de aislamiento térmico en huecos.
Fuente: esfer.es



100. Mejora de aislamiento térmico de pilares por el interior.
Fuente: Proyecto EDEA-Renov.

Frente de forjado con aislamiento por el interior

- En este caso se recomienda que el aislamiento térmico situado en la cara interior de la fachada “doble” y se prolongue por la parte inferior y superior del forjado en una franja de al menos 1 m. El aislamiento que se sitúe en la parte superior del forjado deberá tener suficiente resistencia mecánica para aguantar el peso de la solería y el uso de esta.
- En obra nueva también se podrán disponer planchas de aislamiento de 3cm de espesor aproximado fijadas a los cantos de forjado mediante adhesivo adhesivo cementoso o fijaciones mecánicas.

Contorno de huecos

- En el apartado de buenas prácticas de ejecución de carpinterías se explica la importancia del correcto sellado de las carpinterías. El uso de materiales como espumas de poliuretano para unir la carpintería a la fachada, además de sujetar la carpintería, evitará infiltraciones de agua y aire y mejorará el puente térmico. Es importante que dicho material aislante se una con el aislamiento previsto en el cerramiento para evitar discontinuidades.
- Este tipo de actuaciones evitan también los problemas de condensaciones que pueden aparecer en las proximidades de los huecos.

Aislamiento exterior de pilares o vigas de fachada

- Este tipo de puente térmico se evita completamente cuando se toma la decisión de aislar por el exterior con un sistema tipo SATE.

Aislamiento interior de pilares o vigas de fachada

- Se implementará aislamiento térmico de 3 cm de espesor aproximado en las caras interiores de pilares y/ vigas de descuelgue.
- Fijar el aislamiento preferiblemente con adhesivos.
- Realizar un trasdosado, preferiblemente de cartón yeso, siguiendo las especificaciones de los trasdosados de aislamiento térmico por el interior de las fachadas.
- Es importante asegurar la continuidad entre el aislamiento implementado para el puente térmico y el aislamiento de la fachada.

4.2. INSTALACIONES.

1. Generalidades.

Este capítulo del manual se centrará en especificar posibles errores en la ejecución de las instalaciones de viviendas, que den lugar a que las mismas no cumplan las exigencias de diseño especificadas en el proyecto y como consecuencia se produzca una disminución de la eficiencia energética de la misma y un mayor consumo energético que el que se esperaba en la fase de diseño.

Siguiendo la estructura del capítulo 2, se irán indicando las deficiencias de ejecución en que el instalador puede incurrir en cada instalación.

2. Agua caliente sanitaria (ACS).

El consumo energético en la producción de ACS es el segundo mayor consumo de energía en las viviendas, después de la calefacción, por lo que los errores cometidos en este apartado tendrán mucha importancia.

2.1. Instalación solar térmica.

Los errores que se pueden cometer a la hora de ejecutar una instalación solar térmica, que influirán en su eficiencia, son los siguientes:

1. Instalar con deficiente orientación e inclinación los paneles solares o en lugares donde se produzcan sombras. Un error frecuente consiste en determinar mal la orientación por desmagnetización de la brújula u otras causas. Para evitarlo conviene realizar mediciones con dos brújulas distintas ubicadas en sitios diferentes.
2. Anclar la estructura soporte en cubiertas inclinadas de tejas sobre las mismas. La solución sería remover las tejas necesarias y anclar la estructura soporte en la estructura de cubierta. Impermeabilizar posteriormente los puntos de anclaje para evitar infiltraciones y reconstruir.
3. No utilizar los accesorios especificados por el fabricante para el soporte de los paneles, cuando la pendiente de la cubierta es inferior o superior a una pendiente especificada por él.
4. No sellar todas las conexiones herméticamente con teflón, lo que dará lugar a fugas que disminuirán el rendimiento.
5. No aislar o aislar insuficientemente todos los elementos y conexiones de la placa o placas, en zonas en que se puedan alcanzar temperaturas ambiente bajo cero, lo que puede provocar una congelación del fluido.

6. No hacer la mezcla agua+refrigerante, de acuerdo con los volúmenes indicados por el fabricante, según el modelo de placa a utilizar y la temperatura mínima exterior que se prevea.
7. No mezclar el anticongelante con el agua en un cubo u otro recipiente, para que resulte una mezcla homogénea. Es recomendable añadir el agua al anticongelante y no al contrario.
8. No mover ligeramente todo la instalación solar cuando se ha añadido la mezcla anticongelante+agua, produciéndose burbujas de aire, que redundarán en un funcionamiento ineficiente.
9. No aflojar el tapón superior del colector o colectores, o la pieza de unión de los colectores, si existe más de uno, para que pueda salir el aire que pudiera haberse acumulado en el circuito. Una vez que haya salido refrigerante por estos puntos, volver a apretarlos, de esta manera queda garantizada la expulsión de todo el aire ocluido y se garantizará la eficiencia prevista.
10. No comprobar la estanqueidad de todas las conexiones una vez llenado los circuitos primario y secundario.
11. No controlar cada año el nivel de fluido anticongelante.
12. Incorrecta programación de las centralitas de control, lo que repercute en un mal aprovechamiento de la energía solar. El instalador deberá realizar la programación según el manual técnico del fabricante de acuerdo con los parámetros especificados en proyecto.
13. Puede haber errores por parte del instalador, a la hora de seleccionar el disipador estático adecuado y la forma de instalación según la configuración de los colectores de las placas (tipo parrilla, arpa o meandro), debiéndose seguir las recomendaciones del fabricante, para cada caso concreto.
14. Colocación de las sondas de temperaturas en lugares inadecuados, lo que hará que el sistema de control no regule la instalación óptimamente. Se deberá colocar la primera sonda de temperatura justo a la salida de los captadores, para medir la temperatura del fluido caloportador a la salida de las placas, otra sonda se situará en la parte inferior del depósito de acumulación, para medir la temperatura de salida del agua del depósito. En caso de que existiese otro sensor este debería estar situado en la parte superior del depósito, para activar el sistema auxiliar de apoyo en caso de que fuese necesario.
15. No comprobar previamente a su colocación, que las tuberías están limpias de cualquier cuerpo extraño, lo que disminuiría el rendimiento de la instalación.
16. Colocación de los equipos en lugares donde no es posible su posterior mantenimiento y/o donde no se pueden ver las placas de características. Dificultando o imposibilitando un mantenimiento adecuado lo que repercutirá de forma negativa en la eficiencia energética.
17. No recubrir con dos manos de pinturas antioxidante aquellos elementos metálicos que se puedan oxidar y no haya sido prevista por el fabricante su posible oxidación. O no colocar en los circuitos de distribución de ACS ánodos de sacrificio para evitar

- posibles oxidaciones. Las oxidaciones supondrán pérdidas de carga localizadas y pérdidas de tiempo de funcionamiento de la instalación en el futuro.
18. La instalación de los captadores se ha realizado de tal forma, que el acceso a la misma es complicado y no se puede desmontar un captador defectuoso sin influir en los demás. Esto repercutirá en que la instalación tenga que estar más tiempo fuera de servicio.
 19. No colocación en todas las bombas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.
 20. Al soldar una tubería a otra principal, la tubería secundaria es de mayor longitud de la necesaria, sobresaliendo parte de ella por dentro de la tubería principal en la unión soldada. Esta situación provocará que el fluido de la tubería principal encuentre un obstáculo, lo que provocará pérdidas de carga.
 21. Colocación de los botellines de purga de aire en lugares inaccesibles, o de difícil acceso y no visibles, no utilizar manguitos de reducción excéntricos e instalar los tramos de tuberías horizontales sin la pendiente ascendente de al menos un 1% en el sentido de la circulación o no instalar purgadores de aire en la parte alta de la instalación. Las acumulaciones de aire provocan un mal funcionamiento de las bombas, lo que da lugar a una ineficiencia.
 22. Montaje del o los intercambiadores en lugares no accesibles o de difícil accesibilidad, lo que impide su correcto mantenimiento.
 23. Interrumpir el aislamiento de las tuberías al atravesar la estructura del edificio. El manguito pasamuros tendrá una holgura máxima de 3 cm.
 24. No colocar un material aislante en los apoyos de las tuberías, para evitar los puentes térmicos que representan.
 25. No asegurar el aislamiento adecuado, en las zonas de unión de dos tramos de aislamiento.
 26. Aplastar accidentalmente las conducciones del circuito primario durante el montaje, lo que ocasionará la disminución de la sección interior de las tuberías, con la consiguiente pérdida de carga y disminución del rendimiento.
 27. Mala programación del equipo auxiliar de apoyo, lo que provoca un menor aprovechamiento solar que el proyectado.
 28. No seleccionar paneles de alto rendimiento que cumplan los requisitos de proyecto, aunque sean más caros, porque de esta manera se necesitará menos superficie de paneles y un menor depósito de acumulación.
 29. En los manguitos donde se instalen las sondas de temperatura, no rellenar el espacio entre el manguito y el sensor con un compuesto de adecuada conductividad térmica, para asegurar la adecuada medición de la temperatura.
 30. No dar dos manos de pintura protectora contra la intemperie a los aislantes de las tuberías y accesorios de la instalación. Es recomendable dar la primera mano de pintura antes de colocar el aislante en la instalación y una segunda mano "in situ" antes de subir las tuberías para su colocación.

2.2. Calentadores instantáneos de gas natural.

Los errores que se pueden cometer a la hora de realizar una instalación con calentador para ACS son los siguientes:

Aparatos a gas de circuito abierto. Conductos de extracción de humos y acometida de gas.

1. Instalar conductos que no sean resistentes a la corrosión (pérdidas localizadas) y a la temperatura de los productos de la combustión, debido a que el instalador no ha comprobado las especificaciones del fabricante.
2. No instalar conductos rígidos no deformables en las acometidas de gas al calentador, dando lugar a que las deformaciones provoquen disminuciones de sección.
3. Estrangular accidentalmente los conductos de salida de los productos de la combustión al efectuar el montaje.
4. Elección de un calentador en el que el sistema de regulación del tiro sea manual en lugar de automático.
5. No situar lo más próximo posible a la pared que dé directamente al exterior o a un patio de ventilación, la salida del conducto de humos. Por lo que, el calentador deberá estar lo más próximo posible a la misma, para disminuir de esta manera la longitud del tubo de extracción y las pérdidas de carga.

Aparatos a gas de circuito abierto. Entrada de aire en aparatos a gas.

6. Tapar las entradas de aire del local con algún obstáculo. En este caso será necesario realizar aperturas en los zócalos de los muebles lo más enfrentados posible con las aberturas de la pared. Si no se realiza esta operación, disminuye la eficiencia. Tampoco se deben tapar los huecos de ventilación del aparato de gas, al colocarlo dentro de un mueble.

Aparatos a gas de circuito estanco.

7. No situar lo más próximo posible a la pared que dé directamente al exterior o a un patio de ventilación, la salida del conducto de humos. Por lo que, el calentador deberá estar lo más próximo posible a la misma, para disminuir de esta manera la longitud del tubo de extracción y las pérdidas de carga.
8. No comprobar "in situ" que el extremo final del conducto de evacuación de humos que da hacia el exterior, deberá quedar a una distancia no inferior a 40 cm de cualquier abertura de entrada de aire o ventana de un local distinto. Tener en cuenta este aspecto a la hora de colocar el calentador, para que las longitudes de conductos sean las menores posibles.
9. Colocar el deflector de fachada, cuando este se encuentre a una altura menor o igual a 2.5 m del suelo, de manera que sobresalga de la línea de fachada, sin haber realizado un rebaje en el muro. Será necesaria la utilización de una rejilla de protección con la consiguiente pérdida de carga que habría que considerar.

2.3. Calentadores de GASOIL y GLP.

En los calentadores de gasoil y GLP se tendrán en cuenta las mismas consideraciones que en los calentadores a gas natural, con la salvedad de que en este tipo de calentadores será necesario tener un almacenamiento previo de gasoil o GLP.

Los errores más comunes en este tipo de instalaciones, que repercuten en una disminución de la eficiencia son:

1. No colocar el depósito (si es necesario) lo más cerca posible del calentador, para disminuir de esta forma las pérdidas de carga en las tuberías y aumentar su eficiencia, al necesitar una bomba de menor potencia para el trasiego del combustible.
2. No colocar un filtro a la entrada de la bomba de aspiración del combustible, que evite el atasco de la boquilla de inyección. La colocación de este filtro aumentará las pérdidas de carga, pero es imprescindible su colocación.
3. No realizar el mantenimiento adecuado, que en este tipo de calderas es clave para mantener un alto rendimiento.
4. Realizar una mala regulación del calentador previa a la puesta en marcha de la instalación. Una buena regulación de la caldera de gasoil, incluirá los parámetros de CO, O₂ y rendimiento de la combustión.
5. No realizar una revisión periódica del regulador y del tubo flexible en el caso de tener bombonas de GLP.

2.4. Calentadores eléctricos.

Los errores más comunes a la hora de instalar un calentador eléctrico son:

1. Colocarlo lejos de los puntos de consumo, por no disponer en este punto de conexión eléctrica, con las consiguientes pérdidas caloríficas en tuberías.
2. No colocarlo en el interior de un local. Cuanto más resguardado esté el calentador, menos consumo energético tendrá, ya que habrá una menor transferencia de calor entre el agua caliente y el ambiente exterior y se evitará el riesgo de congelación del agua, en el caso de desconexión del calentador durante ciertos periodos de tiempo.

3. Calefacción.

El mayor consumo de energía en las viviendas se produce por la calefacción. Es importante no cometer errores en el montaje de los componentes de la instalación de calefacción.

3.1. Bombas de calor.

Los errores más comunes a la hora de realizar el montaje de esta instalación son:

1. En caso de preinstalaciones existentes no comprobar que son aptas para las bombas de calor actuales, que utilizan como refrigerantes R – 407 o R – 410, en lugar del antiguo R – 22.
2. No aislar las tuberías y los accesorios del circuito del refrigerante con los espesores de aislante que marca el fabricante. Este espesor no viene contemplado en el RITE.
3. No comprobar si el espesor de aislante provoca condensaciones en las tuberías o conductos del circuito secundario, al atravesar recintos con altos contenidos de humedad (piscinas, saunas, aseos). Esta comprobación deberá realizarse “in situ” una vez realizada la instalación. Es decir, puede ser necesaria la colocación de un espesor de aislante superior al mínimo especificado en el RITE, para evitar la condensación.
4. No seleccionar bombas de calor tipo “inverter”, por su mayor coste respecto a las de caudal de refrigerante constante.
5. Instalar la unidad exterior, sin protegerla del sol, de los fenómenos climáticos y sin estar posicionada (si es posible) la salida de aire perpendicular a los vientos dominantes.
6. Colocación de longitudes de tubo de refrigerante inferiores a los proyectados o indicados por el fabricante, que pueden ocasionar mal funcionamiento en el compresor.
7. No colocar la unidad interior y/o exterior de tal manera que se cumplan las distancias mínimas a obstáculos especificadas por el fabricante, para una correcta realización del mantenimiento.
8. No respetar las longitudes y diferencias de alturas máximas y mínimas de las conducciones frigoríficas especificadas por el fabricante entre las unidades interior y exterior.
9. Montar tuberías hidráulicas de acero o hierro galvanizado de menor diámetro del necesario lo que provocará pérdidas de carga superiores.
10. Mal ajuste de la potencia de la placa electrónica en función de los modelos de las unidades interior y exterior.
11. No cargar con más masa de refrigerante el circuito cuando la distancia entre las unidades interiores y exteriores sean superiores a la especificada por el fabricante.

La carga de refrigerante a añadir es especificada por el fabricante en kg, lo que supondrá una disminución del rendimiento de la unidad.

12. No realizar la carga del refrigerante en estado líquido, produciéndose un mal llenado del circuito.
13. No recargar todo el circuito cuando exista una fuga de R-407, por pequeña que sea.
14. No realizar un reglaje de la bomba de agua (en el caso de bombas aire – agua) de la unidad interior, de tal manera que el rendimiento óptimo se consiga para una diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida del agua especificada por el fabricante.
15. No llevar a cabo antes de la puesta en marcha de la instalación, una purga del aire del circuito de refrigeración mediante una bomba de vacío. Durante un tiempo mínimo de 15 min.
16. No realizar el mantenimiento de las unidades interiores y exteriores con la periodicidad marcada por el fabricante.
17. No utilizar las herramientas adecuadas para realizar los pares de apriete y abocardados según indica el fabricante. Se pierde la garantía y se previenen fugas con la utilización de las herramientas adecuadas.
18. No equilibrar el flujo de aire en las habitaciones de tal manera que la temperatura de consigna sea la misma en todas ellas.
19. No realizar las uniones de los accesorios y de las tuberías soldando. Además, no realizar las soldaduras haciendo circular por el interior de las tuberías nitrógeno libre de oxígeno, que evita que se formen en el interior de las tuberías acumulaciones de carbono, que darán lugar a que se produzcan sedimentos que disminuyen el rendimiento.
20. No mantener la adecuada limpieza interior de las tuberías. Sería recomendable mantener las tuberías con los orificios abiertos mirando hacia abajo y limpiar el interior de las mismas de posibles restos que se hayan quedado dentro después de cortar.
21. No evitar que los extremos sin tapar por algún medio de las tuberías, entren en contacto con el suelo, lo que puede provocar que las tuberías adquieran suciedad.

3.2. Calderas de biomasa.

A la hora de efectuar la instalación de este tipo de calderas, los errores más frecuentemente cometidos son:

1. Tapar rejillas de ventilación existentes o no fijarse si existen y en caso de que existan no comprobar que la superficie sea suficiente.
2. No advertir al usuario que se deben utilizar los tipos de biomasa indicados por el fabricante, pudiendo exigir que este combustible esté certificado. Con la certificación

- se aseguran unos límites de humedad y de poder calorífico que aseguran el funcionamiento óptimo de la caldera y por tanto su rendimiento.
3. Instalar un conducto de salida de humos de diámetro inferior al del tubo de salida de humos de la caldera.
 4. No instalar una T de registro de humos, con desagüe adecuado de los condensados o instalarlo en lugar diferente al especificado por el fabricante.
 5. No instalar un estabilizador de tiro en el conducto de salida de humos o instalarlo por encima de la T de registro.
 6. No instalar los purgadores en los puntos altos del circuito de ida del agua hacia las unidades terminales, que desalojen el aire almacenado y de esta manera favorecer el funcionamiento de la caldera y de las unidades.
 7. No instalar el circuito de antiretorno de condensados (suele suministrarse un kit con la caldera), según lo especificado por el fabricante.
 8. En el caso de que la caldera alimente un circuito de calefacción y un acumulador de ACS, no situar la sonda de temperatura a la profundidad adecuada dentro de los depósitos (altura y sellado de la vaina con el material de alta conductividad adecuado).
 9. No instalar la válvula de tres vías, en el caso de suministro de ACS y calefacción, de tal modo que cuando no esté activada de paso al circuito de calefacción.
 10. No colocar la sonda de temperatura a la profundidad adecuada en el depósito de acumulación de ACS, en el caso de que la caldera sirva de apoyo a una instalación solar térmica.
 11. No realizar la calibración del alimentador de biomasa antes de la puesta en marcha y cada vez que se cambia de suministrador de combustible, como mínimo.
 12. No realizar el ajuste de los parámetros técnicos (combustible, funcionamiento del ventilador,...) de la caldera mediante personal técnico cualificado.
 13. No activar la válvula de tres vías (desactivada por defecto) y no ajustar la temperatura de consigna del ACS para la que se activa la caldera, si la instalación dispone de válvula de tres vías, por tener ACS y calefacción.
 14. No informar al usuario sobre el mantenimiento de la caldera especificado por el fabricante.
 15. No tener en cuenta la dureza del agua de la zona de instalación de la caldera (>25-30 °fH), lo que puede provocar incrustaciones de cal en la misma, lo que dará lugar a una disminución en el rendimiento. Se recomienda utilizar agua tratada para el circuito de calefacción en estos casos.
 16. No realizar el tratamiento del agua de calefacción en los casos en que éste sea imprescindible, como en el caso de circuitos con gran contenido de agua y frecuentes llenados de la instalación.

17. No advertir al propietario el empleo preferible de las cáscaras de madera y las astillas de madera frente a la biomasa tipo pellets o huesos de aceituna, si la caldera admite cualquiera de esos combustibles.

3.3. Caldera de gas natural o GLP.

A la hora de ejecutar la instalación de la caldera de gas natural o GLP se recomienda no cometer los siguientes errores:

1. No tener en cuenta las distancias mínimas de seguridad especificadas por el fabricante, para poder realizar los mantenimientos y reparaciones necesarias.
2. Instalarla a la intemperie en lugar de en un recinto interior cuando esta última opción sea posible.
3. No realizar el conexionado con la red de distribución de gas con tubería rígida de sección adecuada para que las pérdidas de carga no sean superiores a las máximas permitidas. En caso de conectarla a una bombona de GLP utilizar la conexión flexible con regulador.
4. Instalar la caldera en paralelo con otros aparatos en lugar de conectarla directamente a la tubería principal de gas.
5. No prever en la instalación hidráulica purgadores de aire en los puntos altos.
6. No realizar antes del conexionado hidráulico una limpieza interior de las tuberías que lo constituyen (con productos derivados del petróleo o abrasivos) para no dañar la caldera y disminuir el rendimiento. No aislar suficientemente cualquier tubería que esté a la intemperie o expuesta a congelarse.

3.4. Equipos basados en efecto Joule.

Tener en cuenta las mismas consideraciones que en el apartado anterior, en referencia a calentadores por efecto Joule.

En este tipo de equipos, el factor más importante a tener en cuenta, es que dispongan de programación horaria, para conseguir una mayor eficiencia.

4. Refrigeración.

La refrigeración supone un alto consumo energético en viviendas, por lo que la eficiencia en refrigeración es un punto importante a considerar.

4.1. Bombas de calor.

Los errores que se pueden cometer son los mismos que los indicados para bombas de calor de calefacción.

4.2. Enfriador evaporativo.

Los errores más comunes de montaje que nos podemos encontrar a la hora de instalar un enfriador evaporativo son:

1. No sellar correctamente con poliuretano o cinta industrial las uniones de los ductos con la unidad y las uniones de los ductos con el techo o falso techo en caso de que éstos actúen de plenum o las uniones de los tramos de ductos entre si.
2. No colocar la unidad exterior a más de la distancia mínima indicada por el fabricante de cualquier obstrucción a la entrada del aire de aspiración o de la puerta de servicio del enfriador (en caso de existir) desde la que se realizará el mantenimiento de la unidad.
3. No colocar la unidad exterior orientada hacia las corrientes naturales de aire para que absorba el aire directamente del exterior o colocarla cerca de fuentes contaminantes.
4. No considerar que la descarga horizontal del aire al interior de los recintos a climatizar, tiene mayor eficacia que la descarga vertical o invertida, por sus menores pérdidas de carga.
5. No montar los conductos con las longitudes mínimas de salida desde el enfriador en función de sus secciones transversales especificadas por el fabricante.
6. Para que el enfriador funcione correctamente en el recinto ventilado debe haber rejillas de salida de aire del mismo, de suficiente sección (según fabricante), para que se produzca una corriente de aire de forma continua o se deben abrir las ventanas durante su uso.
7. No colocar aislamiento de espesor adecuado en los conductos de aire, lo que provocará el calentamiento del aire frío introducido y por tanto una disminución de la eficiencia.

8. No instalar un sistema de extracción del sistema de cierta cantidad de agua recirculada, provocando incrustaciones minerales o sarro, que disminuirán el rendimiento.
9. No tensionar y alinear la correa o correas de unión entre el motor y el ventilador en el sistema de impulsión de aire (en caso de exista este tipo de unión).
10. No cumplir el plan de mantenimiento especificado por el fabricante del equipo.
11. No cortar los ductos de la longitud adecuada, de forma que los excesos de ducto quedan en el sistema, provocando mayor resistencia al flujo del aire y un menor flujo del mismo.
12. No instalar el último codo que une el ducto con las salidas de aire de las habitaciones con un radio suave para que la entrada de aire en la habitación sea uniforme y menores las pérdidas de carga.
13. No advertir al cliente de la necesidad de instalar un grifo de drenaje o una válvula de expansión para el drenaje del agua, en el caso de que la instalación se encuentre ubicada en un lugar donde sea posible que se produzca la congelación de las tuberías de agua.
14. No limpiar las tuberías de suministro de agua previamente a la conexión de ésta a cualquier elemento, lo que provocaría incrustaciones que disminuirían el rendimiento e incluso averías.

4.3. Frío Solar.

Los errores más comunes de montaje que nos podemos encontrar a la hora de instalar una instalación con frío solar son:

1. No colocar una T en las tuberías, en la que se situará la vaina del sensor de temperatura. De esta forma se podrán cambiar los sensores de temperatura sin tener que vaciar la instalación.
2. Colocar las tuberías de tal forma que impidan el fácil acceso a la unidad. En la máquina de absorción es fundamental el mantenimiento.
3. No colocar las tuberías con la pendiente necesaria para purgar el aire de las mismas, con pendiente positiva en el sentido del flujo.
4. No eliminar las impurezas de las tuberías con agua a presión, con anterioridad a la puesta en marcha, pudiendo existir impurezas que afecten al rendimiento.
5. No aislar adecuadamente los circuitos hidráulicos, en zonas donde la temperatura pueda bajar de 0°C.
6. No instalar purgadores de aire, preferiblemente automáticos, en el punto más alto de la instalación.

7. La máquina de absorción no ha sido nivelada perfectamente, para obtener el máximo rendimiento.
8. No tener en cuenta la necesidad que tienen las máquinas de absorción de un suministro eléctrico de emergencia para evitar la cristalización del absorbente.
9. A la hora de seleccionar la máquina de absorción no tener en cuenta si ésta es de interior o de exterior.
10. No conectar la instalación eléctrica del absorbedor a un circuito independiente.
11. Utilizar un mismo cable multiconductor para las líneas de alimentación y de comunicación.
12. No realizar la conexión entre la máquina de absorción y el circuito hidráulico con conexiones flexibles para evitar que se transmitan vibraciones.

5. Ventilación.

Los errores más comunes a la hora de ejecutar la ventilación son:

1. No evitar la colocación de obstáculos en las bocas de salida de los extractores o en las aberturas desde las que se toma el aire del exterior, mediante la instalación de medidas de protección (por ejemplo: barandilla), para evitar de esta forma su obstrucción.
2. Utilizar más codos de los estrictamente necesarios marcados en proyecto, por encontrarse el instalador con situaciones no contempladas en el mismo, con las pérdidas de carga que suponen y que repercutirá en un mayor consumo en el ventilador.
3. Las campanas de extracción localizada deben ser de un área superior a la superficie desde la que se producen los contaminantes que queremos extraer. Si se instalan de una dimensión menor, será posible un menor consumo pero a costa de una deficiente extracción de humos.
4. En extracciones localizadas instalar dos o más máquinas de extracción de diferentes características una a continuación de la otra. En caso de no existir otra posibilidad, seleccionar todas del mismo modelo y potencia, ubicadas de tal forma que todas extraigan el mismo caudal de humos. Es decir, si, por ejemplo, se necesitan dos, colocaremos una de ellas al final de la extracción y la otra hacia la mitad del recorrido. De esta forma se aumentará el rendimiento de la instalación.
5. No ejecutar correctamente, el sellado con material resistente al fuego en las zonas de paso de la instalación. El instalador deberá consultar el manual del fabricante del material empleado en el sellado, para comprobar que la estabilidad al fuego es suficiente. Por ello los conductos deberán tener un EI t igual a la EI del elemento que atraviesan, para evitar la propagación del incendio.
6. Una vez instalados los conductos, no realizar la prueba de estanqueidad para comprobar que cumple con la clase mínima B que marca el RITE.
7. No seleccionar bien el tipo de regulador de caudal de los aireadores de ventana, que dependen del espesor del vidrio y del caudal requerido en proyecto.
8. No tener en cuenta a la hora de seleccionar las rejillas de ventilación, que éstas deben tener la misma estabilidad ante el fuego que el local en el que se encuentran, si tienen una sección superior a 50 cm². Una buena alternativa sería seleccionar rejillas de ventilación construidas con un material intumescente, de tal forma que cuando entran en contacto con el fuego dicho material se expande y cierra totalmente la apertura de ventilación, obstruyendo el paso del humo.
9. Para conductos verticales de ventilación híbrida desviarse respecto a la vertical más de 15°.
10. No utilizar el producto adecuado en términos de adherencia y de compatibilidad técnica a la temperatura de servicio, o no aplicarlo a la temperatura mínima adecua-

da, para realizar el sellado de juntas, según las recomendaciones del fabricante. Se pueden provocar fugas que reducen el rendimiento.

11. No evitar la formación de burbujas de aire, a la hora de aplicar el producto de sellado en estado líquido, pudiendo provocar fugas.
12. No realizar como mínimo el mantenimiento indicado en la CTE – DB – HS3, para los componentes del sistema de ventilación.
13. No ajustar la velocidad del ventilador para conseguir el caudal de aire previsto a la presión indicada por el proyectista, una vez que se ha realizado la instalación.
14. En el caso de que haya que utilizarse conductos flexibles, no colocar los respectivos soportes de apoyo o colocar los conductos entre apoyos formando curvas innecesarias, en lugar de trayectorias rectas.

5.1. Recuperadores entálpicos.

Los errores más habituales a la hora de instalar los recuperadores entálpicos son:

1. No revestir los conductos de admisión y extracción de aire exterior, o los conductos que discurren por espacios no acondicionados, con el aislamiento térmico adecuado que evite la condensación.
2. No prever un registro de entrada para realizar las labores de mantenimiento, o no tener en cuenta las especificaciones del fabricante en referencia a las distancias mínimas que deben ser respetadas para realizar adecuadamente el mantenimiento.
3. Mala selección del recuperador de calor desde el punto de vista de la eficiencia energética mínima especificada en proyecto.
4. No hacer las mediciones de los caudales, temperaturas, etc. para confirmar que correspondan con lo establecido proyecto.
5. No seguir el plan de mantenimiento de los componentes especificado por el fabricante, lo que dará lugar a una disminución del rendimiento.
6. No comprobar que las tensiones de las correas que unen el motor del ventilador con el ventilador, cumplen las especificaciones del fabricante (en caso de que existiesen).
7. No ajustar adecuadamente cada equipo terminal, de tal forma que no haya corrientes de aire que produzcan incomodidad a los inquilinos y además la ventilación sea la adecuada.

5.2. Free cooling.

Los errores más comunes que se dan a la hora del montaje del free cooling son los siguientes:

1. No alinear correctamente el equipo de free – cooling con la unidad interior.
2. No comprobar que el consumo del motor del ventilador del aire de retorno no excede del valor indicado en su placa de características.
3. No comprobar la correcta apertura y cierre de las compuertas antes de la puesta en marcha.
4. No comprobar que la sonda de temperatura exterior se encuentra correctamente instalada en la entrada de aire exterior antes de la batería de la unidad exterior.
5. No comprobar el correcto tensado de las correas, un apriete excesivo produce elevadas tensiones en el eje del motor, lo que implica un aumento del consumo.
6. No colocar la válvula de equilibrado o habiéndola instalado no haber equilibrado el sistema.

6. Iluminación.

6.1. Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo.

En las instalaciones de iluminación se evitará cometer los siguientes errores a la hora de llevar a cabo el montaje de la iluminación de mayor eficiencia indicada en la parte de proyecto de instalaciones de este manual:

1. No instalar las bombillas en luminarias abiertas, en uso de interior o no instalar las bombillas en luminarias cerradas en uso de exterior.
2. No tener en cuenta el lugar en el que irán instaladas (lámpara de mesa, de techo, plafón, iluminación localizada...), a la hora de seleccionar el tipo de bombilla.
3. No tener en cuenta la equivalencia en lúmenes en caso de sustitución de bombillas incandescentes por las lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo que existe entre ambas, lo que dará lugar a un exceso o defecto de iluminación y no alcanzar de esta manera los niveles de ahorro esperados.
4. No tener en cuenta a la hora de seleccionar la bombilla, si esta va a estar conectada a un regulador de iluminación o si va a tener constantes encendidos o apagados.

6.2. Tubos fluorescentes de bajo consumo.

Se evitará cometer los siguientes errores a la hora de su instalación:

1. No instalar luminarias con reflectores que permitan reducir el número de tubos por luminaria.
2. No sustituir la luminaria completa si esta es antigua y no cambiar el balasto de tubos T8 por convertidores de T8 a T5 si las luminarias son recientes.
3. Instalar fluorescentes que no son de tipo LED en lugares donde vaya a haber constantes encendidos y apagados.
4. Colocar fluorescentes con un tipo de balasto que no sea apto para el tipo de tubo seleccionado.
5. No instalar tubos LED con luminarias que tienen detector de presencia y control de la iluminación en lugares donde la presencia de persona no es continua y es posible una mayor utilización de la luz natural.

6.3. Leds (o microleds).

Los errores más comunes a la hora de su instalación son los siguientes:

1. No tener en cuenta la equivalencia en lúmenes en caso de sustitución de otro tipo de bombillas por las lámparas tipo LED que existe entre ambas, lo que dará lugar a un exceso o defecto de iluminación y no alcanzar de esta manera los niveles de ahorro esperados.
2. Al sustituir tubos fluorescentes con balasto por tubos tipo LED no anular el cebador.
3. No tener en cuenta el ángulo con el que se proyecta la luz, según el tipo de LED. Para iluminación general se seleccionará bombillas multiled y para iluminación localizada LEDs muy direccionales.
4. No sustituir los reguladores de intensidad al sustituir las bombillas que no eran tipo LED por otras bombillas tipo LED.
5. No tener en cuenta la potencia del transformador 220/12 V a la hora de sustituir las bombillas por las bombillas tipo LED. Lo recomendable es emplear transformadores de bajo consumo para LED o LED con transformador incorporado.

7. Otras instalaciones.

7.1. Geotermia de Baja Temperatura. Bomba de calor tierra – agua.

A la hora de ejecutar esta instalación es importante no cometer los siguientes errores:

1. No llenar y purgar la instalación hidráulica antes de poner en marcha la bomba de calor por primera vez tras su instalación.
2. No realizar la primera prueba de presión de la instalación, tras la limpieza de los circuitos hidráulicos.
3. No ajustar adecuadamente la válvula de desbordamiento (el caudal mínimo de agua de caldeo de la bomba de calor debe estar garantizado en cualquier estado operativo de la instalación de calefacción), lo que provoca un aumento del consumo de Energía Eléctrica.
4. No realizar un refinamiento de las paredes y del fondo de la zanja (eliminación de rocas presentes), para ejecutar un buen relleno posterior que asegure la correcta transmisión de calor a través de las sondas.
5. No realizar los rellenos de las tuberías, según la sección de proyecto, en varias tongadas de espesor reducido, lo que provocará que se formen bolsas de aire, que disminuyen la transmisión de calor al terreno.
6. No realizar una correcta limpieza de las sondas una vez instaladas, con anterioridad al purgado y a las pruebas de estanqueidad de la instalación.
7. No realizar la prueba de estanqueidad y de presión previas a la puesta en marcha, con el mismo fluido que se vaya a emplear en el funcionamiento normal de la instalación (la misma proporción de refrigerante y agua).
8. A la hora de ejecutar la zanja o la perforación (según se vayan a instalar los tubos horizontal o verticalmente), cuando se coloquen varios tubos unos encima de otro o uno al lado de otro, no distanciarlos al menos 30 cm, o no colocarlos mediante una configuración en lazo de los tubos, para aprovechar al máximo el coste de la ejecución de la zanja o taladro que es la partida más costosa.
9. Utilizar acoplamientos mecánicos en lugar de fusión térmica, como medio de unión de tuberías.
10. No ajustar a una temperatura inferior, cuando la salida del agua caliente (en modo calefacción) tiene la temperatura suficiente. Bajando la temperatura, se disminuirá la liberación de calor, se evitaría la oxidación y se ahorraría energía si la temperatura de salida es suficiente.
11. Utilizar una vez colocadas las sondas, materiales de relleno con piedras u otros materiales cortantes que puedan dañarlas.

12. Utilizar una sierra para cortar los tubos y no quitar las rebabas, lo que puede producir pérdidas de carga en las tuberías y daños en la bomba.
13. No aislar las sondas cuando se encuentran próximas entre sí a una distancia para la cual el fabricante indica que es necesario su aislamiento.

7.2. Geotermia de Baja Temperatura. Bomba de calor tierra – aire.

Errores comunes.

Aparte de lo indicado en el punto anterior, en la parte del circuito de transferencia de calor al terreno, para el circuito del aire se deberán tener en cuenta las consideraciones siguientes:

1. No limpiar el filtro de aire, según las recomendaciones del fabricante.
2. A la hora de ejecutar la zanja o la perforación (según se vayan a instalar los tubos horizontal o verticalmente), no colocar varios lazos unos encima de otro o uno al lado de otro, preferiblemente separados al menos 30 cm, o una configuración en lazo de los tubos, para aprovechar al máximo el coste de la ejecución de la zanja o taladro que es la partida más costosa.
3. Utilizar acoplamientos mecánicos en lugar de fusión térmica, como medio de unión de tuberías.

7.3. Cogeneración.

En el caso de viviendas el sistema más utilizado será la microcogeneración. Este manual se centrará en los errores comunes en que se puede incurrir a la hora de ejecutar una instalación de este tipo.

Errores comunes.

1. No verificar en la placa de características del motor que el combustible que va a ser utilizado es el correcto.
2. En motores de combustión a gas, no verificar que la presión del suministro es la adecuada antes de abrir la llave de suministro.
3. En lo referente al circuito de agua no cumplir con los requerimientos especificados por el fabricante en lo referente a los diámetros mínimos de las tuberías y a las presiones máximas de agua permitidas.

4. No cumplir los requerimientos de primera puesta en marcha especificados en el manual de instalación, dando lugar a una pérdida de la garantía.
5. No realizar las pruebas de estanqueidad con agua espumosa o gas neutro, en las tuberías de suministro de combustible a la unidad (en caso de existir), lo que podría ocasionar fugas que disminuyese el rendimiento.
6. No tener en cuenta a la hora de realizar la instalación de la máquina si esta es de interior o de exterior, según indica el fabricante.
7. No cumplir con las distancias mínimas de seguridad para el correcto funcionamiento y mantenimiento de la unidad.
8. Utilizar un circuito eléctrico independiente para el suministro a la máquina.
9. Emplear cables de sección inferior a la necesaria según la memoria técnica o proyecto eléctrico.
10. Emplear cables rígidos en lugar de flexibles, para la conexión de la unidad al suministro eléctrico.
11. No realizar la conexión a tierra de las partes metálicas de la instalación, incluyendo tuberías y cables apantallados (si existen).
12. Utilizar un mismo cable multiconductor tanto para el suministro eléctrico como de comunicaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. *Catálogo de elementos constructivos del CTE*. Código Técnico de la construcción. Marzo 2.010.
2. *Eficiencia energética, rehabilitación de edificios*. Asociación de empresas de eficiencia energética. Ignacio Inda Caro.
3. *Sistema integral de procedimientos para la rehabilitación energética de edificios existentes*. Instituto Valenciano de la Edificación.
4. *Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación versión 1.0*. Instituto Valenciano de la Edificación. Abril 2011.
5. *Características de las soluciones constructivas existentes y mejoradas*. Instituto Valenciano de la Edificación. Abril 2011.
6. *Soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado*. IDAE. Septiembre 2008.
7. *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*. IDAE. Abril 2012.
8. *Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas*. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía y Consumo. Comunidad de Madrid. 2008.
9. *Manual de Instalación de ventanas Kommerling*. www.kommerling.es
10. *Manual práctico de prescripción y recepción de ventanas en obra*. ASEFAVE. 2010.
11. *La ventana de madera y mixta de madera-aluminio*. Manual de Instalación. Asociación Española de fabricantes de ventanas de madera (ASOMA).
12. *Guía de ejecución de fachadas ventiladas con productos aislantes de Poliuretano*. Asociación de la Industria del poliuretano rígido. 2014.
13. *Guía de eficiencia energética para la rehabilitación de edificios existentes*. ETRES consultores. 2009.
14. *Norma UNE85-219-86 "Ventanas. Colocación en obra"*. IRANOR. 1986.
15. *Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas*. IDAE. Septiembre 2008.
16. *Los edificios y la eficiencia energética*. Seminario de gestión ambiental. Arquitecto Gerardo Wadel. Marzo de 2009.
17. *Ahorro energético y aprovechamiento de la energía en la climatización de edificios*. Publicación en revista CLIMA nº 214. Ingeniero Néstor Quadri.
18. *Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE)*.
19. *Guía básica de eficiencia energética*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2010.
20. *Eficiencia energética. Manual práctico de cálculos térmicos de edificios*. Óscar Redondo Rivera. 2013.
21. *Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis*.

22. *Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones de baja temperatura.* IDEA. Enero 2009.
23. *Manual técnico Energía Solar Térmica.* Salvador Escoda. Diciembre 2011.
24. *Guía de sistemas de ventilación y tratamiento del aire.* Siber. 2010.
25. *Instalaciones de biomasa térmica en edificios.* IDAE. Mayo 2009.
26. *Instrucciones de instalación y funcionamiento de caldera BIOCLASS.* Domusa.
27. *Good practice guide heat puma installation.* EECA. Mayo 2013.
28. *Manual práctico de calefacción. Instalación con radiadores.* Salvador Escoda.
29. *AISIN cogeneration System Installation manual.* Toyota Group. 2006.
30. *Instrucciones de instalación y funcionamiento de caldera ACU-TOP 21.* Domusa. 2011.
31. *Instrucciones de montaje y uso. Bomba de calor tierra/agua para instalación interior.* Dimplex.
32. *Instruction manual. Installation, commissioning and servicing instructions of ground source heat pump operation.* Worcester.
33. *Guidelines on Energy Efficiency of lightning installations.* EMSD. 2007.
34. *Manual para la implantación de instalaciones de energía solar térmica en viviendas.* Junta de Andalucía. 2004.
35. *Installation and servicing. Solar thermal.* Ideal. 2012.
36. *Installation manual. Absorption chiller.* Carrier. 2004.
37. *Manual de operación. Instalación, uso y mantenimiento. Enfriador evaporativo para uso comercial e industrial.* Mastercool.
38. *Manual de instalación bomba de calor aire – agua.* Toshiba. 2013.
39. *Manual básico de instalación. Plantas enfriadoras y calefactores por absorción.* Yazaki. 2007.
40. *Manual técnico unidades free – cooling.* FRC. 2007.
41. *Deltachill free cooling chiller.* Airedale. 2014.
42. *Manual de instalación, uso y mantenimiento recuperador entálpico Reca IB.* Ferrolí. 2014.
43. *Best practice installation guide. Mechanical Ventilation with heat recovery.* Nu-aire. 2012.
44. *Guía técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos.* IDAE. 2012.
45. *HVAC Installation Procedures.*
46. *Catálogo técnico manual de ventilación.* Salvador Escoda. 2013.