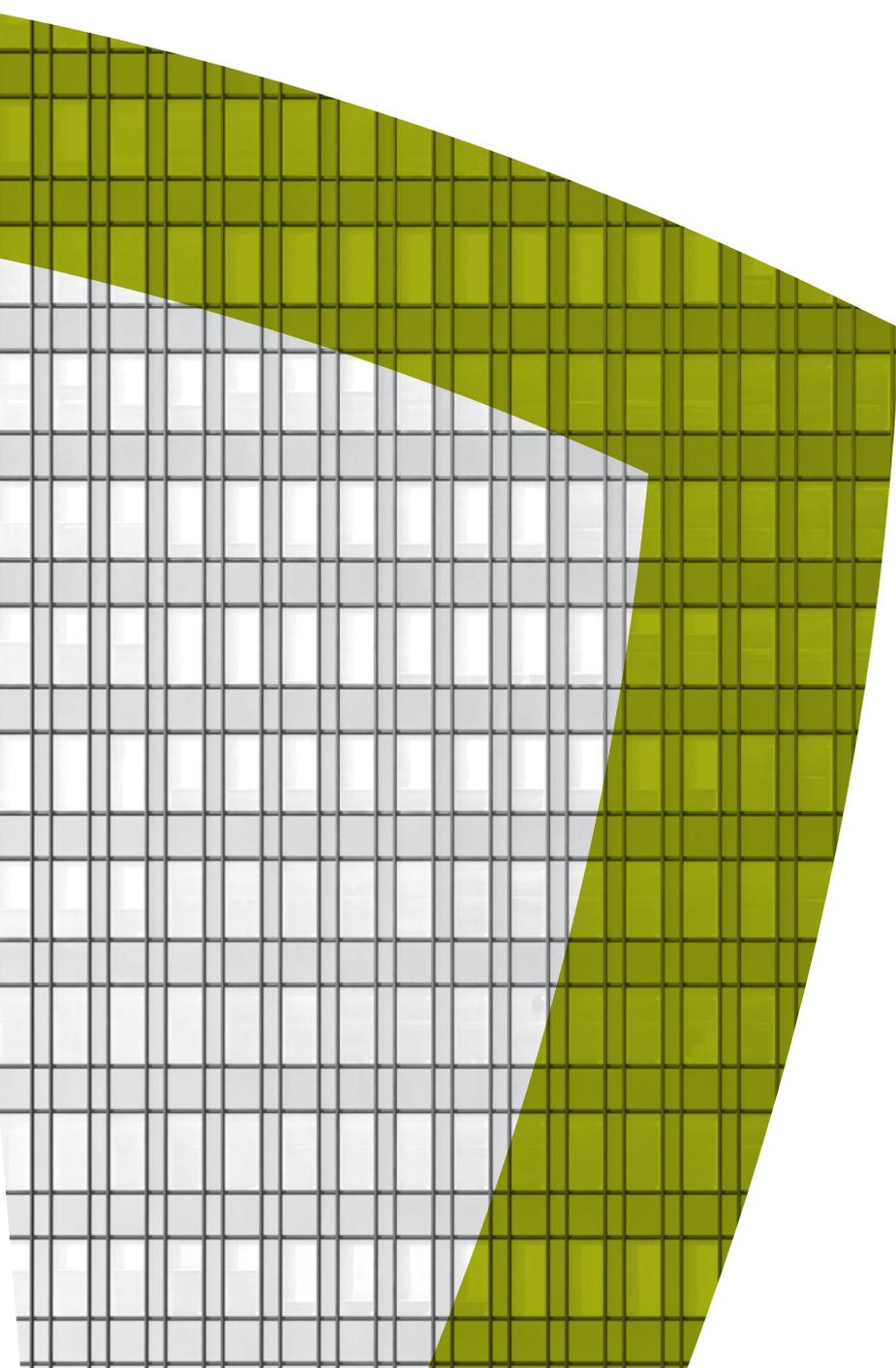




ESTRATEGIAS  
PARA EDIFICIOS  
DE ENERGÍA CASI NULA







---

ENTIDAD PROMOTORA



---

REDACTORES



Universidad de Valladolid

---

CON LA COLABORACIÓN DE



**Dirección:**

AEICE Clúster del Hábitat y la Construcción Eficiente

**Redacción:**

Grupo de trabajo de E3CN – Estrategias de Edificios de Energía Casi Nula

**Redactores:**

Raúl Valavázquez Gento (1A INGENIEROS)  
José María García García (2COMA2)  
Julia Vicente Gómez (CARTIF)  
Sonia Álvarez Díaz (CARTIF)  
Silvia Martínez San Segundo (COANDA PASSIVHAUS)  
David García Álvarez (COANDA PASSIVHAUS)  
Luis Fernández Gutiérrez (COANDA PASSIVHAUS)  
María Serrano Baeza (COLLOSA)  
Gonzalo Alarcía Fernández (G33 ARQUITECTOS)  
José Santos Torres (JST ARQUITECTURA)  
Rafael Lledó Pérez (LLEDÓ ILUMINACIÓN)  
José Antonio de Pedro Pascual (MADERAS PISUERGA)  
Santiago de la Calle García (MADERAS PISUERGA)  
Julio Campo Cuesta (MASIDI)  
Estíbaliz González de la Serna (MEDGÓN)  
Vanesa Ezquerra Ramos, arquitecta  
Jesús Menéndez Amigo (ZERO ENERGY)  
María Rosario del Caz Enjuto (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)

**Coordinadores:**

Carmen Devesa Fernández (AEICE)  
Enrique Manuel Cobreros García (AEICE)  
José María Fernández Salgado (ARBRO CONSULTING)

**Edición:**

AEICE, Valladolid, mayo de 2018

**Diseño gráfico:**

porENDE Estudio Gráfico

**Impresión:**

Génesis Digital

**Depósito Legal:**

DL VA 402-2018

**ISBN:**

978-84-09-02363-9



# A

# Definición, normativa y certificaciones

<b>Introducción</b> .....	17
<b>1.1 Prólogo: EECN + diseño pensando en las personas = edificios saludables</b> .....	17
1.1.1 // El mundo está cambiando muy rápidamente .....	17
1.1.2 // Digitalización, la nueva herramienta para el cambio .....	18
1.1.3 // La nueva legislación .....	19
1.1.4 // La diferencia entre ahorro energético y eficiencia energética .....	20
1.1.5 // El futuro del mercado inmobiliario.....	20
1.1.6 // ¿Qué es lo importante? .....	22
<b>1.2. Principios y conceptos fundamentales</b> .....	24
<b>Los Edificios de Consumo Casi Nulo</b> .....	26
<b>2.1 Qué es un Edificio de Consumo Casi Nulo</b> .....	26
2.1.1 // Definición .....	26
2.1.2 // ¿Por qué existe la necesidad de construir EECN? .....	29
2.1.3 // El impacto buscado con la implantación de los EECN en Europa .....	29
2.1.4 // Cómo debe ser la definición de un EECN .....	30
2.1.5 // Recomendaciones de la Comisión Europea para promover los EECN .....	30
<b>2.2 La definición actual de los EECN en España</b> .....	32
2.2.1 // El caso de España. Situación Actual Normativa.....	32
2.2.2 // La situación energética actual en España .....	33
2.2.3 // Los Edificios de alta eficiencia energética en España .....	33
2.2.4 // La aplicación de la DIRECTIVA 2010/31/UE, una gran oportunidad para España .....	34
<b>2.3 El Estandar Passivhaus</b> .....	34
2.3.1 // El estándar Passivhaus: un EECN de éxito.....	34
2.3.2 // Qué es el estándar Passivhaus.....	35
2.3.3 // Criterios para la construcción de un edificio Passivhaus .....	36
<b>2.4 La Definición de un Edificio de Energía Casi Nula en España</b> .....	37
2.4.1 // Aproximación a las Directivas y Estrategia de la Comisión Europea .....	37
2.4.2 // La adecuada definición española para un EECN.....	37
2.4.3 // Definición de los Indicadores del EECN en España .....	41
<b>2.5 Otros conceptos relacionados con los EECN</b> .....	48
2.5.1 // Estrategias para reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	48
2.5.2 // Edificio Pasivo (Passivhaus).....	49
2.5.3 // Edificios de Energía Cero.....	49
2.5.4 // Edificio Sostenible.....	50
2.5.5 // La Huella de Carbono de los Edificios.....	51
<b>2.6 Certificaciones y otros sellos del desempeño energético</b> .....	52
2.6.1 // El objetivo de los certificados y sellos de desempeño energético .....	52
2.6.2 // Certificación VERDE® .....	52
2.6.3 // La Certificación LEED® .....	54
2.6.4 // Certificación BREEAM® .....	57
2.6.5 // Otros sellos y Certificaciones .....	59

<b>La Certificación Energética de un EECN</b> .....	61
<b>3.1 Desarrollo normativo</b> .....	61
<b>3.2 Qué es el Certificado Energético de un Edificio</b> .....	61
<b>3.3 Diferencia entre certificación y simulación energética</b> .....	63
<b>3.4. La importancia de la Simulación energética en un EECN</b> .....	64
3.4.1 // La necesidad de la simulación energética en un EECN.....	64
3.4.2 // Métodos simplificados.....	64
3.4.3 //Herramientas de simulación dinámica hora a hora.....	65

## Fase de diseño

<b>Identificar las necesidades. Pensar el edificio</b> .....	69
<b>4.1 Guía básica para el diseño de un Edificio de Nueva Construcción de consumo de energía casi nulo</b> .....	69
4.1.1 // Condiciones para el diseño.....	69
4.1.2 // La fachada.....	70
4.1.3 // La Luz Natural.....	70
4.1.4 // Las Cargas Enchufadas.....	71
4.1.5 // La generación eléctrica in situ.....	71
4.1.6 // Los sistemas de gestión integrados.....	72
4.1.7 // La sostenibilidad.....	72
4.1.8 // El uso racional del edificio.....	73
<b>4.2 Guía básica para el diseño de la Renovación Profunda de un Edificio hacia el modelo de consumo de energía casi nulo</b> .....	73
4.2.1 // El impulso normativo.....	73
4.2.2 // La oportunidad actual en el mercado inmobiliario.....	74
4.2.3 // Las mejores prácticas para la mitigación de riesgos en renovación profunda de un edificio.....	74
4.2.4 // Las áreas en un proyecto de renovación profunda.....	78
<b>4.3. La motivación de realizar Edificios de Consumo Casi Nulo</b> .....	80
4.3.1 // La motivación inicial.....	80
4.3.2 // Los ejes básicos del proceso.....	80
4.3.3 // Las claves para asegurar el buen resultado.....	81
4.3.4 // Recomendaciones para el correcto diseño.....	82
<b>La importancia del entorno de los edificios</b> .....	84
<b>5.1 Factores climáticos</b> .....	84
5.1.1 // Temperatura y radiación solar.....	84
5.1.2 // Humedad.....	85
5.1.3 // Viento.....	85
5.1.5 // Climograma de bienestar.....	86
<b>5.2 Morfología urbana</b> .....	87
5.2.1 // Emplazamiento.....	87
5.2.2 // Orientación.....	87
5.2.3 // Densidad urbana. Consumo de suelo.....	88
5.2.4 // Distribución de usos. Diversidad.....	89
<b>5.3 Movilidad y accesibilidad</b> .....	90
5.3.1 // Sistemas de movilidad de nivel ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado. Una necesaria planificación integral.....	90
5.3.2 // Reparto del espacio del viario por modos de movilidad.....	91
5.3.3 // La cuestión del aparcamiento.....	91
<b>5.4 Ciclo del agua</b> .....	92
5.4.1 // Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y/o de las aguas grises.....	92
5.4.2 // Retención e infiltración del agua de lluvia.....	93
5.4.3 // Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua.....	93
<b>5.5 Consumo y producción energéticos en el espacio libre</b> .....	94

5.5.1 // Incorporación de sistemas energéticos alternativos:captación solar (térmica y/o fotovoltaica), eólica,geotermia, etc. en el espacio libre público y privado.....	94
5.5.2 // Sistemas de ahorro y eficiencia energéticos(calificación por distrito, tipos de iluminación, etc.) en el espacio libre público y privado.....	95
<b>5.6 Vegetación en el espacio libre (público y privado).....</b>	<b>96</b>
5.6.1 // Cuantificación de espacios libres públicos.....	97
5.6.2 // Distribución de espacios libres públicos y accesibilidad a los mismos .....	97
5.6.3 // Cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios .....	98
5.6.4 // Implementación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres.....	99
<b>5.7 Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU).....</b>	<b>100</b>
<b>Fundamentos del diseño pasivo de EECN.....</b>	<b>102</b>
<b>6.1 Soluciones bioclimáticas ¿cómo se proyecta? .....</b>	<b>102</b>
6.1.1 // La Climatología.....	102
6.1.2 // La Orientación.....	104
6.1.3 // Las Protecciones Solares .....	105
6.1.4 // La Compacidad.....	106
6.1.5 // El climograma de Givoni .....	106
6.1.6 // La inercia térmica.....	108
6.1.7 // Las cubiertas y fachadas vegetales .....	108
6.1.8 // Los Muros Trombe.....	110
6.1.9 // Los invernaderos y galerías acristaladas.....	111
6.1.10 // Las chimeneas de ventilación y solares .....	112
6.1.11 // La vegetación como regulador térmico .....	114
<b>6.2 Soluciones Bioclimáticas.....</b>	<b>116</b>
6.2.1 // Los cerramientos opacos.....	116
6.2.2 // El aislamiento térmico.....	119
6.2.3 // El aislamiento acústico.....	123
6.2.4 // La hermeticidad .....	125
6.2.5 // Los huecos. Puertas y ventanas .....	131
6.2.6 // Puentes Térmicos .....	135
<b>6.3 Viviendas industrializadas.....</b>	<b>145</b>
6.3.1 // Introducción .....	145
6.3.2 // Materiales.....	146
6.3.3 // Ventajas de las viviendas industrializadas o prefabricadas.....	149
<b>Fundamentos del diseño activo:.....</b>	<b>158</b>
<b>Sistemas energéticos .....</b>	<b>158</b>
<b>7.1. Sistemas de consumo .....</b>	<b>158</b>
7.1.1 // ACS. Agua Caliente Sanitaria .....	159
7.1.2 // Griferías Eficientes .....	160
7.1.3 // Sanitarios Eficientes .....	162
7.1.4 // Climatización. Calefacción.....	164
7.1.5 // Climatización. Refrigeración.....	165
7.1.6 // Ventilación.....	166
<b>7.2 Sistemas de generación: las energías renovables .....</b>	<b>171</b>
7.2.1 // La energía eólica o mini-eólica .....	171
7.2.2 // Energía solar en la edificación.....	173
7.2.3 // Bombas de calor.....	180

7.2.4 // Geotermia .....	181
7.2.5 // Aerotermia .....	185
7.2.6 // Cogeneración .....	186
7.2.7 // Biomasa.....	186

**7.3 Gestión energética Integral .....** 187

7.3.1 // El papel de la gestión energética.....	187
7.3.2 // Los objetivos marcados por la Unión Europea para la Eficiencia Energética .....	188
7.3.3 // Los sistemas de gestión de eficiencia energética.....	190
7.3.4 // Monitorización de la Eficiencia Energética .....	193
7.3.5 // Telegestión energética .....	196
7.3.6 // Indicadores energéticos.....	198

**La certificación energética del proyecto .....** 207

**8.1 Sistema de certificación energética en España.El RD 235/2013 .....** 207

**8.2 El método general:Herramienta Unificada LIDER-CALENER.....** 209

**8.3 Procedimientos simplificados para la certificación energética de edificios existentes. ....** 218

8.3.1 // Programa CE3 .....	218
8.3.2 // Programa CE3X.....	229

**8.4 Registro de certificados de eficiencia energética de edificios .....** 241

8.4.1 // Castilla y León .....	241
--------------------------------	-----

# Fase de construcción

## Control en obra de puntos críticos para el desempeño energético de los EECN

247

<b>9.1 Fase de construcción</b>	247
9.1.1 // Las fases de un EECN	247
9.1.2 // Definición detallada previa a la ejecución	248
9.1.3 // Garantía de calidad en la ejecución	249
<b>9.2 Control en obra de puntos críticos para el desempeño energético de los EECN</b>	250
9.2.1 // Puntos de inspección y autoinspección	250
<b>9.3 Ensayos específicos</b>	251
9.3.1 // Ensayo hermeticidad	251
9.3.2 // La infiltrometría	253
9.3.3 // La Termo-flujometría	254
9.3.4 // Medición de composición de acristalamientos	256

## Puesta en funcionamiento (commissioning) de los EECN

258

<b>10.1 Definiciones y Objetivo</b>	258
<b>10.2 Proceso de Commissioning</b>	259
10.2.1 // Fase de Planificación	259
10.2.2 // Fase de Revisión del Diseño	260
10.2.3 // Fase de Pre-construcción	261
10.2.4 // Fase de Construcción	261
10.2.5 // Fase de Puesta en Marcha	262
10.2.6 // Fase de Recepción	262
10.2.7 // Fase de Ocupación Inicial	263
10.2.8 // Fase de Verificaciones (Continuous Commissioning)	263
<b>10.3 Diagrama de Flujo del Proceso</b>	264

## Costes de construcción de un EECN

265

<b>11.1 Introducción</b>	265
<b>11.2 Costes Generales y Asociados en una Obra de Edificación</b>	265
11.2.1 // El Terreno	266
11.2.2 // Impuestos al Ayuntamiento	266
11.2.3 // Honorarios Técnicos	266
11.2.4 // Estudio geotécnico	267
11.2.5 // Construcción	267
11.2.6 // Notaría y Registro	267
11.2.7 // Tipo de interés financiero	268
11.2.8 // Tipo impositivo	268
<b>11.3 ¿Cuánto cuesta más construir sostenible?</b>	268
11.3.1 // Beneficios de la construcción sostenible	268

11.3.2 // ¿Cuánto cuesta más construir así? .....	269
11.3.3 // ¿Dónde está el sobrecoste? .....	270
11.3.4 // Retorno de la inversión.....	270
11.3.5 // Desarrollo eficiente en los precios de edificios: Conclusiones.....	272

<b>Estudio de costes de diseño pasivo .....</b>	<b>274</b>
<b>12.1 Introducción .....</b>	<b>274</b>
<b>12.2 ¿Qué se entiende cómo envolvente? .....</b>	<b>275</b>
<b>Soluciones Muro:.....</b>	<b>285</b>
<b>Ventanas - huecos.....</b>	<b>285</b>
<b>(Carpinterías: vidrios + marcos.....</b>	<b>285</b>
Transmitancia térmica: .....	285
Factor solar: g. ....	286
Transmisión luminosa: TL. ....	286
Aspecto: .....	286
<b>Soluciones muro: protección de huecos.....</b>	<b>294</b>
<b>Soluciones de cubierta .....</b>	<b>302</b>
<b>Soluciones de suelo en contacto con el terreno.....</b>	<b>312</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>316</b>
<b>Fuentes y enlaces web .....</b>	<b>317</b>

# Casos de éxito

<b>Casos de éxito de edificios de consumo casi nulo en España</b> .....	319
<b>Edificio LUCIA</b> .....	320
Valladolid	
<b>Aulario IndUVA</b> .....	321
Valladolid	
<b>CARTIF III</b> .....	322
BOECILLO, Valladolid	
<b>Casa El Plantio</b> .....	323
Carrión De Los Condes, Palencia	
<b>Laboratorio de cosméticos naturales Amapola</b> .....	324
San Cristóbal De Segovia, Segovia	
<b>Biblioteca Villamediana De Iregua</b> .....	325
Villamediana De Iregua, La Rioja	
<b>Can Tanca</b> .....	326
San Lorenzo Cardasar, Baleares	
<b>Casa Entreencinas</b> .....	327
Villanueva De Pría (Llanes), Asturias	
<b>Casa La Atalaya</b> .....	328
Cudillero, Asturias	
<b>Casa La Vega</b> .....	329
Vega de Poja (Siero), Asturias	
<b>Casa Muros</b> .....	330
Muros de Nalón, Asturias	
<b>Centro Cívico Can Portabella</b> .....	331
Barcelona	
<b>Edificio de investigación, creación audiovisual y pensamiento contemporáneo</b> .....	332
La Morera de Montsant, Tarragona	
<b>Hotel Casa del Castell</b> .....	333
Mora de Ebro, Tarragona	
<b>Casa Arboretum</b> .....	334
Lleida	
<b>Casa en edificio existente en Torallola</b> .....	335
Torallola (Conca de Dalt), Lleida	
<b>Casa en Montornès del Vallès</b> .....	336
Montornès del Vallès, Barcelona	
<b>Casa en Pobla de Segur</b> .....	337
Pobla de Segur, Lleida	
<b>Casa en Ullà</b> .....	338
Llà, Girona	
<b>Os de Balaguer</b> .....	339
Balaguer, Lleida	
<b>Rehabilitación y ampliación de vivienda en la Floresta</b> .....	340
Sant Cugat del Vallès, Barcelona	
<b>Casos de éxito de edificios de consumo casi nulo a nivel internacional</b> .....	342
Colegio en Arlington Virginia.....	342
Centro de innovación del RMI 2015 .....	344
Bullitt Foundation Cascadia Center.....	346
CBF Merrill Environmental Center:.....	346
North Face .....	348
Joseph Vance Building en el centro de Seattle: .....	352
GSA (General Services Administration) .....	353
<b>Conclusión</b> .....	354

# E

Referencias.....	355
------------------	-----

# Definición, normativa y certificaciones



A

# 1

## Introducción

### 1.1 Prólogo: EECN + diseño pensando en las personas = edificios saludables

#### 1.1.1 // El mundo está cambiando muy rápidamente

En los últimos cien años, hemos visto cómo el mundo cambiaba a gran velocidad hacia unas estructuras más ágiles y económicas. En los últimos diez, el cambio ha sido de vértigo e incluso catastrófico para muchas empresas que no han sabido evolucionar. Sin embargo, se abre un mundo lleno de oportunidades.

Las dos primeras Revoluciones Industriales tenían tres características comunes: en ellas se emplearon nuevas formas de energía, se mejoraron las comunicaciones y nos considerábamos en el cenit del conocimiento científico. La Tercera Revolución Industrial lleva produciéndose desde el año 2000 y se dan las mismas características:

- ▶ la tecnología para aprovechar la energía procedente de fuentes renovables no contaminantes, como el sol y el viento, avanza a toda velocidad y estas energías ganan cada año cuota de mercado;
- ▶ internet es la nueva forma de comunicación; y,
- ▶ aunque hemos seguido avanzando científicamente, todavía nos queda mucho por aprender.

Durante la Primera Revolución Industrial, era necesario invertir en el doble de mano de obra para duplicar el crecimiento, por lo que esos crecimientos eran lineales. En la Segunda, se incrementó la capacidad de las personas gracias a la incorporación de las máquinas, pero el crecimiento, aunque mayor, seguía siendo lineal. En la Tercera Revolución Industrial, que algunos llaman 4.0, se empezaron a aplicar sistemas digitales para incrementar exponencialmente el crecimiento, eso implicó nuevas formas de or-

ganización y relación en el trabajo y está disparando radicalmente la capacidad de inventar, producir y ofrecer el resultado de manera más eficaz en el mercado, reduciendo costes.

Hoy en día, los cambios se suceden a tal velocidad que los ajustes son necesarios en los modelos sociales, culturales, económicos, productivos, energéticos y medioambientales para llevarnos a una situación económica más estable y beneficiosa para nuestra sociedad y nuestros negocios, protegiendo a la vez el medioambiente.

### 1.1.2 // Digitalización, la nueva herramienta para el cambio

El mundo digital está acaparando nuestra atención a la hora de realizar una compra. Pensemos en Amazon, la compra de viajes a través de Amadeus, que da soporte a la mayoría de las agencias digitales de viajes, incluso en el mundo del automóvil, el Tesla, más que un coche, es un ordenador con ruedas cuyas últimas versiones permiten traslados de un sitio a otro prácticamente sin necesidad de intervención humana.

La digitalización elimina muchísimas de las barreras físicas y políticas. Arquímedes, hablando sobre las capacidades de la palanca dijo: “Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”. La humanidad nunca ha tenido una palanca más potente que la digitalización, por ejemplo, ahora podemos aplicar algoritmos que nos permiten analizar los patrones de consumo de un edificio y la posibilidad de reducirlos mejorando los costes de mantenimiento y los resultados operativos. La digitalización ya está presente en el mundo de la construcción y únicamente somos capaces de vislumbrar sus aportaciones para la mejora.

Las personas y empresas innovadoras que apliquen la digitalización en el mundo de la construcción conseguirán una posición de ventaja competitiva y se colocarán en el futuro «hoy».

La digitalización es una herramienta que nos ayuda a conseguir edificios y comunidades de consumo de energía casi nulo y en los que se tengan en cuenta las necesidades y demandas de las personas que los habitan para crear edificios saludables.

Después de todo, los edificios se inventaron para protegernos de las condiciones adversas del exterior y poder desarrollar nuestras vidas más cómodamente. Pero la realidad es que por conseguir los objetivos de ahorros de costes y energéticos, los edificios actuales nos están aislando de la naturaleza, perjudicándonos en muchos aspectos. Por ejemplo, hoy sabemos que durante los meses de invierno muchas personas sufren depresión asociada a la falta de luz natural, particularmente por la mañana, cuando permanecen en el interior de los edificios, ya que la luz eléctrica normalmente no tiene la suficiente intensidad ni aportación de luz azul-verdosa que necesitamos para activarnos. Sin embargo, si aplicáramos esta luz al final del día, nos dificultaría el sueño tan importante para nuestra salud. Por lo que los sistemas de iluminación eléctrica deberían incorporar sensores y sistemas de ajuste en intensidad lumínica y en color, adaptándose al patrón natural.

No olvidemos que la mayoría de las personas pasamos más del 90% de nuestro tiempo en su interior. Debemos utilizar con cuidado las opciones que tenemos para crear entornos que nos benefician, tanto desde el punto de vista de la salud y bienestar, como del medio ambiente.

### 1.1.3 // La nueva legislación

Por otro lado, las leyes de la Unión Europea nos obligan a que, a partir del año 2020, los edificios nuevos sean EECN, como indica el Real Decreto 235/2013 de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. En la disposición adicional segunda, se refiere a edificios de consumo de energía casi nulo. La adopción del Real Decreto exige cambios legislativos en el código técnico de la edificación, en la definición de los estándares y en las normas de certificación. Los EECN tienen un uso muy eficaz de la energía, normalmente un 80% inferior a un edificio convencional y, en su cómputo anual de uso, la energía que consume se ve compensada con la producción local procedente de fuentes renovables. Ya son más de doscientos los edificios certificados en el mundo, que demuestran que los EECN son una realidad, tanto en proyectos nuevos, como de renovación. En ellos se ha verificado que desde el principio aportan beneficios a los propietarios y usuarios, mejorando su eficacia e imagen de marca y aumentando la rentabilidad de las inversiones realizadas, lo que incrementa significativamente el valor intrínseco del edificio.

El 17 de abril de 2018 el Parlamento Europeo ha aprobado la nueva directiva sobre el rendimiento energético de los edificios EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-3374\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3374_en.htm) cuyos logros principales son:

- ▶ Crea un camino claro para que en el 2050 todos los edificios de la Unión Europea sean EBEC
- ▶ Encomienda el uso de sistemas “inteligentes” para su automatización y control (también por parte de la administración)
- ▶ Presenta un indicador “preparado para ser inteligente” que medirá la capacidad de los edificios para usar nuevas tecnologías y sistemas electrónicos para adaptarse a las necesidades futuras
- ▶ Apoya el despliegue de la infraestructura para la e-mobility
- ▶ Moviliza financiación e inversión pública y privada
- ▶ Se tiene que transponer en leyes estatales antes de 20 meses

En la actualidad cada año se realizan trabajos de construcción o de renovación profunda sobre alrededor del 1% de edificios respecto al stock existente. Para conseguir el objetivo marcado por la ley, el mercado tiene que crecer de media anual hasta el 3%. Este crecimiento no se producirá por una actividad especulativa como como ocurrió en el pasado en el sector de la construcción, si no por tener sentido desde el punto de vista de los costes de explotación, dándose una diferencia fundamental, hoy gastamos en construcción, en el futuro, invertiremos en construcción al tener un buen ratio de retorno a la inversión, recordemos que no pagaremos por la energía y con esto se amortizarán las inversiones.

Económicamente, esto es más viable cuando planteamos la renovación de edificios antiguos amortizados contablemente, puesto que normalmente las instalaciones se sustituyen por otras más modernas, reduciendo el 30-40% del consumo de energía. Si además realizamos un diseño integrador entre todas las instalaciones y utilizamos sensores junto con otros sistemas de control, podemos conseguir ahorros del 60% con un incremento en la inversión muy reducido; y si, por último, instalamos un mejor sistema de aislamiento del edificio, podemos llegar a reducciones de consumo del 80%, que es la base para los EECN. Esta legislación generará un nivel de actividad de gran relevancia

en el sector de la construcción, donde numerosas empresas innovadoras ya pueden aportar soluciones técnicas de primer nivel para convertirlas en realidad.

#### 1.1.4 // La diferencia entre ahorro energético y eficiencia energética

- a. Llevando a su extremo el ahorro energético, tendremos edificios que no consuman energía pero que sean inhabitables por no tener luz o no tener una temperatura adecuada en su interior.
- b. Llevando al extremo la eficiencia energética, tendremos Edificios de Energía Casi Nula donde las personas se encuentren en un entorno adecuado y saludable.

Los EECN, además, aportan otras ventajas más importantes incluso que el ahorro energético, con la aplicación de nuevos conocimientos científicos podemos realizar mejoras para incrementar el bienestar y la eficacia de las personas que los usan. Un ejemplo sería el incremento en un 26% de nuestras capacidades cognitivas, medidas durante la comparación de un edificio convencional con otro de calificación energética LEED platino, según la Facultad de Medicina de Harvard.

El mercado inmobiliario adopta las nuevas tendencias con precaución porque se mueven cifras económicas de gran importancia y eso exige soluciones contrastadas. Hoy tenemos numerosos casos reales de instalaciones donde se ha podido verificar la tecnología, como, por ejemplo, con el cambio de sede del Macquarie Group en Australia, el incremento de la productividad mejoró en términos económicos diez veces más que los ahorros energéticos, resultando que, por reducción de consumo se consiguieron ahorros mensuales de 18 US\$ por m<sup>2</sup> mientras que por incremento de eficacia de los empleados se consiguieron mejoras en la productividad de 188 US\$ por m<sup>2</sup>. En este caso se aplican multitud de tecnologías distintas para la mejorar el entorno de trabajo.

Es fundamental instalar y configurar los productos con todas las características que se describen en los proyectos, ya que, si cambiamos la especificación e incorporamos productos no adecuados en la búsqueda del abaratamiento de la instalación, no obtendremos los objetivos buscados. Una decisión de ese estilo se puede tomar en un minuto, pero afecta al edificio y al usuario durante muchos años, elevando considerablemente el coste real de esa compra.

Según John Spengler, PhD, Environmental Health & Human Habitation professor, Harvard University, el coste de tener aire de calidad en el interior de un edificio es de 40 US\$ por año y por persona y su retorno en términos de mejora de las capacidades cognitivas es de 6.000 US\$ por persona y por año. Si nos centramos solo en el coste de las instalaciones y su explotación, se produce una “falsa economía” ya que las repercusiones de estas decisiones van mucho más allá de estos costes de adquisición o uso, afectando a los usuarios en su salud bienestar y eficacia.

#### 1.1.5 // El futuro del mercado inmobiliario

Ya hace muchos años tenemos herramientas digitales para modelizar y optimizar los diseños constructivos, pero tenemos que dar pasos decididos para incorporar más elementos digitales en otras muchas áreas, ya que jugará un papel fundamental para conseguir edificios de energía casi nula (EECN) “centrados en las personas”. La digitalización, nos permitirá dar respuesta a las necesidades cambiantes de las personas, al

permitirnos medir las situaciones ambientales y ajustarlas a sus necesidades con precisión inimaginable hace tan solo unos años, manteniendo criterios de eficiencia energética y buscando su bienestar, lo que en conjunto nos aporta un mejor retorno a nuestra inversión.

La luz es también el soporte de la digitalización en los espacios cerrados; un ejemplo son las nuevas soluciones Light-Fi, capaces de incrementar hasta cien veces el tráfico de datos de los sistemas Wi-Fi. También los sistemas de posicionamiento en interiores, que nos ayudan a mejorar, por ejemplo, nuestra experiencia de compra guiándonos hasta el lugar en el que se encuentra el producto que buscamos dentro de un local comercial, de forma similar a cómo nos ayuda en el exterior un sistema GPS.

El mundo de la construcción tiene que entrar en modo “cambio continuo” para mantenerse relevante, atendiendo a las necesidades de los inversores y usuarios. Un paso más en esta dirección será el desarrollo de la inteligencia artificial aplicada también en este campo.

La experta en confianza, Rachel Botsman, afirma que la confianza es una revolución más disruptiva que la tecnología, cuyos procesos permiten la innovación y el cambio, sobre todo en nuestro comportamiento; por eso, nuestra comunidad tendrá que reevaluar la forma en la que abordamos la confianza de nuestros clientes, trabajando en la seguridad cibernética o el impacto de la construcción sobre la salud de las personas para generar, con éxito, esa confianza en ellos.

La digitalización jugará un papel fundamental durante el diseño y la gestión de los EECN. Muchas empresas con experiencia en el diseño de estos edificios están utilizando la sistemática del Diseño Colaborativo. Que parte de un líder con visión que establezca los objetivos con la necesaria racionalidad y claridad del negocio que se desarrollará en su interior, para orientar y motivar al equipo formado por: individuos de gran valía, conocimientos y experiencia, trabajando con el concepto de diseño integrador. Con visión global del proyecto y no, como es habitual, en fases aisladas. El diseño integrador suele aportarnos soluciones constructivas que cuestan menos y rinden más.

El equipo puede estar formado por: el gerente del proyecto, el equipo de diseño (arquitectos e ingenieros), los proveedores de las distintas tecnologías (cerramientos, eléctricas, mecánicas, civiles) los constructores e instaladores (configuración de los equipos), los responsables del mantenimiento, y los usuarios.

La eficiencia energética es hoy en día el principal argumento para renovar las instalaciones y mejorar el rendimiento de los activos.

Para tener mejores edificios, hay otros elementos que tenemos que tener en cuenta durante el diseño colaborativo e integrador

- ▶ Las personas tienen que estar en el centro de nuestros esfuerzos.
- ▶ El entorno de los edificios condiciona el correcto funcionamiento de los EECN. Su adecuado tratamiento incidirá en el incremento de la eficiencia energética de los edificios.
- ▶ La digitalización es una herramienta muy importante.
- ▶ Las instalaciones eficaces y los sistemas de control nos ayudarán a reducir el consumo.

- ▶ Los datos nos ayudarán a conocer los patrones de uso, por lo que se podrán hacer proyectos de mejora.
- ▶ El conjunto de estos elementos nos ayudará a mejorar el resultado de la explotación del edificio bajo la perspectiva social y económica.

Si tenemos que priorizar las inversiones y estimar el impacto positivo en nuestra cuenta de explotación, claramente merece la pena tener en cuenta la eficiencia energética y, sobre todo, el bienestar y la eficacia de nuestro mejor y principal activo, que son las personas. Si como consecuencia de los planes de mejora para reducir los gastos en energía, conseguimos además mejorar el confort y rendimiento de las personas, obtendremos una solución ganadora y nuestros proyectos tendrán mayor éxito y mejor balance de explotación.

Es importante destacar que las tecnologías que nos permiten estos ahorros y ventajas para las personas son conocidas y han llegado a un nivel de maduración y fiabilidad alto, siempre que se sepan identificar y aplicar correctamente. Por lo tanto, no es necesario utilizar tecnologías experimentales para obtener resultados satisfactorios.

El mercado de la construcción fue, en su momento, uno de los motores más potentes del crecimiento. Actualmente la tendencia a nivel mundial es desarrollar modelos orientados hacia la sostenibilidad, que producen ciclos económicos positivos sin depender de razones externas. Existen alternativas dentro del sector de la construcción y de la energía para generar riqueza y obtener un rendimiento mucho mayor de los edificios y las ciudades, cambiando el axioma clásico del «gasto» por el de «inversión rentable». Nos referimos, en primera instancia, a conseguir ahorros superiores al 60% en edificios antiguos con proyectos de renovación profunda a través de una inversión contenida; en segunda instancia, a conseguir EECN en construcciones nuevas y en renovación; y, en tercera instancia, a conseguir que las Comunidades tengan Consumo de Energía Casi Nulo en su conjunto (CECN).

En los primeros proyectos para EECN, el coste fue de hasta un 25% mayor en comparación con edificios convencionales con similar funcionalidad y nivel de acabado. Con la experiencia y los nuevos procesos desarrollados durante los últimos años, los innovadores han mejorado drásticamente la viabilidad económica de los proyectos. Basándose en el ‘diseño colaborativo’ y aplicando los conceptos de ‘eficiencia inteligente’, el incremento del coste del edificio puede ser nulo o, dependiendo de los casos, llegar al 10%. Este incremento se deberá, principalmente, al área de diseño, al tener que desarrollar procesos de colaboración distintos e investigar sobre las tecnologías adecuadas necesarias y cómo se interrelacionan entre ellas para sacar el máximo rendimiento para aplicarlas en el lugar específico. Como es muy difícil conseguir a la primera que un proyecto cumpla en presupuesto y en funcionalidad, tendremos que hacer varias rondas de mejora en el diseño hasta conseguirlo. Por supuesto las diferencias en la inversión se amortizan en plazos sorprendentemente cortos. En caso de usar financiación exterior, desde el primer pago se podrá comprobar que el cash flow es positivo.

### 1.1.6 // ¿Qué es lo importante?

En principio la motivación para hacer edificios ecológicos era “hacer las cosas bien para tener un impacto positivo”. Cada vez se ve más como una oportunidad de negocio, y, en todo caso, se están uniendo los argumentos de reducción de los costos operativos con

el incremento del bienestar de las personas, convirtiéndose en argumentos sólidos e importantes para ayudar a tomar las decisiones. También es importante:

- ▶ Atender a las demandas de los clientes y/o usuarios.
- ▶ Incrementar el valor de nuestras inversiones y mitigar los riesgos.
- ▶ Mejorar la imagen de marca.
- ▶ Aportar a la transformación del mercado.
- ▶ Preparar los edificios para que nos ayuden más a desarrollar nuestro futuro.
- ▶ Mejorar los sistemas de gestión y mantenimiento.
- ▶ Conocer las situaciones críticas, incluso antes de que se produzcan. Aportar mejor información a los responsables involucrados. Además de quienes gestionan el edificio y su mantenimiento, hemos de tener en cuenta: los propietarios, los responsables de marketing de la empresa para dar una mejor imagen de la firma, ya que mejoran los servicios ofrecidos y, por supuesto, a los usuarios de los edificios alquilados para que sean conscientes de las ventajas de que disfrutan.
- ▶ Los datos tienen un coste. No hay que medirlo todo, pero sí es necesario que los datos sean suficientes para ayudarnos en la mejora continua.

## 1.2. Principios y conceptos fundamentales

Antes de entrar en material, es conveniente reseñar ciertas definiciones, para evitar confusiones a la hora de entender el presente Manual:

- ▶ «edificio»: construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el ambiente interior.
- ▶ «edificio de consumo de energía casi nulo»: edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I (Directiva 2010/31/UE). La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.
- ▶ «instalación técnica del edificio»: equipos técnicos destinados a calefacción, refrigeración, ventilación, calentamiento del agua o iluminación de un edificio o de una unidad de este, o a una combinación de estas funciones.
- ▶ «eficiencia energética del edificio»: cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación;
- ▶ «energía primaria»: energía procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.
- ▶ «demanda de calefacción»: La demanda de energía en calefacción de un edificio se calcula con el fin de conocer cuanta energía térmica hay que proporcionarle para mantenerlo a la temperatura que consigne las normas que cada país establece. Son usuales temperaturas de consigna o temperatura interior de confort de 18°C o 20°C.

Dado que entre el ambiente exterior y el ambiente interior del edificio media una envolvente (techos, muros, ventanas, puertas, pisos, etc) y cada uno de estos puede tener un nivel de aislamiento térmico diferente. En primer término se necesitará conocer el valor de transmitancia térmica  $U$  o  $K$  ( $W/m^2.K$ ) de cada parte de la envolvente y la superficie en  $m$  de cada parte.

- ▶ «demanda de refrigeración»: La demanda de energía en refrigeración de un edificio, se calcula con el fin de conocer cuanta energía térmica hay que proporcionarle para mantenerlo a la temperatura que consigne las normas que cada país establece. Son usuales temperaturas de consigna o temperatura interior de confort de 24°C o 26°C.
- ▶ «energía procedente de fuentes renovables»: energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.
- ▶ «envolvente del edificio»: elementos integrados que separan su interior del entorno exterior.
- ▶ «cogeneración»: generación simultánea, en un solo proceso, de energía térmica y eléctrica o mecánica;

- ▶ «nivel óptimo de rentabilidad»: nivel de eficiencia energética que conlleve el coste más bajo durante el ciclo de vida útil estimada, cuando:
  - a. el coste más bajo venga determinado teniendo en cuenta los costes de inversión relacionados con la energía, los de mantenimiento y funcionamiento (incluidos el coste y ahorro de energía, la categoría del edificio de que se trata, los ingresos procedentes de la energía producida), si procede, y los costes de eliminación, si procede, y
  - b. el ciclo de vida útil estimada venga determinado por cada Estado miembro. Se trata del ciclo de vida útil estimada restante de un edificio en el que los requisitos de eficiencia energética se determinan para el edificio en su conjunto, o del ciclo de vida útil estimada de un edificio o de uno de sus elementos en el que los requisitos de eficiencia energética se determinan para los elementos del edificio. El nivel óptimo de rentabilidad se situará en el rango de niveles de rendimiento en los que el balance coste-beneficio calculado durante el ciclo de vida útil estimada es positivo.
- ▶ «instalación de aire acondicionado»: combinación de elementos necesarios para proporcionar un tipo de tratamiento del aire interior, mediante el cual la temperatura está controlada o puede bajarse.
- ▶ «caldera»: combinación de caldera y quemador diseñada para transmitir a unos fluidos el calor de la combustión.
- ▶ «potencia nominal útil»: la potencia calorífica máxima, expresada en kW, especificada y garantizada por el fabricante que se obtiene en régimen de funcionamiento continuo, respetando el rendimiento útil expresado por el fabricante.
- ▶ «bomba de calor»: máquina, dispositivo o instalación que transfiere calor del entorno natural, como el aire, el agua o la tierra, al edificio o a aplicaciones industriales invirtiendo el flujo natural de calor, de modo que fluya de una temperatura más baja a una más alta. En el caso de las bombas de calor reversible, también pueden trasladar calor del edificio al entorno natural.
- ▶ «sistema urbano de calefacción» o «sistema urbano de refrigeración»: distribución de energía térmica en forma de vapor, agua caliente o fluidos refrigerantes, desde una fuente central de producción a través de una red hacia múltiples edificios o emplazamientos, para la calefacción o la refrigeración de espacios o procesos.

Estas definiciones mostradas son algunas de las reseñadas en la DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, en su Artículo 2.

# 2

## Los Edificios de Consumo Casi Nulo

### 2.1 Qué es un Edificio de Consumo Casi Nulo

#### 2.1.1 // Definición

Según la definición establecida en la DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo es:

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

Esto es, un edificio de alta eficiencia energética que consume muy poca energía, cuya fuente de suministro debe ser renovable, definiéndose además en la Directiva la necesidad de adoptar una metodología común para el Cálculo de la Eficiencia Energética de los Edificios.

El Anexo I “Marco General Común del Cálculo de la Eficiencia Energética de los Edificios” de la mencionada Directiva 2010/31/UE, es de vital importancia porque de ahí se establece el alto nivel de eficiencia energética que se exigen, los parámetros necesario para su cálculo así como los distintos usos y tipologías posibles.

En este anexo se define que la eficiencia energética se establece partiendo de la cantidad de energía real, calculada o consumida anualmente, para satisfacer las distintas necesidades. Esto es, la energía necesaria para la calefacción y refrigeración, a fin de mantener las condiciones de temperatura previstas para el edificio.

También se especifica que es necesario establecer un límite (un indicador numérico) del consumo de energía primaria, por el suministrador de energía o en un valor particular para la generación in situ.

Por tanto, sin entrar en más detalle, la Directiva 2010/31/UE establece que los estados miembros deberán cuantificar los siguientes valores límites anuales en términos de energía por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup> y año).

- ▶ Demanda de Energía primaria
- ▶ Demanda de calefacción
- ▶ Demanda de refrigeración.

Para conseguir esto, se define la Metodología De Cálculo de la Eficiencia Energética, que deberá tener en cuenta las normas europeas y se ajustará a la legislación de la UE, incluyendo la Directiva 2009/28/CE: “Fomento del Uso de Energía Procedente de Fuentes Renovables”<sup>1</sup>, la cual deberá tener en cuenta, además de los distintos usos y tipologías arquitectónicas, al menos los siguientes aspectos:

- ▶ El diseño, el emplazamiento, y la orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores.
- ▶ Para calcular las características térmicas reales del edificio, se tendrán en cuenta estas características:
  - Capacidad térmica
  - Aislamiento
  - Calefacción pasiva
  - Elementos de refrigeración
  - Puentes térmicos
- ▶ Las Instalaciones solares pasivas y protección solar (sombreamiento)
- ▶ Las Instalación de calefacción y A.C.S, incluidos sus aislamientos
- ▶ Las Instalaciones de aire acondicionado
- ▶ La Ventilación natural y mecánica, incluyendo las condiciones de estanqueidad al exterior.
- ▶ La Instalación de Iluminación incorporada (especialmente en no residencial)
- ▶ Las Cargas Internas

Además, **el cálculo deberá tener en cuenta la incidencia positiva** de los siguientes aspectos, si son pertinentes:

- ▶ Las condiciones locales de exposición al sol, sistemas solares activos, y otros sistemas de calefacción o producción solar basados en la energía procedente de fuentes renovables.

<sup>1</sup>// Esta Directiva, que enmienda y deroga las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE anteriores, establece un conjunto común de normas para el uso de energías renovables en la UE con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y promover un transporte más limpio.

Con esta Directiva, se aplica uno de los objetivos 20-20-20 del “Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020”. Los otros dos objetivos son:

- reducir hasta 2020 las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % respecto a los niveles de 1990, y
- mejorar la eficiencia energética en un 20 %.

- ▶ La electricidad producida por cogeneración
- ▶ Los sistemas urbanos o centrales de calefacción y refrigeración
- ▶ La iluminación natural.

La Directiva 2010/31/UE, también establece que cada estado miembro, debe desarrollar un Plan Nacional en el que debe desarrollar dicha Directiva en los siguientes aspectos:

- ▶ Diagnóstico de la situación actual del parque edificatorio
- ▶ Definición detallada del EECN.
- ▶ Objetivos intermedios para el 2015, en la mejora de la eficiencia de los edificios:
  - Requisitos normativos
  - Objetivos cuantitativos.
- ▶ Información sobre las distintas estrategias adoptadas para promover los EECN, (normativa, incentivos económicos, incentivos fiscales, I+D, formación, difusión y comunicación, otros...).

De una lectura en profundidad de estos parámetros se observa que existe un paralelismo directo con los parámetros que tiene en cuenta el Estándar Passivhaus<sup>2</sup>, cuyo objetivo principal es la reducción de hasta el 90% el consumo de Calefacción/refrigeración en los edificios, y por tanto de Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Parece que, de algún modo, esta Metodología incorporada en la Directiva ha podido inspirarse en su método de cálculo, dada la demostrada fiabilidad de sus cálculos y resultados desde 1991, que fue cuando se construyó el Primer edificio Passivhaus.

Además, los valores límites establecidos por la Directiva 2010/31/UE, para la definición de un Edificio de Consumo Casi Nulo, son los mismos que establece el Passivhaus, para la definición de un edificio pasivo:

- ▶ Límite de Demanda de Calefacción
- ▶ Límite de Demanda de Refrigeración
- ▶ Límite de Consumo de energía Primaria.

Este estándar Passivhaus, además, establece un límite de hermeticidad al aire de 0,6 renovaciones por hora en un diferencial de presión de 50 Pa, mientras que la Directiva 2010/31/UE, no lo considera, aunque sí hay que destacar que en la Metodología incluida en la Directiva se indica que debe tenerse en cuenta este factor, como método de cálculo, del mismo modo que el Passivhaus lo hace.

Otro punto en común que tiene la Metodología incluida en el Anexo 1 de la Directiva con el estándar Passivhaus, se refiere a la puesta en valor del origen de la fuente de energía: en ambos casos debes ser renovables.

Por otro lado, no debemos dejar de tener en cuenta que el fin último que persigue la Directiva Europea es conseguir que los edificios sean autosuficientes energéticamente hablando, por tanto, tal y como indica, se tendrá en el cálculo la incidencia positiva de

<sup>2</sup>// La información sobre el Estándar Passivhaus se puede encontrar en el Apartado 2.3.

sistemas solares activos locales y la producción eléctrica basados en fuentes renovables, esto es, producción propia de energía a través de placas solares fotovoltaicas.

Del mismo modo, en el estándar Passivhaus, se tiene muy presente la producción propia de energía renovable para el autoconsumo y para el cálculo de consumo energético total, llegando a certificar como Passivhaus Premium, un edificio que sea autónomo energéticamente hablando.

### 2.1.2 // ¿Por qué existe la necesidad de construir EECN?

En los años 90, empezamos a observar de una forma fehaciente las consecuencias del cambio climático, observando que dicho fenómeno se debía a la influencia que tenían las emisiones de los gases de efecto invernadero en el medio ambiente.

Por ello, la Unión Europea realizó diversos estudios al respecto, dado como resultado que el 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa correspondían al uso de los edificios.

Buscando revertir este problema, hace ya más de una década, entró en vigor la Directiva 2002/91/CE, inspirada en el Protocolo de Kyoto, por la cual los estados miembros de la Unión Europea se comprometen a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en los próximos años, adoptando una serie de medidas que lleven al cumplimiento de los objetivos marcados en el Protocolo de Kyoto:

- a. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20%, como mínimo, respecto a los niveles de 1990.
- b. Obtener un 20% de la energía a partir de fuentes renovables
- c. Mejorar la eficiencia energética en un 20%.

En el año 2010 el consumo de la energía en el uso de los edificios llegó a alcanzar el 40% del total, y la Unión Europea entendió reducir estas emisiones era algo factible, y que no influiría negativamente en ningún sector económico. Por tanto, se decidió, desde este órgano, establecer para el sector de la construcción, un objetivo de reducir el consumo energético de los edificios, de manera que llegue un momento en el cual éstos sean autónomos energéticamente hablando. Esto es, energéticamente autosuficientes.

Esta Estrategia se dio forma en la mencionada anteriormente Directiva 2010/31/UE, marcando como fecha límite para esa estrategia en la Unión Europea el año 2020. Esto implica que los edificios que se construyan a partir de esa fecha han de tener un consumo energético casi nulo.

### 2.1.3 // El impacto buscado con la implantación de los EECN en Europa

Aunque a priori no se pueda realizar una cuantificación numérica de las ventajas que va a generar la implantación de los EECN, inicialmente se pueden observar estos beneficios:

- ▶ Mejora en la seguridad de abastecimiento de la energía, al reducir drásticamente el consumo de energía primaria.
- ▶ Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero
- ▶ Reducción de las acciones que favorecen el cambio climático

- ▶ Mejora en el crecimiento económico al aumentar la demanda de empleos en sectores relacionados con la construcción y la energía

Por tanto, todo parece indicar que, con la implantación de los EECN, además de luchar contra el cambio climático, se consigue un crecimiento económico al favorecer iniciativas sostenibles tanto en el campo de la construcción como en el de la energía.

#### 2.1.4 // Cómo debe ser la definición de un EECN

Como establece la Directiva 2010/31/UE, cada país miembro debe realizar su propia definición del concepto de EECN, teniendo en cuenta sus condicionantes propios, en base a la metodología de coste óptimo proporcionada por la UE. Esta metodología requiere de los siguientes procesos:

- ▶ Definición de edificios de referencia, sobre los que aplicar la metodología sobre los que administrar la metodología de coste óptimo, en función de la tipología: Residencial – No Residencial
- ▶ Definición de las medidas de eficiencia energética que deben evaluarse. Se realizarán estimaciones calculando la energía consumida anualmente para satisfacer las demandas térmicas (Calefacción, refrigeración, y ACS) ligadas a un uso normal. Y estas medidas se expresarán como un indicador numérico. La definición debe incluir un indicador numérico de uso de energía primaria expresado en términos de energía anual por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup>/año), que se entiende debe ser de origen renovable.
- ▶ Cálculo de los costes de las medidas de eficiencia durante todo el ciclo de vida útil del edificio.

#### 2.1.5 // Recomendaciones de la Comisión Europea para promover los EECN

La Comisión Europea es consciente que la Directiva, incide en los modos y sistemas de construcción, y por tanto supone una herramienta que, de un modo indirecto, va a obligar a modificar tanto la forma de diseñar, los sistemas constructivos a utilizar, así como la fabricación de materiales.

En verano del 2016, la UE emitió cinco recomendaciones con parámetros específicos, para todos sus Estados miembros, la edificación de viviendas de consumo energético casi nulo, según reza en la propia definición que realiza para este tipo de edificios.

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

Como se observa, hay dos cuestiones básicas en esta definición:

- ▶ La primera establece que el inmueble debe ser altamente eficiente sobre todo a la hora del consumo de energía.
- ▶ La segunda cuestión, indica que esta energía, deben provenir en mayor medida de fuentes renovables de energía.

Además, en dichas recomendaciones se establece una diferenciación cuantitativa acorde a las diferentes Zonas Climáticas de la Unión Europea, según se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 1.**

Escala de exigencias de acuerdo a las diferentes Zonas Climáticas de la Unión Europea.

Fuente: Directiva 2010/31/UE

Zona Climática	Exigencia en oficinas	Exigencia en viviendas (unifamiliar nueva)
<b>Zona Mediterránea</b>	20-30 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 80-90 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 60 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.	0-15 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 50 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.
<b>Zona Océánica</b>	40-55 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 45 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.	15-30 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 35 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.
<b>Zona Continental</b>	Oficinas: 40-55 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 45 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.	20-40 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-70 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 30 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.
<b>Zona Nórdica</b>	55-70 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 85-100 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 30 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.	40-65 kWh/(m <sup>2</sup> /año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 65-90 kWh/(m <sup>2</sup> /año) cubierto por 25 kWh/(m <sup>2</sup> /año) procedentes de fuentes renovables in situ.

Es importante destacar que usar solamente energías renovables no es suficiente para que una construcción se acerque a los parámetros de consumo energético que la definirán como de consumo casi nulo. La edificación debe ser muy eficiente, y la posibilidad de acceder al consumo casi cero depende en gran medida de reducir los consumos de operatividad como la calefacción, refrigeración, producción de ACS, e iluminación.

Así pues, según la propia Directiva, hay una obligatoriedad clara para los Estados miembros: que todas las viviendas nuevas para el año 2021 y las oficinas públicas en el año 2019, deberán ser de consumo energético casi nulo. Por tanto, y como ya se ha indicado al inicio de este apartado, la revolución del sector de la construcción ya se ha iniciado, desarrollando productos y sistemas cada vez más competitivos, para este tipo de edificios, lo cual logrará que se generalice su construcción reduciendo costes para el año 2020, momento de la entrada en vigor del mismo.

### Las recomendaciones europeas del 2016:

1. Redoblar los esfuerzos para la ejecución e implementación completa de las disposiciones de la Directiva de Edificios de Consumo Energético Casi Nulo (EECN).

2. Utilizar fuentes renovables de energía en el marco de un diseño integrado dentro del edificio. Este diseño debe considerar un consumo muy pequeño de los edificios para que, de este modo, su consumo pueda definirse como EECN.
3. Determinar el mecanismo a utilizar para supervisar el cumplimiento de los objetivos EECN y la posible implementación de sanciones para los edificios nuevos que no los cumplan. Recordar que las fechas límites para que se establezcan estas medidas son 2020 y 2021 como ya se mencionó.
4. Formar una integración más fuerte entre las medidas a adoptar, los objetivos EECN y las políticas públicas que se desarrollen para tal fin.
5. Y finalmente, debido al elevado parque inmobiliario de baja calidad energética, establecer unas políticas de ayudas que se enfoquen a la renovación energética, y de este modo favorecer que se adapte a los objetivos EECN.

## 2.2 La definición actual de los EECN en España

### 2.2.1 // El caso de España. Situación Actual Normativa

En España, la Normativa en vigor que tiene en cuenta la eficiencia energética de los edificios, es básicamente la que se define en el Código Técnico de la Edificación (en adelante “CTE”). En dicho Documento se establecen unos límites de demanda de calefacción, refrigeración y consumo de energía primaria, los cuales se han establecido de acuerdo con los parámetros definidos en el año 2013.

Si bien, desde el punto de vista de cumplimiento normativo, con estas definiciones parece que se está dando respuesta a la directiva 2010/31/UE, estudiando en profundidad la exigencia de la misma, los parámetros que tiene en cuenta y el fin que persigue, todo parece indicar que el CTE, en concreto que su Documento Básico “DB-EH”, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las Exigencias Básicas de ahorro de energía (y en particular, en sus Exigencias Básicas “HE 0 Limitación del consumo energético” y “HE 1 Limitación de la demanda energética”), no es la mejor respuesta a esta Directiva si realmente se quiere conseguir una reducción drástica de las emisiones de los gases de efecto invernadero que emiten los edificios.

Y, desde luego, de ningún modo, con los valores definidos en las Exigencias Básicas del CTE DB-HE0 y DBHE1, se puede conseguir de una forma económicamente viable un edificio de balance energético cero, es decir, un edificio autosuficiente y autónomo energéticamente hablando, que es, sin lugar a duda, el horizonte que pretende conseguir en la UE con la publicación de la Directiva 2010/31/UE.

Por tanto, desde la propia Directiva, y a tenor de lo establecido en la misma, así como de lo observado en objetivo perseguido, se entiende que los valores límites de consumo de energía primaria, calefacción y refrigeración, deben ser lo más bajos posibles, dentro de rangos económicamente viables, para su ejecución. Y bien podrían ser los establecidos por el método, que, según todos los indicios, ha inspirado a la Directiva 2010/31/UE, para la definición de un Edificio de Consumo Casi Nulo.

### 2.2.2. // La situación energética actual en España

España, como país miembro de la Unión Europea con un gran problema de emisiones de CO<sub>2</sub>, sobre todo en el parque inmobiliario (dada la antigüedad del mismo), debe tomarse en serio esta oportunidad que nos brinda la Unión Europea, para legislar de una forma ambiciosa, y poner remedio a los problemas de contaminación que ya sufren las grandes ciudades hoy en día.

Este problema se debe esencialmente a cuatro cuestiones principales:

- ▶ La normativa sobre eficiencia energética en edificación ha sido muy laxa, permitiendo edificios muy poco aislados que generan un consumo alto de calefacción y/refrigeración. Y, por lo tanto, un alto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- ▶ El modelo energético se ha basado, hasta el 2010, en la dependencia energética a países terceros, al centrarse en el consumo de gasóleo, gas y electricidad, principalmente, combustibles que hasta el año 2010, eran muy económicos.
- ▶ Existe hasta hoy una clara falta de apoyo por parte de las administraciones para la construcción de edificios de consumo casi nulo, por medio de incentivos, o desgravaciones fiscales.
- ▶ La existencia de una normativa nacional, que no favorece la implantación de sistemas de energía renovable para el autoconsumo

Puede concluirse que no se ha fomentado desde las administraciones públicas, en los últimos 10 años, una cultura sobre la eficiencia y ahorro energético, favoreciendo con ello el alto consumo energético en los usos de calefacción y refrigeración, lo que ha llevado, al unirse a las circunstancias fruto de la crisis económica y social sufrida desde el año 2006, a situaciones de pobreza energética para un sector muy importante de la población.

### 2.2.3 // Los Edificios de alta eficiencia energética en España

Aunque la normativa en materia de eficiencia energética, es el Código Técnico de la Edificación (CTE), desde el año 2009 se observan diversas iniciativas a nivel privado, que buscan construir edificios en energía casi nula. Estos casos pueden encontrarse, sobre todo, en la figura de la autopromoción, partiendo del estándar Passivhaus para su ejecución.

En la actualidad hay ya 60 Edificios Certificados, bajo este estándar, y se encuentran ya más de 200 en proceso de diseño, construcción y certificación.

¿A qué se debe esta tendencia?. Parece que los españoles, cada vez estamos tomando más conciencia, sobre la necesidad de una alta eficiencia energética en los edificios que habitamos. Al menos esto se evidencia, al observar la creciente implantación del estándar Passivhaus a lo largo del estado español.

Dada la climatología en nuestro país, el montante económico que hoy en día hay que destinar para la climatización de los hogares es elevado, y, cada día, este valor crece como consecuencia del aumento del coste de los combustibles fósiles. Por tanto, atajar este problema con una mayor eficiencia energética es básico y el estándar Passivhaus consigue este resultado, al conseguir reducir la demanda de calefacción y/o refrigeración en valores de entre un 75 y un 90% respecto de un edificio convencional, por lo que consumo resultante es casi nulo.

## 2.2.4 // La aplicación de la DIRECTIVA 2010/31/UE, una gran oportunidad para España

Ante el análisis realizado de la situación energética en España, el cumplimiento de la Directiva 2010/31/UE es una gran oportunidad, no solo para solventar los problemas de contaminación mejorando la salud de los habitantes, sino que también para mejorar el parque inmobiliario y, de este modo, favorecer el confort de los habitantes, incrementar su poder adquisitivo (al reducir los gastos de calefacción) y eliminando la pobreza energética de los habitantes más desfavorecidos.

El Gobierno de España no puede seguir mirando a otro lado, y deber provechar esta oportunidad para definir una estrategia mucho más ambiciosa, en su modelo energético futuro.

La Directiva 2010/31/UE, y su cumplimiento real, es una oportunidad de oro, no solo para cumplir con la Normativa Europea, sino para revertir varios de los principales problemas que España está sufriendo hoy en día.

Por tanto, dado que la Unión Europea nos ha dotado de una herramienta fantástica para mejorar tanto la calidad del aire que respiramos como la calidad de vida y el poder adquisitivo de los españoles, debe aprovecharse al máximo su implantación.

Efectivamente, debemos plantear una definición de EECN, que realmente logre el objetivo buscado, siempre dentro de los criterios esenciales de viabilidad económica.

## 2.3 El Estándar Passivhaus

### 2.3.1 // El estándar Passivhaus: un EECN de éxito

En paralelo al proceso regulatorio que están desarrollando los distintos Estados Miembros de la Unión Europea, existen varias iniciativas y normas voluntarias, orientadas a optimizar la eficiencia energética de los edificios, que cumplen con los criterios de EECN, y son utilizado en algunos casos como referencias para elaborar las definiciones nacionales (en casos como el de Bélgica, Francia,..)

Entre estas iniciativas y normas voluntarias, el Estándar Passivhaus (Casa Pasiva), es uno de los que en estos momentos tiene un reconocimiento más amplio a nivel europeo y mundial.

En efecto, encontramos en Europa, provincias y regiones que han adoptado este Estándar como normativa propia de obligado cumplimiento para la construcción, según señala D. Jesús Menéndez en su tesis Doctoral: "The optimisation of Timber Frame Closed Panel System for Low Energy Buildings"

**Tabla 2.**

Municipios donde se ha implantado el Estándar Passivhaus.  
 Fuente: "The optimisation of Timber Frame Closed Panel System for Low Energy Buildings". Tesis Doctoral de D. Jesús Menéndez (2016).

Council	Country	Year	Type
Vorarlberg	Austria	2007	Public
Wels	Austria	2008	All
Antwerp	Belgium	2013	All
Brussels	Belgium	2014	All
Bremen	Germany	2011	Public
Hamburg	Germany	2012	Public
Luxemburg	Luxemburg	2016	All
Oslo	Norway	2014	Public
Villamediana	Spain	2013	Public
Dún Laoghaire	Ireland	2016	All

En dicha tabla observamos cómo regiones como Bruselas, Hamburgo, Luxemburgo, e incluso Oslo con su clima ártico, han implementado este estándar donde los límites de demanda, no varían ni por regiones, ni países.

### 2.3.2 // Qué es el estándar Passivhaus

Se trata de un Estándar de construcción voluntario, propuesto por el Passivhausinstitut, que nace en Alemania en 1991, con la construcción de 4 viviendas adosadas, diseñadas según este Estándar.

La principal característica de este Estándar es que no se centra en la forma en que se genera la energía, sino que pone el foco de atención en la optimización de los recursos existentes, a través de un especial cuidado en el Diseño, la Orientación y el Aislamiento, tanto de la envolvente térmica, como de las instalaciones de los edificios.

Al reducir entre el 75 Y 90% las necesidades de calefacción y refrigeración, la escasa energía necesaria en el edificio se puede cubrir con facilidad con energías renovables, posibilitando la autoproducción, puesto que, de este modo, es económicamente viable. De este modo, llegamos a conseguir el fin último de la Directiva 2010/31/UE, lograr edificios autosuficientes, desde un punto de vista energético.

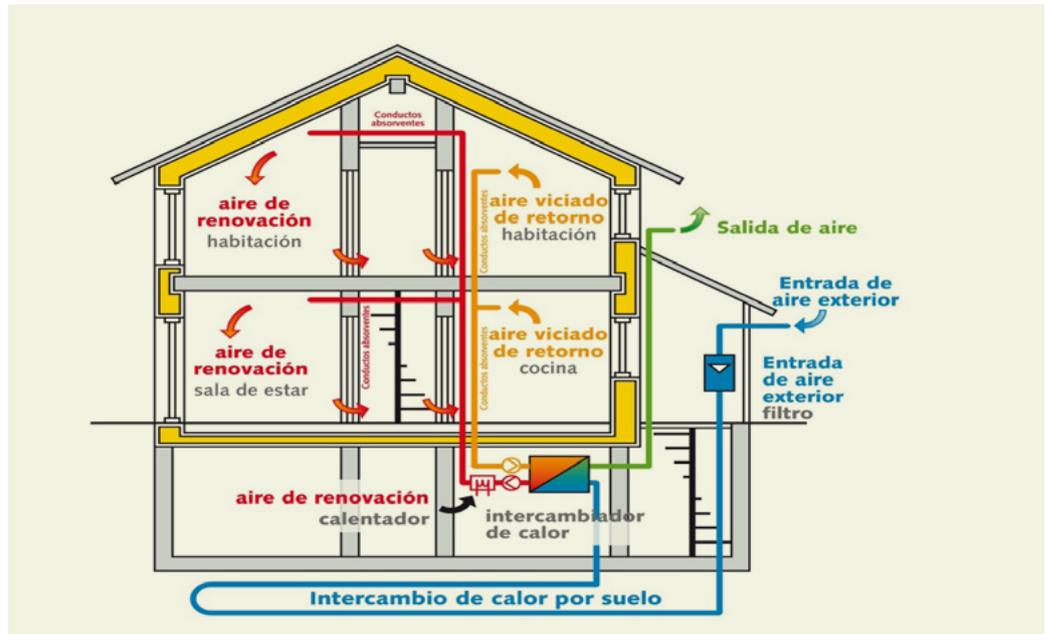
Tal y como se menciona en el punto 1.1 (Definición de un EECN), se observan muchos paralelismos entre la definición de EECN, que establece la Directiva 2010/31/UE, y el estándar Passivhaus.

Por ejemplo, se establece para la definición de un EECN, un límite de consumo de energía primaria anual formulado en términos de kWh/m<sup>2</sup>/año, y el Estandar Passivhaus plantea límites para las demandas de calefacción y refrigeración del edificio, formulados también en términos de kWh/m<sup>2</sup>/año.

El estándar Passivhaus, se basa en 5 principios básicos:

1. Aislamiento térmico.
2. Ventanas y puertas de altas prestaciones
3. Ausencia de puentes térmico
4. Ventilación mecánica con recuperador de calor.
5. Hermeticidad al aire.

**Figura 1.**  
El Estándar Passivhaus.  
Fuente: Passivhausinstitut  
Darmstadt.



El sombreado y incorporación de medidas pasivas para el refrescamiento, también es determinante para un edificio Passivhaus, dado que el sobrecalentamiento en verano, está también limitado en el Passivhaus.

### 2.3.3 // Criterios para la construcción de un edificio Passivhaus

**Calefacción:** establece 2 limitaciones alternativas

- ▶ Demanda de Calefacción < 15 kWh/m<sup>2</sup>/año
- ▶ Carga de Calefacción < 10 kWh/m<sup>2</sup>/año

**Refrigeración:** establece 2 limitaciones alternativas

- ▶ Demanda Refrigeración < 15 kWh/m<sup>2</sup>/año
- ▶ Carga de Refrigeración < 10 kWh/m<sup>2</sup>/año

**Energía Primaria:** La demanda de energía primaria para calefacción, refrigeración, A.C.S, Energía auxiliar y electricidad:

- ▶ < 90 kWh/m<sup>2</sup>/año, si es de procedencia no renovable
- ▶ < 60 kWh/m<sup>2</sup>/año si es renovable.

**Hermeticidad:** Valor n50 en el test “Blower Door”, lo que implica un número de renovaciones inferior a 0.60 a la hora.

El estándar Passivhaus entiende, a raíz de numerosos ensayos, que la hermeticidad de la envolvente de la edificación, y no solamente de sus ventanas y puertas, es crucial para la reducción real en las demandas de calefacción y refrigeración, puesto que, de este modo, evitamos pérdidas incontroladas de energía, por ejemplo, en las entradas de las acometidas de las instalaciones o en los recibidos de las carpinterías.

## 2.4 La Definición de un Edificio de Energía Casi Nula en España

### 2.4.1 // Aproximación a las Directivas y Estrategia de la Comisión Europea

Las Directivas de la Comisión Europea afirman que la energía renovable que se produce en el mismo edificio (utilizada “in situ” o exportada) reduce las necesidades de energía primaria, y que en los nuevos EECN construidos en Europa son económicamente viables con un enfoque que una el autoconsumo y la alta eficiencia energética del edificio. Para ello, es preciso limitar también los consumos en calefacción, refrigeración y en la producción de ACS, siendo necesario incorporar parámetros de diseño, mucho más eficientes, tanto en la envolvente del edificio como en las instalaciones del mismo.

De acuerdo con los datos publicados por la Comisión Europea, la calefacción y refrigeración representa el 50% del consumo de energía de Europa y acapara el 68% de las importaciones de gas. El 75% de energía utilizada en los edificios es energía fósil y solo el 18% renovable. El potencial de ahorro supera el 70%.

A partir de estos datos, que se citan en la “Estrategia de Calor y Frío” que la Comisión Europea presentó en febrero de 2016 y, de la misma manera que las directrices para los EECN, tiene por objetivo sustituir el consumo de combustibles fósiles por renovables en todos los edificios a partir de 2020.

El EECN es una nueva manera de construir y rehabilitar vinculada a la innovación tecnológica que representa la unión de las medidas de eficiencia y las renovables. El modelo energético convencional va a verse alterado por completo ante la profunda transformación de la forma de generar y usar la energía en hogares y empresas.

### 2.4.2 // La adecuada definición española para un EECN

Para conseguir dar una definición adecuada, que permita dar cumplimiento a la Directiva 2010/31/UE, debemos estudiar en profundidad dicha normativa, así como las recomendaciones realizadas por la Comisión Europea en el verano de 2016, donde establece una recomendación para la zona Mediterránea, en la que España se encuentra incluida, que son las siguientes:

**Tabla 3.**

Escala de exigencias para la Zona Mediterránea.

Fuente: Directiva 2010/31/UE

Zona Climática	Exigencia en oficinas	Exigencia en viviendas (unifamiliar nueva)
Zona Mediterránea	20-30 kWh/m <sup>2</sup> /año de energía primaria neta, con un uso de energía primaria de 80 a 90 kWh/m <sup>2</sup> /año cubierto por fuentes de energía convencional, o de 60 a 90 kWh/m <sup>2</sup> /año procedentes de fuentes renovables in situ.	0-15 kWh/m <sup>2</sup> /año de energía primaria neta, con un uso de energía primaria de 50-65 kWh/m <sup>2</sup> /año cubierto por fuentes de energía convencional, o de 50 kWh/m <sup>2</sup> /año procedentes de fuentes renovables in situ.

Para el caso de las viviendas unifamiliares, lo que establece la recomendación es un consumo de energía primaria renovables de entre 50 y 65 kWh/m<sup>2</sup>/año, de los que al menos 50 kWh/m<sup>2</sup>/año deben proceder de fuentes renovables integradas en la propia instalación.

Sin embargo, para el caso de edificios de oficinas, la recomendación aumenta el límite de consumo de energía primaria renovables a entre 80 y 90 kWh/m<sup>2</sup>/año de los que al menos 60 kWh/m<sup>2</sup>/año deben también proceder de fuentes renovables con generación in situ.

Por tanto, la energía neta primaria (que se tomaría de la red), se reduce a los valores de 0 a 15 kWh/m<sup>2</sup>/año, para el caso de viviendas, y de 20 a 30 kWh/m<sup>2</sup>/año, para el caso de oficinas. Con este criterio se garantizarían los recursos y suministros necesarios, al reducir la demanda drásticamente, tal y como requiere la Directiva 2010/31/UE.

Teniendo esto en cuenta, las pautas para la definición de un EECN, para España serían:

- ▶ Diseñar edificios muy eficientes, que reduzcan las demandas de calefacción, y refrigeración, producción de ACS e iluminación, de tal manera que para el caso de una vivienda en España la demanda de energía debe ser entre 50-65 kWh/m<sup>2</sup>/año, de la cual el 50% debe ser producida “in situ”, a través de una energía renovable.
- ▶ Plantear límites también para la Demanda de Calefacción y Refrigeración de los edificios como establece la Directiva 2010/31/UE, dado que está relacionado con la Demanda de energía primaria.

Como estrategia, se podría reunir a un grupo de expertos para que desarrollen un nuevo planteamiento para un EECN, establecer nuestros propios límites de consumo, fórmulas de cálculo, etc.. se puede elucubrar, hacer teorías, y desarrollar proyectos con edificios pilotos, para cada tipología establecida por la UE, y monitorizarlos durante años, para corroborar que las formulaciones planteadas llegan a ser veraces y, una vez validadas, establecerlas como norma. Pero el problema que plantea esa estrategia es que no hay tiempo: en el año 2019 los edificios de las administraciones publicas ya deben ser EECN, y para el 2021, los edificios privados.

Visto esto, es necesario encontrar una alternativa, basada en estudiar los planteamientos y normas voluntarias existentes en Europa, que incluso han podido ser contratados y verificados durante años, con lo que aportarían un mayor grado de confianza. Y, en paralelo, observar si alguno de ellos cumple con las exigencias establecidas por los EECN para España, así como las recomendaciones dictadas en verano de 2016 por la Comisión Europea.

Una primera aproximación nos lleva a que existe un planteamiento que cumple con todo lo anterior: El Estándar Passivhaus.

Tal y Como hemos detallado en el punto 2.3 se trata de una norma voluntaria orientada a optimizar la eficiencia energética de los edificios, siendo utilizada en algunos casos, como referencias para elaborar definiciones regionales, y cumple con las exigencias y recomendaciones para un EECN en España:

1. Limitación de energía primaria renovable. El Estándar Passivhaus, lo limita a 60 kWh/m<sup>2</sup>/año, que se encuentra dentro del rango 50 a 65 kWh/m<sup>2</sup>/año, que establece las recomendaciones, para la zona Mediterránea.
2. Favorece que la energía renovable sea producida “in situ”. A través de paneles solares fotovoltaicos o térmicos instalados en el propio edificio, se llegaría a la calificación PASSIVE HOUSE PREMIUM, cuyo límite de energía primaria demandada a la red sería 30 kWh/m<sup>2</sup>/año, aunque podría permite reducir a 0 kWh/m<sup>2</sup>/año., tal y como establecen las recomendaciones de la Comisión Europea.

3. Fija los siguientes límites cualitativos, que son requeridos, sin cuantificar en la Directiva 2010/31/UE.
  - Demanda de calefacción: 15 kWh/m<sup>2</sup>/año
  - Demanda de refrigeración: 15 kWh/m<sup>2</sup>/año
4. Además, tiene en cuenta para el cálculo de estas demandas los siguientes aspectos señalados por la Directiva 2010/31/UE:
  - ▶ Diseño, emplazamiento, y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores.
  - ▶ Consideración de las siguientes tipologías para calcular las características térmicas reales del edificio:
    - Capacidad térmica
    - Aislamiento
    - Calefacción pasiva
    - Elementos de refrigeración
    - Puentes térmicos
  - ▶ Instalaciones solares pasivas y protección solar (sombreamiento)
  - ▶ Instalación de calefacción y A.C.S, incluidos sus aislamientos
  - ▶ Instalaciones de aire acondicionado
  - ▶ Ventilación natural y mecánica, estanqueidad al aire.
  - ▶ Instalación de iluminación incorporada (especialmente en no residencial)
  - ▶ Cargas internas
5. Es una norma voluntaria, sobradamente verificada. El primer edificio Passivhaus se construyó en 1991. Además, fue monitorizado, para comprobar su comportamiento durante todos estos años, obteniendo como resultado de dicha monitorización que las pautas, diseñadas, han dado el resultado previsto.
6. De acuerdo con los resultados aportados por los numerosos estudios realizados, sobre casos reales, el sobrecoste de la implantación de un edificio Passivhaus no llega al 5% respecto a un edificio construido por CTE. Por tanto, su viabilidad económica, criterio básico para definir un EECN, estaría garantizada.
7. Demanda de energía Primaria: 60 kWh/m<sup>2</sup>/año, de la cual entre el 30 y el 90% debe ser producida "in situ".

Hay que tener en cuenta que no en todos los casos puede llegarse a producir el 85% de la energía in situ, como establece las recomendaciones de la Comisión Europea, al existir ciertos condicionantes insalvables, como: ubicación, sombras, zona climática, espacio de parcela, diseño y forma del edificio, condiciones urbanísticas, etc. Por tanto, el límite de esta exigencia, debería ser más laxa a la hora de reducir el % de energía aportada in situ, que la establecida por la recomendación, sin perjuicio que se permita incluso se pueda incentivar de algún modo a llegar al 85%, incluso al 100%; si el propietario y las condiciones del entorno lo permiten.

Es muy importante la reducción de los consumos para lograr una baja demanda, por tanto, entendemos que, para ayudar a conseguir el límite de consumo de energía pri-

maria, y para ayudar a lograr diseños razonables y adecuados debe también establecerse las siguientes demandas, fijadas por el Estándar Passivhaus:

- Demanda de calefacción: 15 kWh/m<sup>2</sup>/año
- Demanda de refrigeración: 15 kWh/m<sup>2</sup>/año

Adicionalmente, no se puede dejar de lado un aspecto esencial que contempla con detalle el Estándar Passivhaus: La Hermeticidad. Si realmente queremos construir edificios muy eficientes, debe controlarse, tanto en la fase de diseño como en la obra, cualquier fuga incontrolada de energía. Además, existen numerosos estudios que relacionan el aumento de demanda de calefacción con las pérdidas de energía incontroladas y, por tanto, con una falta de hermeticidad.

Es por ello que deberá definirse una hermeticidad para el edificio, que puede ser de 0,6 renovaciones a la hora a 50 Pa de presión, como establece el Estándar.

En ciertas zonas mediterráneas el problema del sobrecalentamiento es un tema a valorar seriamente puesto que las temperaturas en el exterior de los edificios llegan a alcanzar los 40-45°C en verano y para ayudar a que la demanda de refrigeración no se dispare, parece conveniente contar con medidas pasivas y plantear una limitación contra el sobrecalentamiento, tal y como establece el Passivhaus:

- Frecuencia de Sobrecalentamiento >25°C ----- < 10%.

Visto todo lo anterior, entendemos que el Estándar Passivhaus, es el mejor método para un diseño de EECN, puesto que plantea un método de cálculo alineado con la Directiva, establece unos límites en consonancia con las recomendaciones de la Comisión Europea para España, y es un método más que verificado en el tiempo. Siendo, además económicamente rentables u implantación.

Por tanto, la definición propuesta para Edificio de Consumo Casi Nulo sería: “un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno, que cumpla con las siguientes limitaciones”.

### 2.4.3 // Definición de los Indicadores del EECN en España

A tenor de la propia definición de los EECN, se definen una serie de indicadores que irán siendo cada vez más restrictivos, en función de los avances tecnológicos, económicos y energéticos.

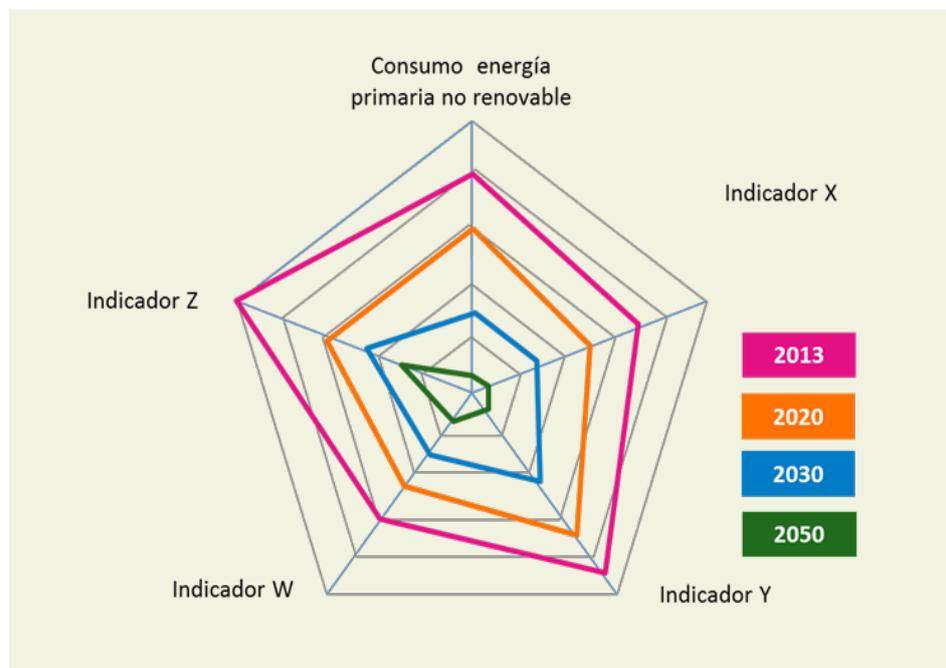
Estos indicadores se ajustarán periódicamente, de acuerdo con lo establecido en la Directiva 2010/31/UE en su Artículo 4, evolucionando hacia el Edificio de Consumo Cero para el 2050, tal y como aparece en la Figura 2.

Dichos indicadores serán englobados dentro del DB-HE, formando parte del Código Técnico de la Edificación, que debiera ver la luz durante 2018, incluyendo un nuevo DB-EH-2018.

Realmente, los 5 indicadores, ya están presentes en la normativa actual, formando parte de los CTE-DB-EH del 2013 de este modo:

- ▶ **Indicador 1:** Consumo de energía Primaria no Renovable >>> EH 0
- ▶ **Indicador 2:** Consumo de Energía Primaria Total No se contempla en CTE 2017 >>>EH
- ▶ **Indicador 3:** Control Demanda Energética >>>> HE1
- ▶ **Indicador 4:** Calidad mínima de las instalaciones, incluyendo
  - Instalaciones térmicas RITE
  - Instalaciones de Iluminación >>>>>> HE 3
- ▶ **Indicador 5:** Aporte de Renovable que tiene en cuenta:
  - Contribución renovable A.C.S. >>>>> HE 4
  - Generación de energía eléctrica >>>>>HE 5

**Figura 2.** Evolución de los indicadores, extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas” Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



Por tanto, para la definición del DB-EH-2018, se tendrá en cuenta la recomendación (UE) 2016/1318, que establece los siguientes indicadores teniendo estos 2 criterios:

- ▶ Estudios de coste-óptimo referenciados a la situación actual
- ▶ Criterios adicionales que permitan garantizar la premisa establecida en la RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318

Siguiendo estas premisas, y manteniendo las 6 zonas climáticas definidas en España, se definen los siguientes valores para cada indicador:

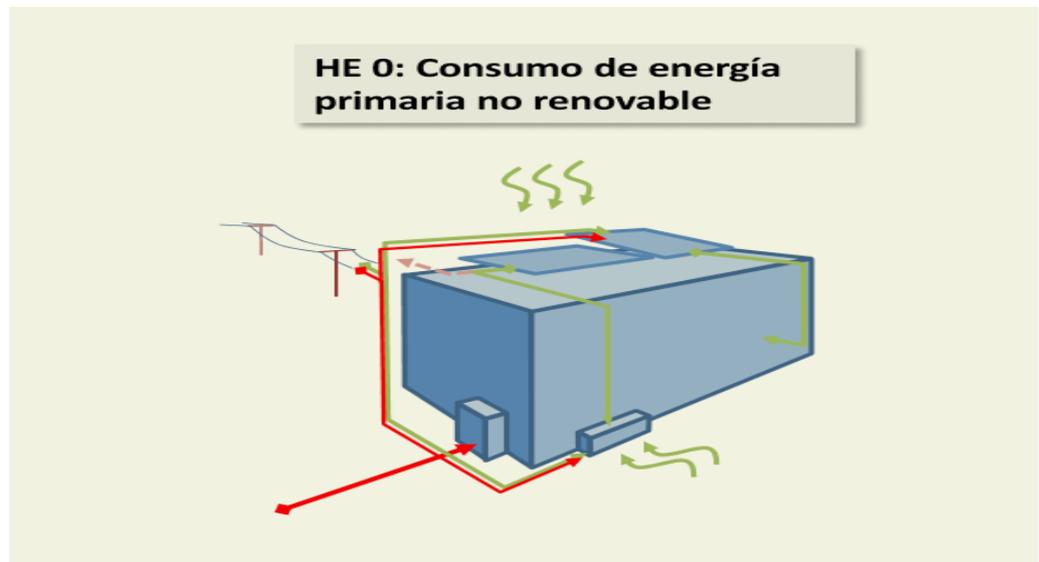
### Indicador 1: Consumo de Energía Primaria No Renovable “Cep.nren”

Establece un límite de consumo de energía total no renovable para un edificio, teniendo en cuenta los factores de paso.

**Figura 3.**

Indicador 1. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”.

Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



De este modo, de una forma indirecta, fomenta el uso de energías procedentes de fuentes renovables.

**Tabla 4.**

Propuesta de Indicador 1 para CTE-DB-EH 0-2018. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”.

Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.

EDIFICIOS NUEVOS O AMPLIACIONES DE EDIFICIOS EXISTENTES								
Código Técnico de la Edificación					Recomendación UE 2016/1318			
Zona climática de invierno	Consumo de energía primaria no renovable <sup>(1)</sup>				Consumo de energía neta <sup>(1)</sup>			
	Vivienda			Terciario		Zona climática	Viviendas <sup>(2)</sup>	Oficinas
	DB 2013	Propuesta DB 2018	Reducción %	DB 2013	Propuesta DB 2018 <sup>(2)</sup>			
α	40 + 1000/Sup	40 - 50	20	38 - 50	155	Mediterránea	0 - 15	23-30
A	40 + 1000/Sup	40 - 50	25	38 - 50	140			
B	45 + 1000/Sup	45 - 55	28	38 - 50	135			
C	50 + 1500/Sup	50 - 65	32	36 - 50	125			
D	60 + 3000/Sup	60 - 90	38	37 - 58	115			
E	70 + 4000/Sup	70 - 110	43	39 - 60	105	Océánica	15-30	40-55
						Continental	20 - 40	40-55

<sup>(1)</sup> Sólo se permite descontar la energía generada y autoconsumida  
<sup>(2)</sup> La exigencia depende de la carga interna del edificio. El valor indicado corresponde a carga interna baja.  
 \* En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1.25 para vivienda y por 1.40 para terciario.

<sup>(1)</sup> Permite descontar energía generada y no autoconsumida  
<sup>(2)</sup> Vivienda unifamiliar

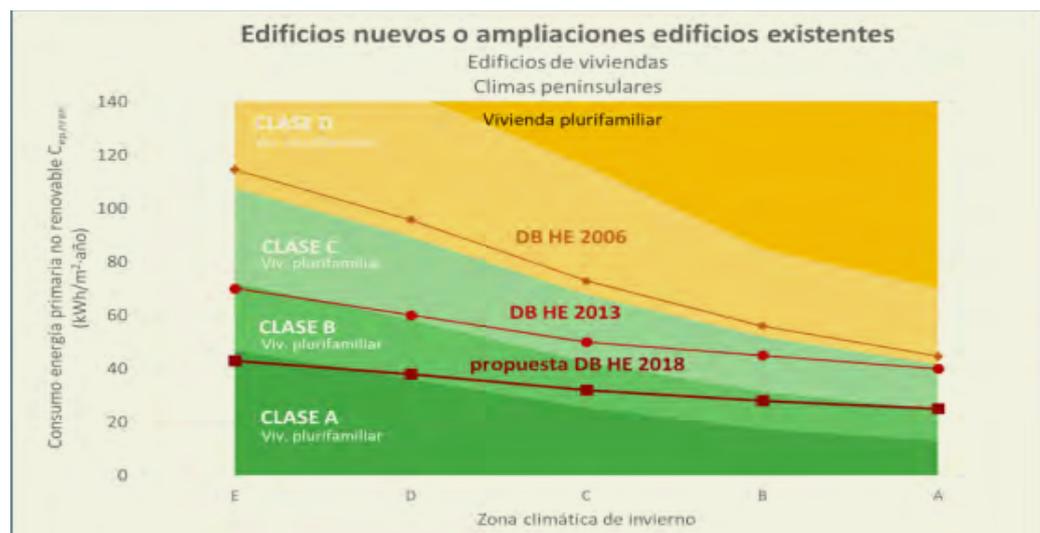
Para cada zona climática, sin tener en cuenta la superficie del edificio, como lo hacía el CTE-DB-2013, se definen unos indicadores, según se muestra en la Tabla 4. Además, como muestran estos indicadores, aparece un límite fijo, mientras en el CTE-DB-EH-2013, aparecía un intervalo, lo que generaba la picaresca de que todos los prescriptores se conformaban con cumplir el límite alto.

El nuevo CTE-DB-EH 2018, establece un límite fijo para cada zona climática, exigiendo una reducción del consumo de energía primaria entre un 38 y un 60% respecto de la versión anterior en viviendas.

Para el caso de los Edificios terciarios, este nuevo documento establece unos límites fijos también son considerablemente más elevados respecto a las viviendas. Si bien es cierto que la comparativa no es directa, ya que, para esta tipología edificatoria, en el CTE-DB-2013, el único límite que se indicaba era el de Emisiones de CO<sub>2</sub>, puesto que establecía que la Certificación Energética debería ser B o superior. Para todos los casos, este indicador incide directamente en la producción (emisiones) de CO<sub>2</sub>, dado que en España la energía térmica y eléctrica no renovable es originada fundamentalmente por la combustión de hidrocarburos, ya sea gas natural, gasóleo, fuel-oil, o incluso carbón. Así pues, reducir en una primera fase, las emisiones entre el 38 y el 60%, es un buen camino para cumplir con el objetivo marcado para el 2030 por la Unión Europea en la Directiva 2010/31/UE.

#### Figura 4.

Propuesta para CTE-DB-EH 0-2018 en cuanto a Niveles de Consumo de Energía primaria no renovable en función de la zona climática en kWh/m<sup>2</sup> anuales. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”. Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



#### Indicador 2: Consumo de Energía Primaria total “Cep.tot”

El objeto de este indicador es limitar las necesidades energéticas del edificio. Se trata de un nuevo indicador que el CTE-2018 incorpora, como un indicador global que tiene en cuenta:

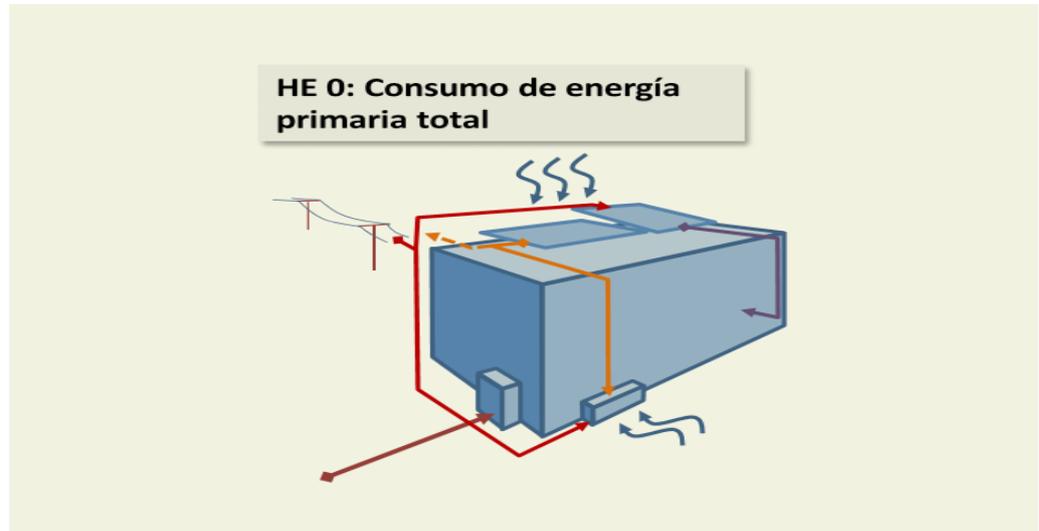
- ▶ Todos los suministros de combustible.
- ▶ La energía extraída del medio ambiente:
  - La energía renovable de las bombas de calor.
  - La energía producida por los paneles fotovoltaicos
  - La energía captada por los paneles solares térmicos
  - La energía del terreno en los pozos canadienses.

Y no considera la energía recuperada por los recuperadores de calor.

**Figura 5.**

Indicador 2. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”.

Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



Evidentemente, cualquier mejora en la envolvente o en las características del edificio (orientación, compacidad...) reducirá las necesidades energéticas del edificio y, por ende, el consumo de energía primaria total.

El Gobierno de España ha comprendido la necesidad de limitar el consumo de energía primaria en los edificios, si realmente se quiere dar respuesta no solamente a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> (dado que parte de la energía que se produce no proviene de fuentes renovables, y por tanto son productoras de CO<sub>2</sub>), sino también al continuo aumento de precio de la energía.

Este último factor es relevante, dado que la generación con energía renovable, si bien no contamina, cuenta con unos costes de producción mayores.

**Tabla 5.**

Propuesta de Indicador 2 para CTE-DB-HE 0-2018. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”.

Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.

EDIFICIOS NUEVOS O AMPLIACIONES DE EDIFICIOS EXISTENTES							
Código Técnico de la Edificación					Recomendación UE 2016/1318		
Zona climática de invierno	Consumo de energía primaria total				Consumo de energía total		
	Vivienda		Terciario		Zona climática	Viviendas <sup>(1)</sup>	Oficinas
	DB 2013	Propuesta DB 2018	DB 2013	Propuesta DB 2018 <sup>(1)</sup>			
α	No había exigencia	40	No había exigencia	200	Mediterránea	50 - 65	80 - 90
A		50		190			
B		56		185			
C		64		175			
D		76		165			
E	86	155	Océánica	50 - 65	85 - 100		
					Continental	50 - 70	85 - 100

<sup>(1)</sup> La exigencia depende de la carga interna del edificio. El valor indicado corresponde a carga interna baja.

\* En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15 para vivienda y por 1,25 para terciario.

<sup>(1)</sup> Vivienda unifamiliar

Manteniendo el criterio global de establecer límites distintos para cada zona climática observamos que en la propuesta de CTE-2018 se fija un límite de consumo de energía primaria muy en sintonía con la señalada en la Recomendación UE2016/1318, para el caso de edificación residencial. Puesto que la UE presenta un rango entre 50 y 70 kWh/m<sup>2</sup> anuales, mientras que la propuesta del Ministerio abre el intervalo de 40 a 86 kWh/m<sup>2</sup> anuales.

También se establecen en esta propuesta unos límites para todas las tipologías de uso terciario, en las que se encontrarían las oficinas, con valores entre 155 y 200 kWh/m<sup>2</sup> anuales, entendiendo que puede haber tipologías que requieran una mayor demanda de energía respecto a los límites que establece la Recomendación para las oficinas.

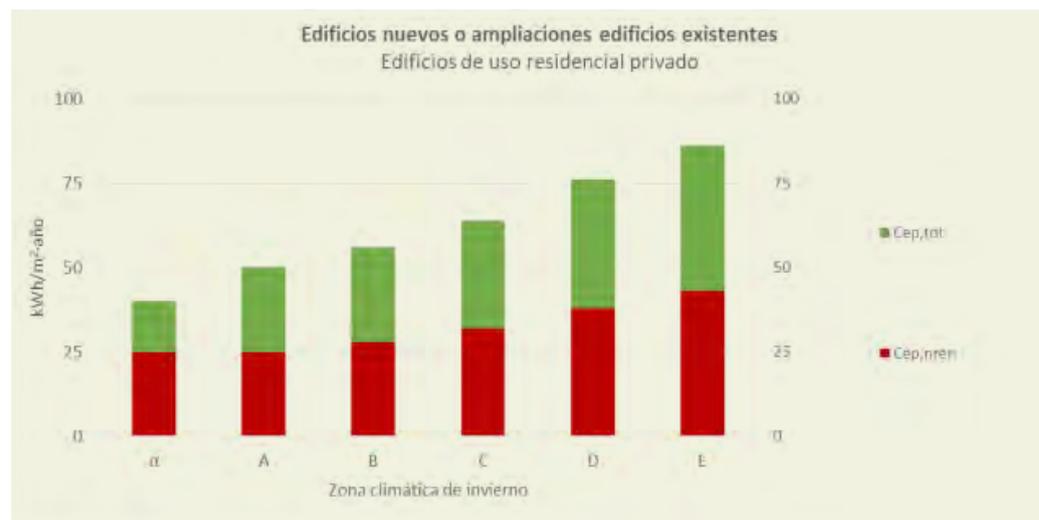
Las primeras conclusiones que se pueden obtener de cara al diseño de edificios de viviendas son que, para dar cumplimiento a este nuevo indicador, el arquitecto debe tener muy en cuenta, además del diseño de la envolvente del edificio (para que éste no consuma energía), las instalaciones que en dicho edificio incorpora, analizando por tanto los rendimientos de los equipos instalados, el aumento de espesores de tuberías para evitar pérdidas caloríficas, y todos aquellos factores que influyan en el consumo de energía.

También tendrá que tener en cuenta el arquitecto el diseño eficiente de las instalaciones de iluminación con utilización de LED, como principal fuente de iluminación artificial, la incorporación de electrodomésticos A+++, etc.

Por tanto, a partir de la publicación del CTE-2018, se tendrá que tener en cuenta estas instalaciones, elementos y componentes, siendo necesario que se incorporen como parte fundamental del diseño.

**Figura 6.**

Propuesta para CTE-DB-HE 0-2018 en cuanto a Niveles de Consumo de Energía primaria total y no renovable para edificios de uso residencial privado en función de la zona climática en kWh/m<sup>2</sup> anuales. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”. Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



**Figura 7.**

Propuesta para CTE-DB-HE 0-2018 en cuanto a Niveles de Cargas Internas para edificios de uso distinto al residencial privado en función de la zona climática en kWh/m<sup>2</sup> anuales. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”. Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



Estas gráficas muestran de una forma global el límite de Consumo de Energía total  $C_{ep,tot}$ , y su relación con el Consumo de Energía Primaria  $C_{ep,nren}$ . De las cuales se obtienen varias conclusiones:

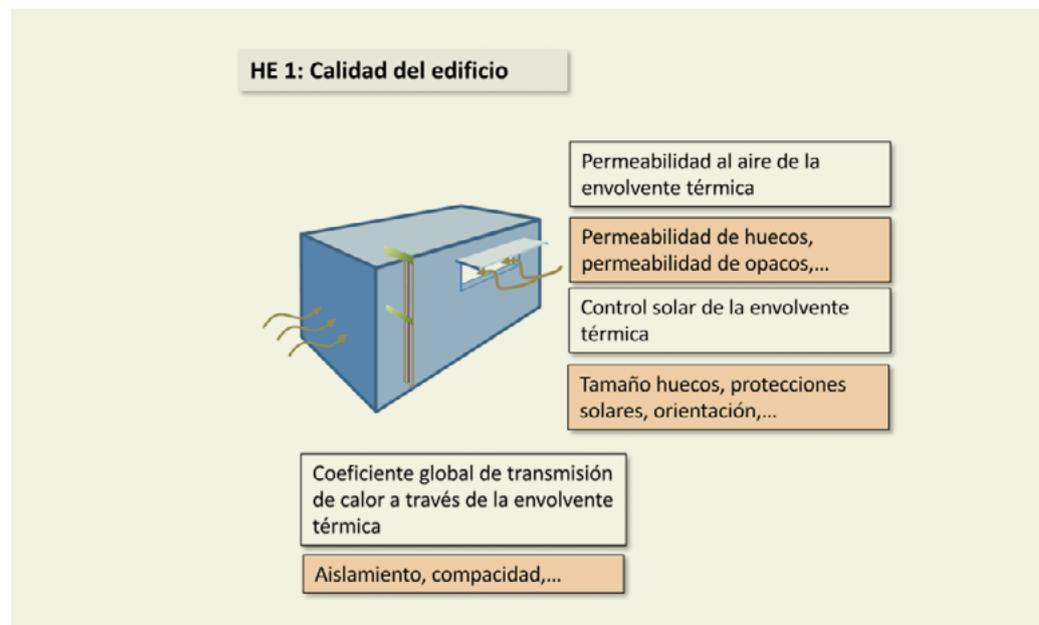
- ▶ La limitación de energía total del edificio  $C_{ep,tot}$  es una nueva exigencia del CTE-2018.
- ▶ Los límites de  $C_{ep,tot}$  varían en función de las zonas climáticas establecidas.
- ▶ A mayor dureza climática, la exigencia es menor.
- ▶ Tiene en cuenta y limita el % de energía primaria no renovable  $C_{ep,nren}$ , que consume el edificio.
- ▶ A mayor consumo, el porcentaje energía no renovable permitido se reduce.
- ▶ Para edificios terciarios, el % de energía primaria no renovable  $C_{ep,nren}$  permitido es mayor respecto de edificios residenciales.

### Indicador 3: Control de la Demanda de Energía ( $k$ )

#### Figura 8.

Indicador 3. Extraído de “Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas”.

Fuente: Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017.



En el nuevo CTE, el documento básico EH1 tiene mucho protagonismo, porque no se centra únicamente en limitar la demanda de energía del edificio, sino que entiende la envolvente como un todo y establece nuevos valores a tener en cuenta, además de la limitación del consumo de energía, como se muestra en las Figura 9 y 10.

La nueva versión del Código técnico de la Edificación 2018 presenta una visión mayor de cómo controlar la demanda de energía, entendiendo la envolvente del edificio como “un todo” a tratar. Así pues, el CTE-2018 establece una Limitación del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica ( $K$ ), que, junto con el indicador de consumo de energía primaria total, sustituyen al indicador de demanda.

Por otro lado, el nuevo CTE-2018 introduce nuevas exigencias relativas al Control Solar



respecto de uso residencial privado. Por ejemplo, se abre el intervalo de la limitación del valor de K para la compacidad  $< 1$ , entre los  $0.35$  y  $0.92$   $W/m^2K$ , mientras que, con un intervalo entre  $0,48$  y  $1,4$   $W/m^2K$  para edificios con compacidad  $> 4$ , la restricción es menor que en el caso de residencial privado.

#### **Indicador 4: Contribución mínima de energías renovables para cubrir la demanda de A.C.S. (Cer.ACS)**

El DB EH 2018, en su sección EH4, establece un porcentaje fijo para la producción de ACS a través de energías renovables, independientemente de la zona climática, o tipología edificatoria, del 50%.

Lo verdaderamente importante de este cambio es que ya no se limita únicamente a la producción solar térmica, sino que permite elegir cualquier otro tipo de fuente renovable como bombas de calor, biomasa, o cogeneración. Este cambio a simplificar el diseño de las instalaciones térmicas si el generador principal de calor es alimentado por este tipo de energías.

#### **Indicador 5: generación mínima de Energía eléctrica (Ggmin.el)**

El CTE DB HE5 2018 plantea unas ligeras modificaciones, respecto al documento anterior, centradas en los siguientes aspectos:

- ▶ Flexibiliza la exigencia
- ▶ Se permite el uso de cualquier energía renovable.
- ▶ Se mantienen los límites cualitativos.

Adicionalmente a estos son los 5 indicadores, en los que el CTE-2018 incide de una forma más profusa, es reseñable que en el DB EH3 introduce unas pequeñas modificaciones de carácter técnico, sin especial relevancia a nivel de valores o fórmulas de cálculo.

## **2.5 Otros conceptos relacionados con los EECN**

### **2.5.1 // Estrategias para reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Existen diversas estrategias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, a la hora de diseñar y construir edificios nuevos. Dichas estrategias, que en el fondo tienen el mismo fin, ponen el énfasis en otros factores, relacionados en mayor o menor medida con:

- ▶ el ahorro energético,
- ▶ las emisiones de CO<sub>2</sub>,
- ▶ la protección del medio ambiente,
- ▶ la fuente y cantidad de energía que se suministra.

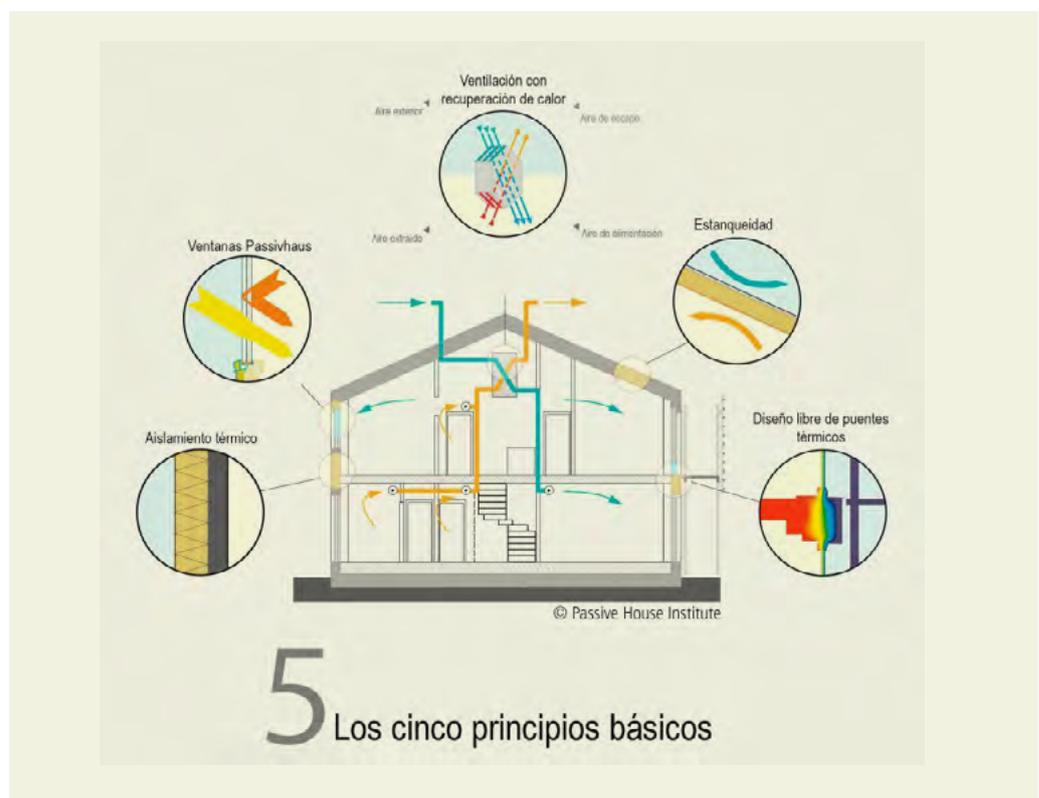
A continuación, se detallan algunas de ellas.

### 2.5.2 // Edificio Pasivo (Passivhaus)

Es un tipo de edificio se utilizan los recursos de la arquitectura bioclimática combinados con una eficiencia energética muy superior a la construcción tradicional. Son edificios con un consumo energético muy bajo, y que ofrecen durante todo el año una temperatura ambiente confortable sin la aplicación de la calefacción convencional.

Este tipo de edificio se desarrolla a través del Estándar Passivhaus y sus 5 principios básicos.

**Figura 11.**  
Los cinco principios básicos de la Estrategia Passivhaus.  
Fuente: Passive House Institute.



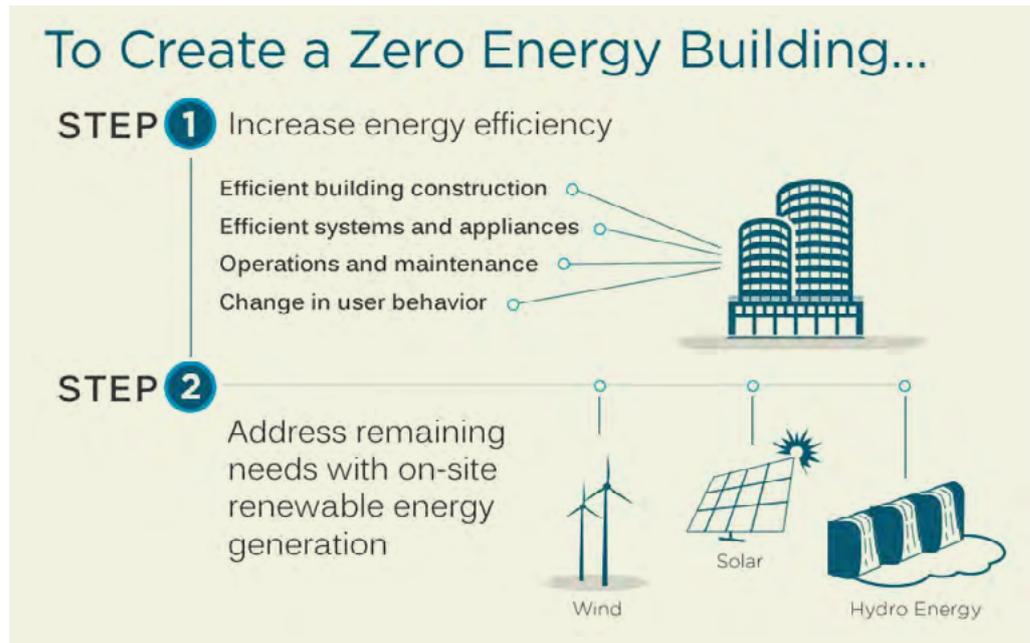
### 2.5.3 // Edificios de Energía Cero

Un Edificio de Energía Cero (EEC) o edificio energía neta cero, es un término aplicado a edificios con un consumo de energía neta cercana a cero en un año típico. En otras palabras, la energía proviene del propio edificio, y es aportada mediante fuentes de energías renovables integradas en el mismo, con una aportación que deberá ser igual a la energía total demandada por el edificio.

**Figura 12.**

Los 2 pasos principios básicos de la Estrategia Edificios de Energía Cero.

Fuente: OFFICE of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY, DOE, Gobierno de los Estados Unidos de América.



El Departamento de Energía de EEUU (DOE), a través de su Agencia de la Eficiencia Energética y la Energía Renovable (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy), trae a la comunidad de la edificación y la energía la definición de los “Edificios de Energía Cero”, o lo que también se conocía como edificios “de energía neta cero” o “de cero energía neta”. Después de liderar un amplio proceso de participación de los agentes interesados en el último año y medio, el Departamento de Energía norteamericano publica sus conclusiones sobre la definición de los Edificios de Energía Cero, donde establece que un Edificio de Energía Cero es: “Un edificio energéticamente eficiente donde, en base a las fuentes de energía, la energía suministrada anual real es menor o igual a la energía exportada renovable en el lugar”.

Esta es una definición aceptada, a nivel internacional.

### 2.5.4 // Edificio Sostenible

El edificio sostenible es aquél que tiene en cuenta el medio ambiente y que valora, en el momento de su diseño, la eficiencia de los materiales y de la estructura de construcción, los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad.

Pretende fomentar la eficiencia energética **para que esas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas y no tengan ningún impacto en el medio ambiente.**

Los requisitos o características que debe tener un edificio para poder considerarse sostenible son:

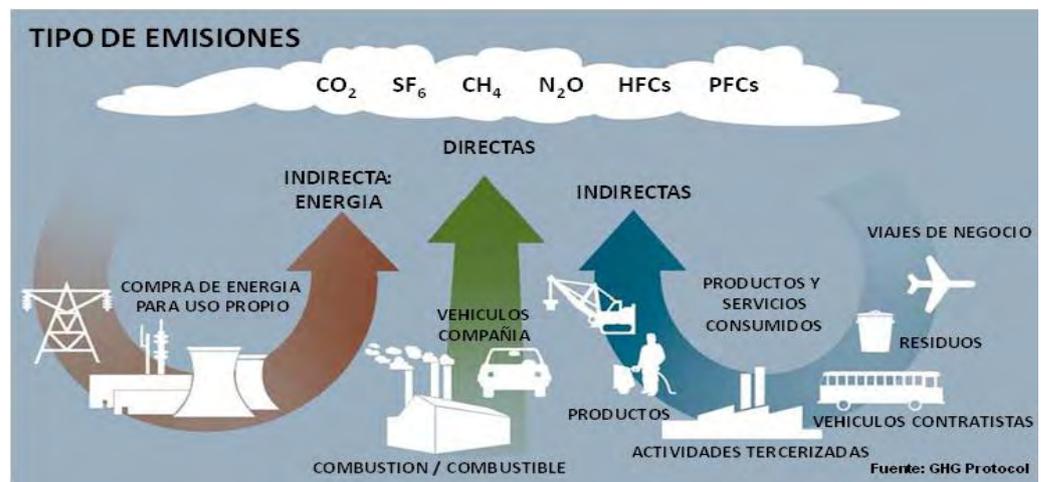
- a. Un edificio sostenible tiene que ser eficiente energéticamente y poder optimizar la energía que utiliza (energía pasiva y activa).
- b. Debe utilizar energías renovables que sean respetuosas con el medio ambiente, evitando producir emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

- c. Debe contar con una excelente orientación, de tal manera que aproveche la luz solar (ventanas o cristalerías) en las orientaciones correctas.
- d. Debe contar con ventilación natural para generar una mejor calidad de vida a sus ocupantes.
- e. Debe ser respetuoso con el entorno, donde estás situado, sin interferir de un modo negativo en el mismo.
- f. Su diseño debe fundamentarse en el ahorro energético.
- g. Debe utilizar materiales reciclables a los que, al final de su vida útil, se pueda dar un segundo uso para contaminar menos y aprovechar mejor los recursos.
- h. Debe ser también un edificio que tenga la capacidad de enseñar y educar a sus ocupantes a respetar el medio ambiente y fomentar el ahorro energético.

### 2.5.5 // La Huella de Carbono de los Edificios

La Huella de Carbono de los edificios es el conjunto de Gases Efecto Invernadero (GEI), emitidos de forma directa o indirecta, que provocan tal impacto ambiental, sobre el cambio climático, que es imprescindible llevar a cabo una medición de estos GEI o un análisis del ciclo de vida de la construcción.

**Figura 13.**  
Las distintas emisiones a la atmósfera.  
Fuente: GNG Protocol.



Una vez conocido el tamaño y la huella de CO<sub>2</sub> equivalente **es posible crear una estrategia de reducción y/o compensación de las emisiones.**

Este proceso de medición divide en cuatro etapas del ciclo de vida de un edificio:

1. Diseño
2. Construcción
3. Funcionamiento y mantenimiento / Renovación y reforma
4. Derribo

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), un edificio pro-

voca un consumo de energía a lo largo de su vida útil del 84%, repartido en el uso de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y electricidad; un 12% en su fabricación, transporte y construcción, y 4% en mantenimiento y renovación.

## 2.6 Certificaciones y otros sellos del desempeño energético

### 2.6.1 // El objetivo de los certificados y sellos de desempeño energético

Existen en el mercado internacional empresas que otorgan sellos de sostenibilidad, a aquellos edificios que cumplen una serie de criterios de sostenibilidad.

Cada sello, tiene su particularidad, y pone el acento en una cuestión, pero en el fondo todos tienen la misma filosofía: que el edificio sea lo más respetuoso posible con el medio ambiente, y por tanto, energéticamente eficientes, aunque este punto no sea el más importante, en alguno de los casos.

Todos estos tipo de certificados, tienen en cuenta además otros elementos como el entorno, recursos naturales, uso, tipo de suministros de energía, componentes y materiales para su fabricación, reciclaje de los recursos naturales, etc.

Por otro lado, todos los sellos, establecen 4 tipos de calificación de acuerdo con sus criterios de sostenibilidad y grado de cumplimiento de los mismos.

A continuación, se describen los sellos de Sostenibilidad más prestigiosos en España, y todos cuentan con su propia herramienta de cálculo del nivel de sostenibilidad.

### 2.6.2 // Certificación VERDE®

Un edificio “VERDE” es un edificio que, en su diseño, construcción u operación, reduce o elimina los impactos negativos y puede crear impactos positivos en nuestro clima y entorno natural. Los edificios verdes preservan los recursos naturales preciosos y mejoran nuestra calidad de vida.

Hay una serie de características que pueden hacer que un edificio sea “VERDE”:

- ▶ Uso eficiente de energía, agua y otros recursos
- ▶ Uso de energía renovable, como la energía solar
- ▶ Medidas de reducción de contaminación y desperdicio, y la habilitación de reutilización y reciclaje
- ▶ Buena calidad del aire ambiental en interiores
- ▶ Uso de materiales no tóxicos, éticos y sostenibles
- ▶ Consideración del medio ambiente en el diseño, construcción y operación
- ▶ Consideración de la calidad de vida de los ocupantes en el diseño, construcción

y operación

- ▶ Un diseño que permite la adaptación a un entorno cambiante

Cualquier edificio puede ser un edificio ecológico, ya sea un hogar, una oficina, una escuela, un hospital, un centro comunitario o cualquier otro tipo de estructura, siempre que incluya las características enumeradas anteriormente.

Sin embargo, vale la pena señalar que no todos los edificios verdes son, y deben ser, lo mismo. Los diferentes países y regiones tienen una variedad de características tales como condiciones climáticas distintivas, culturas y tradiciones únicas, diversos tipos de edificios y edades, o prioridades ambientales, económicas y sociales de amplio alcance, todo lo cual configura su enfoque de la construcción ecológica.

**Figura 14.**

La Etiqueta VERDE®.  
Fuente: Green Building  
Council España.



La herramienta española VERDE®, desarrollada por el Green Building Council (GBC) España, tienen como objetivo dotar de una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los edificios.

La herramienta para la Certificación VERDE®, cuenta con diferentes programas dependiendo de la tipología edificatoria y del tipo de construcción, y además establece diferentes tipos de exigencias dependiendo de tratarse de un edificio de obra nueva o de una rehabilitación.

En los últimos años los conceptos de edificación VERDE han ido desarrollándose incorporando nuevos conceptos y matices. Incluyendo factores, como el cambio climático y la escasez de recursos, dado que se ha producido una mayor concienciación tanto de los ciudadanos, como de los proyectistas en los problemas medioambientales.

El conjunto de estos elementos ha llevado al estudio del edificio más allá de las sencillas “buenas prácticas”, tomando en cuentas problemas de ahorro de los recursos, el confort y la selección de los materiales según criterios medioambientales.

Con estas premisas el Comité Técnico de GBC España ha desarrollado un protocolo de evaluación de edificios que permite al proyectista sistematizar su trabajo conociendo, en qué campos debe actuar y cuál es su importancia durante el ciclo de vida del edificio.

Por otro lado, el protocolo permite, que el promotor pueda conocer cuál va a ser el comportamiento de su edificio, así como los costes asociados al mismo. Además, también ofrece información a los usuarios, sobre las prestaciones va a ofrecerle dicho edificio.

Por tanto, se trata de un sistema de evaluación que parte de un método prestacional de acuerdo con la filosofía del Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. En la base están los principios de la bio-arquitectura y que el edificio tiene que ser construido respetando el medio ambiente, compatible con el entorno y con altos niveles de confort y de calidad de vida para los usuarios, según los siguientes criterios de evaluación:

- ▶ Parcela y Emplazamiento,
- ▶ Energía y Atmósfera,
- ▶ Recursos Naturales,
- ▶ Calidad del Ambiente interior,
- ▶ Innovación.

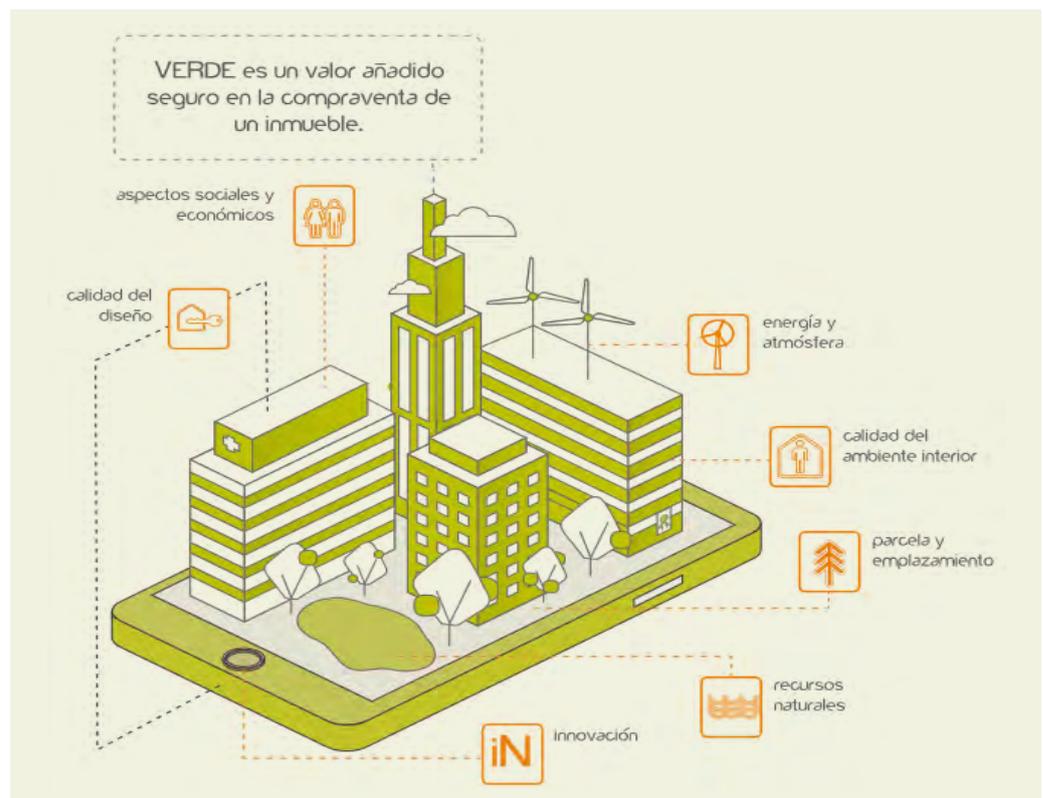
Una vez realizado el estudio, y el grado de sostenibilidad del edificio, La Herramienta VERDE establece 3 tipos de Certificación, según el grado de cumplimiento de estos 4 factores básicos:

- ▶ % Ahorro de Agua
- ▶ % Ahorro de Energía
- ▶ % Reducción de las Emisiones
- ▶ % Mejora de la Salud

Los principales Beneficios de la Certificación VERDE son:

- ▶ Reducen consumos y gastos de mantenimiento. Es decir, ahorran dinero.
- ▶ Tienen un mayor valor inmobiliario y una expectativa más alta de venta y alquiler. Incrementa la rentabilidad para los inversores
- ▶ Reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y están preparados para los efectos del cambio climático.
- ▶ Son eficientes en recursos. Consumen menos agua y energía.

**Figura 15.**  
La base de la Certificación VERDE®.  
Fuente: Green Building Council España.



### 2.6.3 // La Certificación LEED®

LEED® Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible, sistema de evaluación y estándar internacional desarrollado por el U.S. Green Building Council para fomentar el desarrollo de edificaciones basadas en criterios sostenibles y de alta eficiencia, en

Estados Unidos y por tanto, está basado en sus normativas y criterios.

**Figura 16.**

La Etiqueta LEED®.  
Fuente: U.S. Green Building Council.



LEED proporciona una aproximación a la sostenibilidad del edificio mediante el reconocimiento de su rendimiento en cinco áreas clave de la salud humana y el medio ambiente: emplazamiento sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad medioambiental.

La Metodología LEED establece una lista de créditos que recogen una serie de medidas de reducción de impacto, y, posteriormente, crea una matriz que relaciona el peso de las categorías de impacto situadas en un eje y los créditos evaluados en LEED en el otro eje. Esta matriz se utiliza para asignar que créditos están relacionados con qué impactos, y en qué grado.

Los parámetros para realizar la ponderación están basados en los siguientes puntos:

- ▶ Todos los créditos tienen una puntuación mínima de 1 punto
- ▶ Todos los créditos tienen una puntuación de números enteros positivos. No existen puntuaciones negativas ni fracciones
- ▶ Todos los créditos reciben una ponderación universal para cada sistema LEED® y no existen puntuaciones para cada proyecto
- ▶ La puntuación asignada a todos los criterios es de 100 puntos y 10 puntos más repartidos entre la categoría de innovación, diseño y regionalización

El proceso de ponderación se realiza en 3 pasos:

1. Se establece una relación entre un edificio de referencia utilizado para la estimación de los principales impactos ambientales agrupados en 13 categorías (herramienta TRACI: Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Impacts) y un edificio tipo que persigue la certificación LEED®.
2. La ponderación de cada categoría de impactos la establece el National Institute of Standards and Technology (NIST). Esto influye en la puntuación total asignada al crédito.
3. Los impactos se asocian a los diferentes créditos formando agrupación de créditos con impactos comunes. La puntuación asignada a cada crédito es proporcional al número de impactos que tenga asociado

La puntuación asignada a cada crédito es proporcional al número de impactos que tenga asociado y al peso de cada impacto.

La certificación LEED® está disponible para todos los tipos de construcción incluyendo: las construcciones nuevas y las remodelaciones de gran magnitud, edificios existentes, los interiores comerciales, estructura y fachada, escuelas, centros de salud, establecimientos comerciales y el desarrollo de vecindades. Hasta la fecha, existen más de 4.5 mil millones de pies cuadrados de espacio de construcción con el sistema LEED.

LEED® es un sistema de puntos en el cual los proyectos de construcción obtienen puntos LEED por satisfacer criterios específicos de construcción sustentable. En cada una de las siete categorías de créditos LEED, los proyectos deben satisfacer determinados pre-requisitos y ganar puntos. Las cinco categorías incluyen:

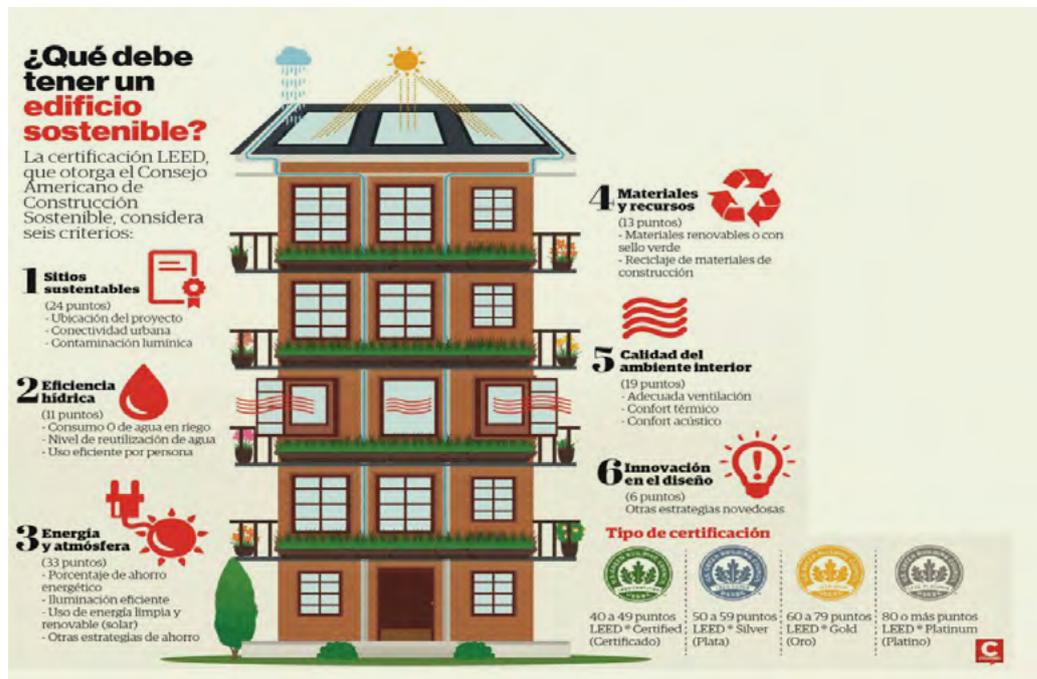
- ▶ Sitios Sustentables (SS),
- ▶ Ahorro de Agua (WE),
- ▶ Energía y Atmósfera (EA),
- ▶ Materiales y Recursos (MR) y
- ▶ Calidad Ambiental de los Interiores (IEQ).

Una categoría adicional, Innovación en el Diseño (ID), atiende la pericia de la construcción sustentable (sostenible) así como las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores.

El número de puntos obtenido por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. La Certificación LEED está disponible en cuatro niveles progresivos de acuerdo con la siguiente escala: Existe una base de 100 puntos; además de 6 posibles puntos en Innovación en el Diseño y 4 puntos en Prioridad Regional:

- ▶ Certified (Certificado) 40 - 49 puntos
- ▶ Silver (Plata) 50 - 59 puntos
- ▶ Gold (Oro) 60 - 79 puntos
- ▶ Platinum (Platino) 80 puntos o más

**Figura 17.**  
Criterios para la certificación LEED.  
Fuente: Foro Iberoamericano de Ciudades. Fundación Ciudad. 2016.



La certificación LEED es la validación por parte de terceros del rendimiento de una construcción. Los proyectos certificados LEED combinan el rendimiento ambiental, económico y el rendimiento orientado a los ocupantes. Estas construcciones son menos costosas de operar y mantener y ahorran agua y energía.

Además, tienen tasas más altas de arrendamiento que los edificios convencionales en sus mercados, son más saludables y seguras para los ocupantes y son una representación física de los valores de las organizaciones que las poseen y las ocupan

### 2.6.4 // Certificación BREEAM®

BREEAM® (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) es el método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación técnicamente más avanzado y líder a nivel mundial con +20 años en el mercado y +541.000 edificios certificados en 77 países desde su primera versión en el año 1990.

**Figura 18.**

La Etiqueta BREEAM®.  
Fuente: Building Research Establishment. Reino Unido.



Este método que está presente en el Reino Unido, desde 1990, favorece una construcción más sostenible que se traduce en una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio; la reducción de su impacto en el medio ambiente; y un mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio.

El método evalúa impactos en 10 categorías:

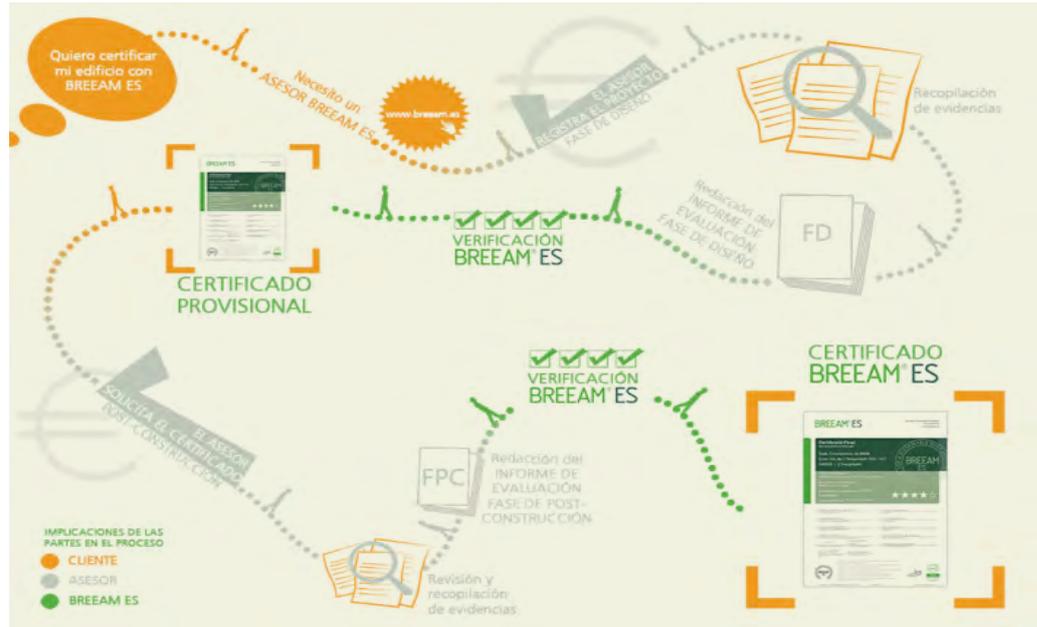
- ▶ Gestión,
- ▶ Salud y Bienestar,
- ▶ Energía,
- ▶ Transporte,
- ▶ Agua,
- ▶ Materiales,
- ▶ Residuos,
- ▶ Uso ecológico del suelo
- ▶ Contaminación
- ▶ Innovación

Y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio.

BREEAM® fomenta una construcción más sostenible que repercute en beneficios económicos, ambientales y sociales para todas las personas vinculadas a la vida de un edificio (inquilinos, usuarios, promotores, propietarios, gestores, etc.) al tiempo que traslada la Responsabilidad Social Corporativa de la empresa a la sociedad y al mercado de forma inequívoca y fácilmente perceptible.

El proceso de Certificación BREEAM® se desarrolla en forma de Diagrama.

**Figura 19.**  
El proceso de certificación BREAM®.  
Fuente: Building Research Establishment. España.



El sello BREAM® está establecido en los siguientes países de la Unión Europea:

- ▶ **Reino Unido (BREAM UK):** operado por BRE Global
- ▶ **Holanda (BREAM NL):** operado por el Dutch Green Building Council (DGBC)
- ▶ **España (BREAM ES):** operado por la Fundación Instituto Tecnológico de Galicia (ITG)
- ▶ **Noruega (BREAM NOR):** operado por el Norwegian Green Building Council (NGBC)
- ▶ **Suecia (BREAM SE):** operado por el Sweden Green Building Council (SGBC)
- ▶ **Alemania (BREAM DE):** operado por el German Institute for Sustainable Real Estate (DIFNI)
- ▶ **Austria (BREAM AT):** operado por el German Institute for Sustainable Real Estate (DIFNI)
- ▶ **Suiza (BREAM CH):** en proceso de adaptación por DIFNI
- ▶ **Luxemburgo (BREAM LU):** en proceso de adaptación por DIFNI

Los beneficios de la Certificación BREAM® se orientan hacia una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio; reducción de su impacto en el medio ambiente; y mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio. Por tanto, se obtienen beneficios:

- ▶ **Económicos:** Disminuye el consumo energético entre un 50-70%, el consumo de agua es hasta un 40% menor, y se reducen los gastos de funcionamiento y mantenimiento entre un 7-8% y para sus propietarios aumenta el valor de los inmuebles un 7,5%. Además, incrementa las rentas un 3% y la tasa de ocupación de los inmuebles en un 3,5%.
- ▶ **Ambientales:** Las reducciones en el consumo de energía repercuten directamente sobre el medioambiente, pero la metodología promueve muchas más

iniciativas para reducir al mínimo las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la vida útil del edificio. Estas medidas se agrupan en categorías como Transporte (ubicación de la parcela, acceso al transporte público, fomento del uso de bicicletas, etc.), Residuos (aspectos relacionados con el almacenaje previo a su recogida y tratamiento) o Contaminación (uso de refrigerantes y aislantes con un bajo potencial de calentamiento global, instalaciones de calefacción con baja tasa de emisión NO<sub>x</sub>, etc).

- ▶ **Sociales:** El ambiente interno de los edificios donde trabajamos, estudiamos, compramos o nos relacionamos es una importante contribución a nuestra calidad de vida. Medidas como la calidad del aire, vistas al exterior o niveles de iluminación y ruido, inciden directamente en edificios más confortables, seguros y saludables para los usuarios, lo que conlleva también beneficios económicos derivados.

### 2.6.5 // Otros sellos y Certificaciones

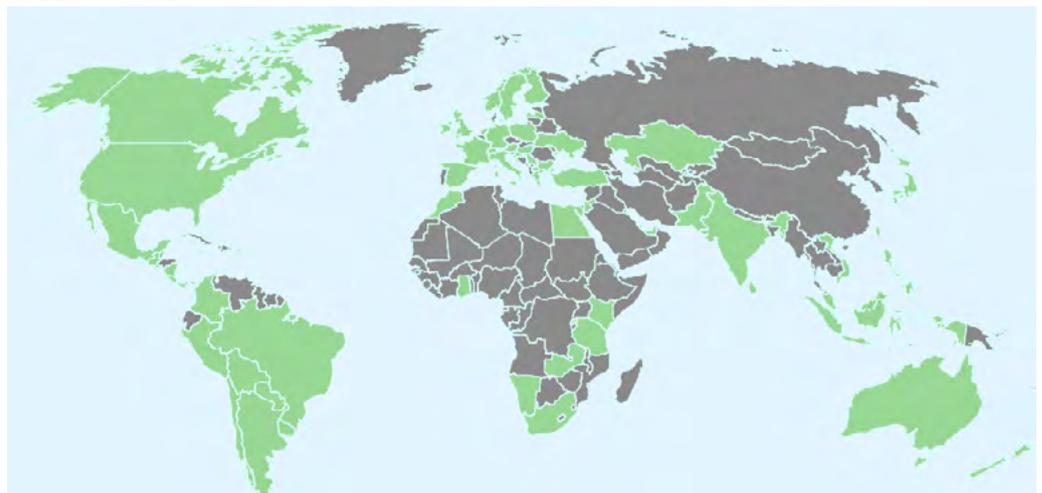
Como se ha señalado con anterioridad, los sellos BREAM® Y LEED® son sellos implantados a nivel internacional y por tanto, se encuentran con importante presencia en varios países de Europa.

El caso del sello VERDE®, es diferente porque fue diseñado por y para España, planteado desde su génesis en base a las normativas españolas y europeas.

El sello VERDE® ha sido desarrollado por Green Building Council España, miembro de World Green Building Council, donde se engloban numerosos países, tanto de la Unión Europea, como del resto de Continentes, como se observa en el siguiente mapa:



**Figura 20.**  
Países miembros del  
World Green Building  
Council (WGBC).  
Fuente: WGBC.



Partiendo de las Bases de para la Construcción de un edificio VERDE, establecidas por el World Green Building Council y que se encuentran señaladas en el punto 2.6.1 del presente manual, dado que también debe cumplirse para España, cada país miembro ha desarrollado su propia certificación de “Edificio Verde”, adaptando dichas premisas a su entorno, cultura, recursos naturales, desarrollo tecnológico, etc...

Existe una lista de herramientas de calificación de edificios ecológicos administradas por los Green Building Council nacionales, entre las que se encuentran, entre otras:

**Tabla 6.**

Otras Herramientas de Calificación desarrolladas bajo las bases del WGBC.  
Fuente: WGBC.

<b>ARZ</b>	<b>EAM Plus</b>	BERDE,	BREEAM-LV	<b>LOTO</b>	BREEAM-NOR
Casa (Colombia),	CASBEE	CEDBIK-Konut Green Building	Sistema DGNB	LEED	BORDE
GBC Brasil-CASA	GreenShip,	<b>IC Ecológica</b>	Clave verde	<b>OMIR</b>	GreenSL
Estrella verde,	Homestar,	Green Star SA	Green Star SA Kenia	<b>IPC</b>	GRESB
<b>Parksmart</b>	<b>MIRAR</b>	<b>PERLA(AbuDhabi)</b>	IGBC	<b>HQUE</b>	<b>CCECorea</b>
<b>Loto</b>	<b>GRESB</b>	<b>CP/SCVSingapur</b>	<b>SITIOS</b>	HQE	<b>WEL</b>
<b>DGBN Suizo</b>	<b>VERDE</b>	<b>TARSHEED</b>	<b>Cero Desperdicio</b>	IRH	

Esta no es una lista exhaustiva, ya que hay una serie de herramientas y certificaciones de calificación de edificios ecológicos, pero que no están administradas por el World Green Building Council.

# 3

## La Certificación Energética de un EECN

### 3.1 Desarrollo normativo

La Certificación Energética de los edificios se establece en la Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En concreto en el Artículo 11 en su totalidad de dedica a los Certificados Energéticos de los edificios., estableciendo lo siguiente:

*“Los estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios. El Certificado de eficiencia energética deberá incluir la eficiencia energética de un edificio y los valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de la unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética”.*

### 3.2 Qué es el Certificado Energético de un Edificio

El Certificado Energético de un Edificio es un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble, de tal modo que, la certificación energética califica energéticamente un inmueble, en relación con el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento. (incluye la producción de agua caliente, calefacción, iluminación, refrigeración y ventilación).

Realizada la Certificación se emite un certificado de eficiencia energética y la asignación de una etiqueta energética. La escala de calificación energética es de siete letras y varía entre las letras A (edificio más eficiente energéticamente) y G (edificio menos eficiente energéticamente).

La etiqueta energética expresa la calificación energética de un edificio otorgando una de estas letras.

**Figura 21.**

Etiquetado correspondiente a la calificación energética de un edificio.

Fuente: IDAE.



Este certificado resulta obligatorio, salvo excepciones, para el propietario de cualquier parte individual de un edificio existente (viviendas, oficinas o locales) objeto de una operación de compraventa o de alquiler.

Todo Certificado de Eficiencia Energética tendrá como mínimo:

1. Identificación del edificio o, si es el caso, de la parte del mismo que se certifica
2. Identificación del procedimiento escogido para la obtención de la calificación energética de un edificio (opción general, programa informático, u opción simplificada) indicando la siguiente información:
  - Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, instalaciones y otros datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.
  - Identificación de la normativa sobre el ahorro y eficiencia energética que le era de aplicación en el momento de construcción (si existiera)
  - Descripción de las comprobaciones, pruebas e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador, durante la fase de calificación energética con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado energético
3. Calificación de la eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética
4. Documento que recoja las medidas recomendadas por el técnico certificador, clasificadas según su viabilidad técnica, funcional y económica, así como por su repercusión energética, que permitan, en el caso de que el propietario del edificio decida acometer voluntariamente esas medidas, que la calificación energética mejore como mínimo un nivel en la escala de calificación energética.

**Figura 22.** Modelo Oficial de Etiqueta correspondiente a la calificación energética del proyecto de un edificio.  
Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2017.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL PROYECTO ETIQUETA**

**DATOS DEL EDIFICIO**

Normativa vigente construcción / rehabilitación	Tipo de edificio
Referencia catastral	Dirección
	Municipio
	C.P.
	C. Autónoma

**ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

	Consumo de energía kWh / m <sup>2</sup> año	Emissiones kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año
<b>A</b> más eficiente		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		
<b>F</b>		
<b>G</b> menos eficiente		

**RÉGISTRO**

Valido hasta 00/00/0000

ESPAÑA  
Directiva 2010 / 31 / UE

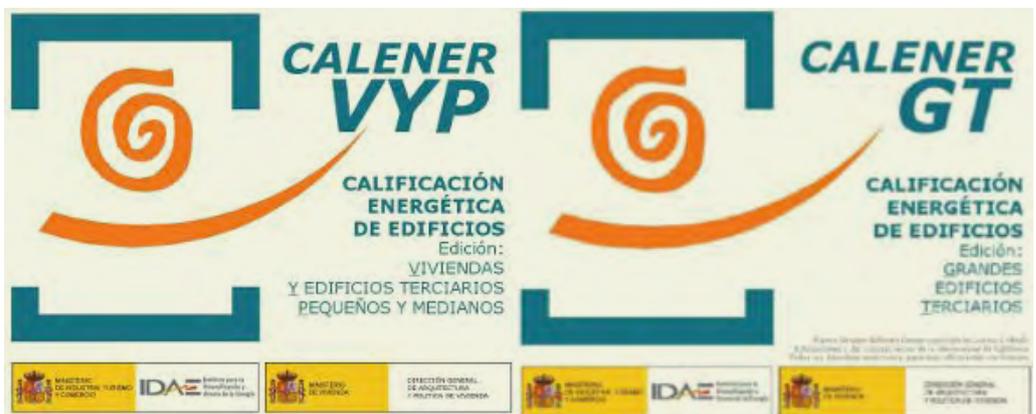
### 3.3 Diferencia entre certificación y simulación energética

La simulación energética, es un sistema de evaluación del comportamiento térmico/energético de los edificios y sus instalaciones.

En los últimos años, los programas de simulación energética se han convertido en una importante herramienta simulación energética, que nos ofrecen la posibilidad de hacer una estimación del comportamiento térmico/energético del edificio por ordenador, sin necesidad de hacer una medición real durante varios años.

Existen multitud de ellos, como por ejemplo: Energy+, Desing builder, Simergy, Ecotect, Transys, Equest, Fluent... y en España también los tan conocidos, Lider y Calener , que están reconocidos como programas oficiales para la Certificación Energética de los Edificios.

**Figura 23.** Modelo de Presentación de las herramientas Calener VYP y Calener GT.  
Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital/ IDAE, 2017.



De los programas nombrados, cabe destacar Desing Builder y Energy+, puesto que, aunque no son programas reconocidos en España, se trata de 2 programas muy prácticos para optimizar el diseño eficiente de edificios, que permite realizar simulaciones dinámicas del comportamiento térmico de los mismos, bien están limitados a soluciones pasivas y determinados sistemas de climatización.

### 3.4. La importancia de la Simulación energética en un EECN

#### 3.4.1 // La necesidad de la simulación energética en un EECN

A la hora de redactar un proyecto de un edificio altamente eficiente, como es un EECN, las herramientas de simulación energética son fundamentales para poder predecir el comportamiento de nuestro edificio, su consumo previsto, y grado de confort en el mismo. De este modo, se pueden tomar, de una forma correcta, las decisiones de diseño, inciden en su funcionamiento.

Es importante aclarar que las herramientas de simulación más utilizadas, no son programas de Certificación, puesto que no fueron diseñadas para tal fin.

En general, las herramientas de simulación que conocemos realizan el cálculo de forma opaca, teniendo el usuario poco control sobre las variantes de diseño.

Su objetivo final es establecer una comparativa entre edificios, presuponiendo unos perfiles de uso muy concretos, que además no se pueden alterar, y que dan como resultado una letra y unos valores numéricos. Estos valores han de ser tratados con precaución, dado que, en muchos casos, los valores ofrecidos, no corresponden con los valores reales de demanda del edificio.

Las formas más comunes de realizar estos cálculos son las siguientes:

#### 3.4.2 // Métodos simplificados

Normalmente son programas sencillos, que proporcionan resultados rápidos, ya que no realizan una simulación dinámica, sino que se limitan a comparar el edificio con una serie de valores estadísticos de edificios similares para darnos un valor.

Este tipo de método, resulta muy útil, sobre todo en fases iniciales de diseño. Ya que se obtienen resultados rápidos, y sobre todo permiten hacer variaciones y comparaciones de distintas soluciones de forma muy sencilla.

Debido a su sencillez, este tipo de herramientas no son capaces de operar variables bioclimáticas complejas o soluciones “no estándar”, y por tanto quedan restringido su uso a proyectos más convencionales.

Quizá la herramienta más conocida y popular es el Passive House Packed Program

(PHPP), que es la herramienta oficial de Cálculo, para los edificios Pasivos, desarrollado bajo el estándar Passivhaus. Esta herramienta no es más que una hoja de Excel relativamente compleja.

Las herramientas simplificadas, son adecuadas en fase de diseño, o incluso en todo el desarrollo de proyecto siempre y cuando no haya variables bioclimáticas complejas o soluciones “no estándar”, que dichas herramientas no son capaces de evaluar.

### 3.4.3 // Herramientas de simulación dinámica hora a hora

Son programas que normalmente se componen de dos partes, por un lado, una interfaz para la introducción de datos y por otro lado un motor de cálculo que con dichos datos realiza la simulación. Estos son algunos de los motores de cálculo Interfaces para la simulación energética para un edificio:

- ▶ DOE-2 es un motor de simulación que vio la luz en 1979 y que lleva sin actualizarse más de una década, carente de muchas de las prestaciones que incorpora Energyplus. Es el motor de cálculo utilizado por el programa de certificación energética en España Calener GT.
- ▶ Energyplus comenzó a desarrollarse en 1998 como el sucesor del motor de simulación DOE-2, por el departamento de energía de EEUU. Desde entonces ha ido evolucionando, incrementando sus capacidades con cada nueva versión. Se trata de un motor de simulación gratuito y de código abierto, reconocido mundialmente y con diversos interfaces gráficos para su utilización (gratuitos como OpenStudio o comerciales como DesignBuilder y CYPEtherm).

OpenStudio® es una colección herramientas de software multiplataforma para apoyar la modelización energética de todo el edificio usando Energyplus y análisis avanzado utilizando la luz del día Resplandor. Se trata de un proyecto de código abierto (LGPL) para facilitar el desarrollo comunitario, la extensión y la adopción del sector privado. OpenStudio incluye interfaces gráficas junto con un Kit de desarrollo de software (SDK).

Las aplicaciones gráficas incluyen el complemento OpenStudio SketchUp, la aplicación OpenStudio, el visualizador de resultados y la herramienta de análisis paramétrico.

La aplicación OpenStudio es una interfaz gráfica con todas las funciones para los modelos de OpenStudio, incluyendo sobre, cargas, horarios y HVAC. Results-Viewer permite explorar, trazar y comparar datos de salida de simulación, especialmente series de tiempo. La herramienta de análisis paramétrico permite estudiar el impacto de la aplicación de múltiples combinaciones de medidas de OpenStudio a un modelo base, así como la exportación de los resultados del análisis para el envío de EDAPT.

- ▶ \*Desing Builder emplea el motor de simulación de EnergyPlus, con un generador de modelos tridimensionales y una interfaz fácil de usar. Este programa permite evaluar de forma detallada la ventilación natural del edificio para valorar su impacto sobre el confort en el interior del mismo.
- ▶ Además, se pueden obtener análisis comparativos de diferentes propuestas de configuración arquitectónica, considerando la ubicación en la zona, orientación, distribución espacial, etc.

- ▶ Calcula el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio, para unos sistemas de climatización concretos y para el uso de las luminarias y otros equipos, así como evaluar el comportamiento térmico de una configuración determinada, estudiando el impacto que tendrían determinados elementos de obstrucción solar que puedan existir en el entorno. Su versatilidad y facilidad de uso lo convierten en un programa recomendado para un pre-estudio del comportamiento bioclimático en el diseño eficiente de edificios.

El principal problema de la utilización de este tipo de programas es la necesidad de utilizar equipos informáticos potentes por su gran motor de cálculo. En especial, si el edificio es de gran tamaño y complejidad.

El uso de las herramientas de simulación hora a hora, se recomienda para procesos intermedios de cálculo y finales de verificación, resultando su utilización mucho más ágil.



# Fase de diseño



B

# 4

## Identificar las necesidades. Pensar el edificio

### 4.1 Guía básica para el diseño de un Edificio de Nueva Construcción de consumo de energía casi nulo

#### 4.1.1 // Condiciones para el diseño

Es posible llegar al consumo de energía casi nulo en proyectos de edificios nuevos, con distintas formas, en distintas zonas climáticas, con distintas orientaciones, con distintas funcionalidades. Quizás el condicionante más importante para conseguirlo se da en el hecho de tomar la decisión de hacerlo más que por razones técnicas o presupuestarias.

A nivel mundial contamos con suficientes ejemplos que nos muestran varias enseñanzas: no siempre cuestan más construirlos, los usuarios se sienten mejor con capacidades incrementadas, son mucho más baratos de mantener, es importante llevar a cabo un proceso de diseño y construcción distinto a los edificios convencionales.

La base normativa en Europa se enmarca en el contenido de la Recomendación (UE) 2016/1318 de la Comisión, de 29 de julio de 2016, sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo.

En un proyecto EECN de un edificio nuevo tiene un planteamiento completamente distinto al de uno de renovación, ya que partimos de una hoja en blanco donde tenemos mucha más libertad para definir nuestros parámetros y objetivos.

Una vez se ha tomado la decisión de realizar un EECN con los equipos de diseño formados, ubicación y funcionalidad determinadas, empezaremos con un análisis detallado de los principales elementos, que a continuación se describen, que influyen en el resultado esperado por el diseño.

Hay muchas organizaciones, como el New Buildings Institute (NBI), instituto estadounidense perteneciente al U.S. Green Building Council (USGBC), que pone de forma gratuita a disposición un importante volumen de información adicional dirigida a: propietarios, arquitectos e ingenieros, políticos, gobiernos locales, etc.

A continuación, describimos una guía práctica genérica para iniciar el diseño.

### 4.1.2 // La fachada

La fachada es el punto de inicio del proceso de diseño del edificio bajo el punto de vista energético, y debemos considerarla como un filtro de energía, permitiendo que pase en cada momento solo la que nos interesa: una buena estrategia es incrementar el uso de acondicionamiento térmico y de ventilación con soluciones innovadoras, como, por ejemplo, usando frío natural (brisas, agua, tierra) y calor (sol, tierra) que nos permiten reducir, radicalmente, el uso de equipos AC y ventilación.

Se pueden aplicar, lo más ampliamente posible, soluciones pasivas como envolventes térmicos estancos para incrementar el aislamiento, el uso de la luz natural o la ventilación natural.

La fachada nos ayuda a conseguir un altísimo grado de aislamiento del edificio, para eso tenemos que mantener a raya las fugas y las transmisiones térmicas. Es la parte más importante para obtener ahorros energéticos.

Como queremos reducir al mínimo el uso de sistemas de acondicionamiento térmico, tenemos que estudiar el efecto de las distintas fuentes de calor interna del edificio tales como el equipamiento de la oficina, la iluminación, ¡incluso las personas! que producen alrededor de 115W de calor cuando están en la oficina (recordemos que nuestro cuerpo está a 36°), mientras un sistema de iluminación eficaz produce menos de 45W de calor por cada 10m<sup>2</sup>.

En el pasado, las instalaciones de acondicionamiento eran las más costosas y las que más consumía del edificio: ahora, reduciéndolas al máximo o incluso eliminándolas, se pueden liberar recursos para otras instalaciones y el aislamiento.

### 4.1.3 // La Luz Natural

La utilización optimizada de la luz natural junto con el uso de sistemas modernos de luz eléctrica nos ayuda a reducir el consumo de electricidad dedicada a la iluminación hasta en el 90%, además de incrementar el confort de las personas manteniendo bajo control las cargas térmicas. Una buena referencia es consumir menos de 6 kWh/m<sup>2</sup> por año, en luz eléctrica.

La luz natural influye en la salud y el bienestar de los seres humanos, ya que tiene efectos en el reloj biológico y por lo tanto en el sueño, en la cura de enfermedades, en el estado de ánimo y en las actividades que desarrollan.

Además, el aprovechamiento de la luz natural como alternativa a la iluminación eléctrica permite conseguir importantes ahorros en el consumo de energía siempre que se alcance el nivel de iluminación necesario para el desarrollo de las actividades de los usuarios. Si bien es cierto que no siempre se podrá iluminar completamente y de forma

satisfactoria simplemente con luz natural, en estos casos será necesario compaginar ambos tipos de iluminación.

En este sentido, el CTE en su documento de Ahorro de Energía, sección HE3 (Eficiencia Energética de las Instalaciones de iluminación), establece en su apartado 2.3 la necesidad de instalar sistemas de aprovechamiento de la luz natural. La Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios, desarrollada por el grupo de trabajo Comité Español de Iluminación (CEI) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) propone una serie de directrices para el correcto diseño de la iluminación en los espacios interiores de los edificios, como puede ser por ejemplo, la consideración de la iluminación desde los primeros bocetos y no como algo añadido en fases posteriores o el uso de la iluminación como recurso para garantizar el confort y facilitar la comunicación entre las personas entre otras.

Los parámetros a estudiar para el correcto diseño del edificio y por lo tanto para el control de la calidad de la luz ambiental según esta Guía del IDAE son, fundamentalmente, la elección del emplazamiento, la adecuada orientación del edificio, su forma y sus dimensiones, la selección de huecos y su orientación para la captación de la luz natural, y por último la consideración de elementos del entorno como puede ser las superficies exteriores de otros edificios o del suelo.

El objetivo final consiste en que el aprovechamiento de la luz natural sea el máximo posible por un lado, pero que, por otro también permita controlar ciertos aspectos negativos como puede ser por ejemplo el deslumbramiento o un exceso de radiación solar.

#### 4.1.4 // Las Cargas Enchufadas

Estas pasan a ser las mayores cargas en un EECN. Para reducir su consumo, se pueden utilizar varias soluciones tales como:

- ▶ Gestionar los sistemas de iluminación con sistemas de detección de personas, así como de gestión de la regulación lumínica.
- ▶ Trasladar los servidores informáticos a granjas de servidores: aplicar soluciones informáticas para reducir el uso de energía de ordenadores y periféricos
- ▶ Utilizar soluciones de conmutación automatizadas, aplicándose a la mayoría de las cargas restantes y activándolas solo en el momento necesario.

#### 4.1.5 // La generación eléctrica in situ

La producción local de electricidad para compensar el consumo toma una importancia capital en el diseño. Esta generación in situ puede ser de origen fotovoltaico, mini-eólico, cogeneración, etc.

Los equipos de generación se pueden instalar en el edificio o en los alrededores, compartiendo costes y espacio con otros edificios cercanos.

Los sistemas fotovoltaicos han reducido su coste desde valores de 6€/W pico instalado hace siete años hasta valores de 0,7€/W pico instalado en la actualidad, convirtiéndose en una de las formas más rentables de producir electricidad, sin que exista necesidad de subvención para la energía generada.

En algunos proyectos, los datos de partida se establecen cuando se conoce la capacidad de producción local procedente de fuentes renovables. A partir de ésta, se define lo que se puede consumir y se equilibran las diferentes instalaciones para conseguirlo.

Eventualmente, la energía renovable puede haber sido producida de manera local por la compañía eléctrica suministradora, por lo que ésta ha tenido que adaptar su modelo de negocio, siendo una magnífica oportunidad para reducir la inversión por el propietario del edificio.

#### 4.1.6 // Los sistemas de gestión integrados

En el futuro dispondremos de sistemas de gestión integrados, tanto de instalaciones de consumo como de producción, ayudándonos a optimizar todos nuestros recursos. Se están desarrollando sistemas muy sofisticados que permiten el control de todas las instalaciones y todos los sistemas del edificio centralizadamente. De esta manera, se reducen los costes de instalación y el manejo respecto a los actuales, ya que ahora son sistemas aislados que utilizan, entre todos, componentes redundantes.

Estos sistemas ofrecerán así más información que nos permitirá realizar un mantenimiento preventivo y una reducción adicional del uso de la energía al permitir la simulación y la optimización ante eventos analizando perfiles de uso. Por lo que, lo importante, no son tanto los datos, sino lo que somos capaces de hacer con ellos aportando nuestra inteligencia y nuestra perspectiva.

#### 4.1.7 // La sostenibilidad

La sostenibilidad de edificios eficaces empieza reduciendo la energía empleada también durante el proceso de construcción y de demolición.

En términos globales, la sostenibilidad se expresa en el aprovechamiento y de estrategias pasivas y activas para el acondicionamiento de los interiores para garantizar el funcionamiento del edificio con el mínimo consumo de energía promoviendo en lo posible la utilización de energía generada en el propio edificio aprovechando las condiciones del entorno y equipos de la más alta eficiencia. El uso de materiales reciclados nos puede ayudar en el proceso.

A lo largo de la historia el hombre ha utilizado como materiales de construcción los recursos que más abundaban en su entorno. Materiales que podían ser desde madera o barro hasta grandes bloques de piedra. Con el paso de los años, los materiales empleados en la construcción se han ido unificando, siendo el cemento, el ladrillo y el acero los recursos más importantes.

Ahora bien, hay quien por una cuestión de necesidad, originalidad o responsabilidad con el entorno opta por nuevos materiales de construcción a la hora de afrontar un nuevo proyecto arquitectónico. En este sentido cada vez son más las personas o estudios de arquitectura que optan por emplear materiales reciclados en nuevas construcciones.

Tras un análisis del modo de construcción y la gestión de residuos actual, así como del evidente fracaso de dicho sistema, es fácil preguntarse cuál es el camino a seguir o las alternativas que tenemos. Los materiales se diseñan para ser usados una sola vez, pero se fabrican con materiales duraderos y con altas prestaciones que podrían aguantar

más ciclos de vida o uso. Su final inmediato es la escombrera o vertedero. Los esfuerzos se centran en el reciclaje.

En este proceso no existe una etapa intermedia. Seguro que la gran mayoría de los materiales de construcción que se desechan en una demolición mantiene niveles de calidad y resistencia suficientes como para ser reutilizados. Como conclusión se puede decir que existe una etapa intermedia que no se lleva a cabo: la reutilización de materiales de construcción.

Existe confianza en que se establezca una tendencia al alza en el empleo de los materiales reciclados en la construcción. La razón del empleo de estos materiales tiene por un lado un fundamento ecológico y, por otro lado, un aspecto económico. En primer lugar, muchos de estos materiales son responsables con el medio y no generan ningún tipo de destrucción como consecuencia de su extracción, procesado y transporte. Además, en muchos casos se trata de materiales baratos, lo que ha provocado que sean utilizados en los países del Tercer Mundo como una alternativa para el acceso a la vivienda sin grandes costes económicos.

#### 4.1.8 // El uso racional del edificio

Un aspecto fundamental del proyecto es involucrar a los usuarios del edificio en el uso racional y correcto de las instalaciones. En algunos casos es necesario realizar cambios en su comportamiento. Sin su participación activa, el mejor proyecto técnico se puede convertir en un fiasco.

Los usuarios del edificio son un elemento básico, ya que, cambiando muchos de sus hábitos podrán utilizar la energía de una forma más eficiente. Una de las tareas más importantes de cualquier Estrategia de Gestión Energética consiste en informar y educar a las personas, con el objetivo de cambiar sus hábitos y evitar derroches de energía innecesarios.

## 4.2 Guía básica para el diseño de la Renovación Profunda de un Edificio hacia el modelo de consumo de energía casi nulo

### 4.2.1 // El impulso normativo

Durante los primeros meses de 2018 aparecerán nuevas directivas comunitarias en las que se establecerá el objetivo de que en el año 2050 todos los edificios tienen que ser de consumo de energía casi nulo, con un objetivo intermedio que establece que en el 2030 ya tiene que estar renovado el 40% del parque.

A estos datos debe añadirse que, en España, de acuerdo con datos del Ministerio de Fomento, el 55% del parque de viviendas principales es anterior a la NBE CT 79 y el 95% anterior al CTE.

La renovación profunda es el camino hacia la eficiencia energética en edificios existentes. Se comenzará realizando proyectos de renovación, para ganar experiencia, y se

llegará al desarrollo de proyectos de renovación profunda que, en su máxima expresión, se convierten en EECN.

### 4.2.2 // La oportunidad actual en el mercado inmobiliario

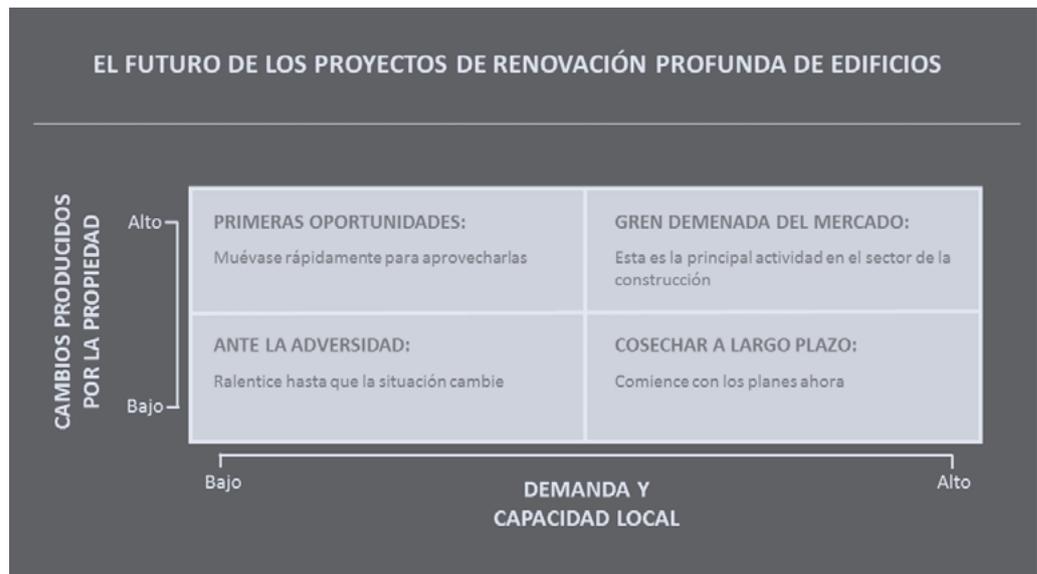
En la actualidad cada año se actúa sobre alrededor del 1% de edificios nuevos o de renovación respecto al stock existente.

Para conseguir el objetivo marcado por la ley, el mercado tiene que ser del 3% de media anual. Este crecimiento no se producirá por una actividad especulativa como como ocurrió en el pasado en el sector de la construcción, si no por tener sentido desde el punto de vista de los costes de explotación, dándose una diferencia fundamental, hoy gastamos en construcción, en el futuro, invertiremos en construcción al tener un buen ratio de retorno a la inversión, recordemos que no pagaremos por la energía y con esto se amortizarán nuestras inversiones.

**Figura 24.**

El futuro de los proyectos de renovación profunda de edificios.

Fuente: Elaboración Propia.



### 4.2.3 // Las mejores prácticas para la mitigación de riesgos en renovación profunda de un edificio

#### a) Fase de LANZAMIENTO

1. **Desencadenantes:** Es fundamental que se realice el planteamiento a partir del análisis del edificio actual. Si lleva al convencimiento de que ya no es rentable o que no se pueden obtener rendimientos muy superiores con la nueva inversión, se recomienda comenzar con el plan para su transformación y modernización.
2. **Estructura:** Se comenzará nombrando al máximo responsable, normalmente por parte del propietario, para que marque los objetivos principales, siendo cla-

ros y concisos. Esta primera acción dará paso a la formación de los grupos de trabajo (más allá del propietario del edificio y los proveedores de servicios) para identificar oportunidades con amplias perspectivas.

3. Selección del equipo: se seleccionarán los miembros iniciales del equipo con experiencia en renovación de edificios, que comprendan el incremento del valor que se pretende, donde el costo de ejecución no sea el único factor.
4. Aspectos legales: se escribirán contratos que alineen al equipo en torno a una visión compartida del proyecto, que designen apropiadamente las responsabilidades y compense el por la consecución de objetivos. Será preciso asegurarse de que las actuaciones legales y los seguros están alineados con las consideraciones especiales de las renovaciones profundas.
5. Definir metas: Se empezará definiendo el máximo consumo potencial de energía de todo el edificio y al mismo tiempo, identificando las limitaciones para conseguirlo, buscando los conflictos y mapeando soluciones. Se desarrollará un plan para el cambio.
6. Medir la situación actual: Es importante analizar la situación actual es clave para tener un punto de partida e identificar las áreas donde trabajar y definir con precisión las áreas de mejora. Seguiremos examinando y evaluando el patrón de uso de energía del edificio o de la instalación, desglosándolo para obtener detalle.
7. Evaluar el costo de no hacer nada. Es preciso evaluar cómo la demora en las mejoras del edificio podría dejarle fuera del mercado por no tenerlo optimizado al máximo en: los costos de explotación del edificio, la satisfacción de los ocupantes y los riesgos operativos y empresariales.

## b) Fase de DISEÑO

8. Diseño colaborativo: Enfocado a enfatizar los principios de diseño colaborativo para establecer la dinámica del equipo y las relaciones de trabajo, en busca de los objetivos establecidos.
9. Mejorar el aislamiento para reducir las cargas: El primer paso es mejorar el aislamiento del edificio dejándolo “sin fisuras ni puentes térmicos” pero a la vez permitiendo el paso de la luz natural. Después se instalarán sistemas muy eficaces de tamaño óptimo. De esta manera se reducirán las cargas, los costes y los costes operativos futuros.
10. Compromiso de los ocupantes y responsables: incorporando en el equipo de diseño a los ocupantes y al administrador del edificio y solicitando sus necesidades y opinión sobre el diseño y la operativa del edificio rehabilitado.

Se implementará un plan de formación ajustado a las necesidades de los usuarios y a las distintas etapas para:

- Quienes realizan las mediciones.
- Quienes forman el equipo para el plan de mejora.
- Quienes implementan y ajustan las soluciones.
- Los usuarios.
- Los responsables de la mejora continua, etc.

11. Análisis técnico: Análisis del potencial técnico del edificio: el uso de energía / recursos que resultaría de implementar todas las medidas de eficiencia más avanzadas posibles, sin tener en cuenta las restricciones financieras u otras.
12. Evaluación de las opciones de diseño: Utilización de herramientas de análisis de: uso de energía, del costo durante ciclo de vida del edificio y de estimación del costo de la renovación profunda, para encontrar qué combinación de medidas de eficiencia energética proporciona el mayor valor para el propietario y los ocupantes del edificio. Probablemente sea necesario hacer varios ciclos de mejora para la optimización del diseño y sus costes asociados.

### c) Fase de DESARROLLO

13. Estimación de costos: estimar los costos brutos y netos de la modernización. Esto es fundamental para determinar su viabilidad financiera, y tiene más sentido cuando se compara con los resultados estimados por la nueva eficacia del edificio.
14. Regulación y Cumplimiento del Códigos: Cuando se realiza cualquier renovación es necesario cumplir con el código técnico. Ya que es necesario actualizar el edificio, hagámoslo sacándole el máximo partido para su rentabilidad. Y dentro de su rentabilidad tenemos que incluir el incremento de eficacia de las personas que están dentro y mitigación de riesgos del edificio actual.
15. Fases del proyecto: El proyecto se puede desarrollar sobre muchas fases y años, dependiendo de la eficiencia y la vida de las instalaciones actuales, las situaciones de arrendamiento financiero y la consideración de las condiciones económicas / tecnológicas futuras que podrían hacer posibles las medidas actualmente inviables.

### d) Fase de FINANCIACIÓN

16. Evaluación de opciones financieras: Consideración de la gama completa de opciones financieras disponibles lo antes posible en el proceso de ejecución.
17. Subsidios: Aprovechamiento de todas las opciones gubernamentales a nivel de país y europeo en cuanto a impuestos o servicios públicos, financieros, y las subvenciones relacionadas con sus derechos por este tipo de inversiones.
18. Realización de un informe del valor de su renovación profunda: Por un lado, se valorarán los costes, por otro los resultados y el valor añadido para el edificio. Esto tiene que quedar claro en un informe financiero que apoye a la decisión de negocio.
19. Para asegurarse los apoyos se recomienda la ejecución de una Due Diligence: Si se requiere apoyo financiero o algún tipo de subsidio, siempre es ventajoso contar con informes de terceros expertos en el análisis técnico y financiero de este tipo de transacciones.

20. Interrupción del negocio: Consideración y planificación cuidadosa de las fases de construcción para evitar interrupciones a los inquilinos y/o empleados.

### e) Fase de CONSTRUCCIÓN

21. Selección de contratistas y proveedores de servicios: Selección de contratistas lo antes posible y durante la fase de diseño, las empresas y profesionales de probada confianza pueden aportar experiencia y soluciones de gran valor. Los proveedores de servicios tienen que contar con la experiencia requerida en renovaciones profundas y sostenibilidad.
22. Gestión de la construcción: Utilizando el apoyo de especialistas en la gestión de la construcción, que garanticen el cumplimiento de la especificación y con los niveles de calidad son fundamentales para conseguir el objetivo.

### f) Fase de FUNCIONAMIENTO

23. Plan de operaciones y mantenimiento: involucración del personal de mantenimiento y operadores de las instalaciones, para que puedan comprender los objetivos de eficiencia energética y la operativa de los nuevos equipos para que se involucren plenamente.
24. Puesta en servicio: Creación de equipo para gestionar e implementar las soluciones.

Pensar en la puesta en marcha durante el proceso de diseño y la construcción, para anticiparse a los problemas especialmente en la interrelación de las distintas instalaciones. Aparece una nueva complejidad en los sistemas de control y toma de datos, que a la postre nos ayudarán para hacer acciones correctoras y de mejora.

25. Acuerdos con terceros: Se necesita incluir en las fases iniciales a terceros:
  - Porque no se tengan recursos suficientes y se decida contratarlos para que soporten una parte de la inversión, como por ejemplo el sistema fotovoltaico.
  - Porque se establezca un contrato de arrendamiento nuevo con inquilinos, para permitir el intercambio de costos y beneficios de un proyecto de eficiencia energética.
26. Medición y verificación: Esta fase es crucial para comprobar la consecución de objetivos, especialmente, cuando tenemos que pagar contratos vinculados al rendimiento energético.
27. Comunicaciones a partes interesadas: Es importante formar e informar a las partes interesadas sobre los planes y los resultados ya que les puede afectar de diversas maneras en su operativa diaria.

### Adicionalmente es importante:

- ▶ Implementar un plan de formación ajustado a las necesidades de los usuarios y a las distintas etapas para:
  - a) Quienes realizan las mediciones.
  - b) Quienes forman el equipo para el plan de mejora.
  - c) Quienes implementan y ajustan las soluciones.
  - d) Los usuarios.
  - e) Los responsables de la mejora continua, etc.
- ▶ En caso de tener inquilinos, examinar y evaluar su patrón de uso de energía, para:
  - a) Involucrarlos para que participen en las decisiones.
  - b) Desarrollar e implementar un programa de modificación de su conducta.

#### 4.2.4 // Las áreas en un proyecto de renovación profunda

Las principales áreas en un proyecto de renovación son:

1. Cerramiento del edificio.
2. Reducción al máximo de los sistemas para el acondicionamiento de la temperatura utilizando sistemas pasivos y garantizando la calidad del aire.
3. Maximización del uso de sistemas pasivos como los de luz natural y aire fresco.
4. Renovación de los sistemas de iluminación y de control.
5. Incorporación de sistemas de control y automatización del edificio.
6. Control de las cargas enchufadas con sistemas para su gestión.
7. La participación activa de los usuarios
8. Implementación de sistemas para conservación de energía y el agua.
9. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y de mejoras continuas en el uso de energía con objetivos cortos y a largo plazo.
10. Solo cuando los consumos están bajo control, identificación de oportunidades de generación con sistemas de energías renovables y de almacenaje para implementar en la instalación.
11. Recopilación y publicación de los resultados periódicamente para informar a todos los involucrados, incluidos los usuarios, sobre las mejoras obtenidas.

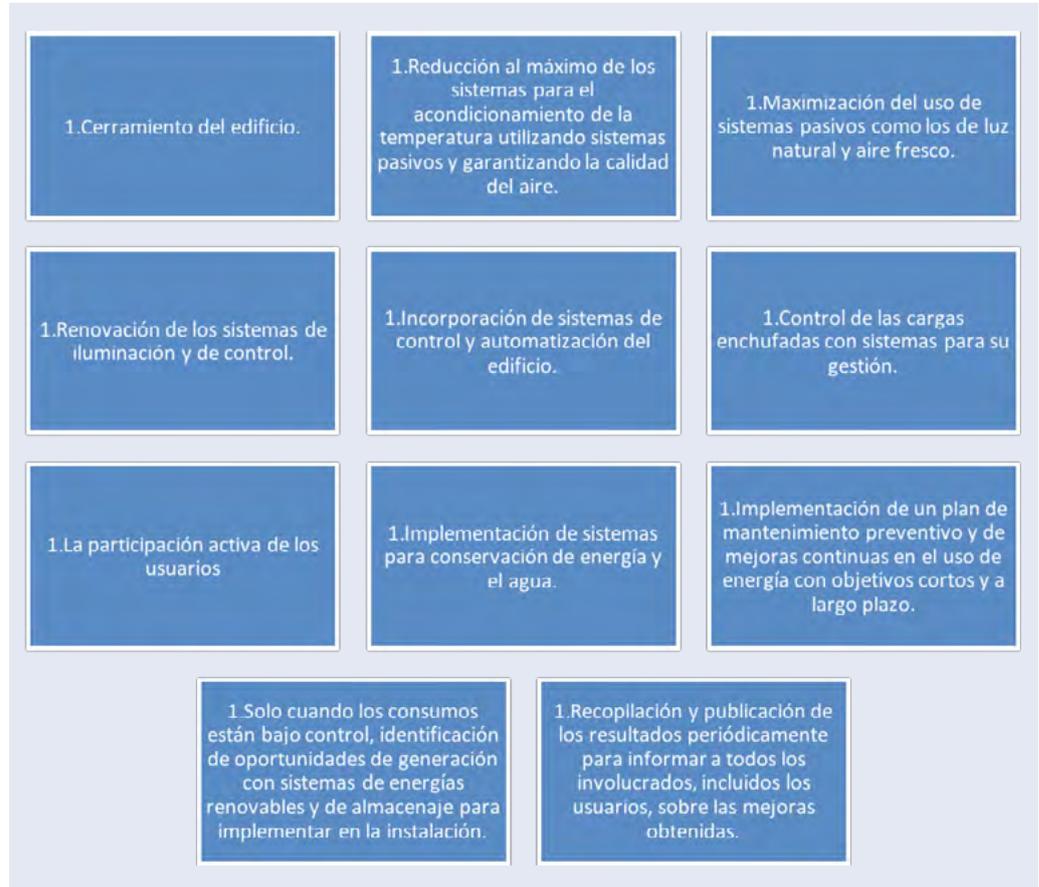
Desde el punto de vista de la decisión, las renovaciones profundas son más fáciles de plantear cuando las instalaciones están al final de su vida útil, ya que de cualquier manera es necesario renovarlas y el diferencial de inversión se amortiza en pocos meses.

Una buena forma de ir ganando experiencia es realizando proyectos de reforma profunda en edificios ya existentes. En éstos, no es necesario tener que realizar todas las inversiones de EECN, pero se obtienen altísimos niveles de ahorro energético e índices de amortización.

**Figura 25.**

Las áreas en los proyectos de renovación profunda de edificios.

Fuente: Elaboración Propia.



Se recomienda a la Administración que predique con el ejemplo, con esta nueva forma de hacer las cosas, ya que además de obtener las ventajas de una inversión rentable, promocionará conceptos y soluciones que ayudarán a la sociedad a crear prosperidad y bienestar. Pueden empezar por los colegios públicos, pues no consumen mucha energía en la actualidad y permiten una adaptación más fácil.

## 4.3. La motivación de realizar Edificios de Consumo Casi Nulo

### 4.3.1 // La motivación inicial

En principio la motivación para hacer edificios ecológicos era “hacer las cosas bien para tener un impacto positivo”. Cada vez se ve más como una oportunidad de negocio, y en todo caso se están uniendo los argumentos de reducción de los costos operativos con el incremento del bien estar de las personas, convirtiéndose en argumentos sólidos e importantes para ayudar a tomar las decisiones. También es importante:

- ▶ Atender a las demandas de los clientes y/o usuarios.
- ▶ Incrementar el valor de nuestras inversiones y mitigar los riesgos
- ▶ Mejorar la imagen de marca
- ▶ Contribuir a la transformación del mercado
- ▶ Preparar los edificios para que nos ayuden más a desarrollar nuestro futuro
- ▶ Mejorar los sistemas de gestión y mantenimiento.
- ▶ Conocer las situaciones críticas, incluso antes de que se produzcan. Aportar mejor información a los responsables involucrados. Además de quienes gestionan el edificio y su mantenimiento, hemos de tener en cuenta: los propietarios, los responsables de márketing de la empresa para dar una mejor imagen de la firma, ya que mejoran los servicios ofrecidos y por supuesto, a los usuarios de los edificios alquilados para que sean conscientes de las ventajas que disfrutan.
- ▶ Los datos tienen un coste. No hay que volverse locos, pero sí es necesario que sean suficientes para ayudarnos en la mejora continua.

### 4.3.2 // Los ejes básicos del proceso

Durante la fase de diseño además de resolver las partes estéticas y funcionales del proyecto, también hay que incluir como usar mejor el edificio, por lo que se tienen que armonizar los siguientes procesos complementarios:

- ▶ **Diseño colaborativo.** En todos los casos, es fundamental que un líder con visión establezca los objetivos con la necesaria racionalidad y claridad del negocio que se desarrollará en su interior, para orientar y motivar al equipo formado por individuos de gran valía, conocimientos y experiencia, trabajando con el concepto de diseño integrador. Con visión global del proyecto y no, como es habitual, en fases sucesivas. El diseño integrador suele aportarnos soluciones constructivas que cuestan menos y rinden más.

Todos los proyectos comenzarán con una reunión en la que los interesados intentan resolver conflictos y mapear soluciones de diseño dirigidas por un arquitecto, se centrarán específicamente en identificar las estrategias y los sistemas necesarios para cumplir con el objetivo.

Como mínimo asistirán, el gerente del proyecto, el equipo de diseño (arquitectos e ingenieros), los proveedores de las distintas tecnologías (eléctricas, mecánicas, civiles) los instaladores (configuración de los equipos), los responsables del mantenimiento, y los usuarios.

Si los usuarios no están involucrados y formados desde el principio, la experiencia nos demuestra que el edificio no cumplirá el objetivo de consumo energético superándolo en al menos el 15%. Si se instalan o configuran los productos de forma distinta a los especificados, no se cumplirá el objetivo. Si los proveedores de tecnología no aportan las soluciones eficientes adaptadas e integradas en el proyecto, tampoco se conseguirán los objetivos, y así sucesivamente, tenemos que trabajar en equipo.

- ▶ **Modelo energético.** La forma de la construcción, su masa, la situación geográfica y su meteorología, su orientación y el diseño del techo (entre otros parámetros de diseño) tienen un impacto significativo en el uso de energía y la producción de energía solar. Por lo tanto, hay que contemplar todos los condicionantes de diseño también bajo el punto de vista de la eficiencia energética. Las decisiones de diseño se evaluarán con un modelo de energía que se redefina constantemente desde las primeras etapas del proyecto. El uso de herramientas de cálculo para simular el resultado de las distintas alternativas tecnológicas es fundamental para elegir la más adecuada.

Probablemente necesitaremos varias rondas de mejora tanto en la reducción de los costes como en la especificación técnica para que cumpla los objetivos. De esta manera, los responsables del proyecto tendrán oportunidades para la corrección del curso del diseño si las “condiciones no energéticas” dificultan el logro de los objetivos del EECN.

El condicionado del diseño debe de estar claramente documentado para que se puedan identificar las desviaciones durante la ocupación del edificio.

- ▶ **Mantenimiento preventivo.** Es muy importante establecer un sistema de mantenimiento preventivo que además incluya actuaciones de optimización y mejora. Es posible que con el tiempo surjan soluciones fáciles de aplicar que ayuden a mejorar todavía más la eficacia del conjunto.

### 4.3.3 // Las claves para asegurar el buen resultado

Asegurar que los objetivos energéticos del proyecto se cumplen fielmente, requiere un proceso de diseño y construcción riguroso, donde se tiene que dar especial atención a cumplir con la especificación y al control de calidad.

Los equipos de diseño pueden utilizar tecnologías disponibles, algunas creadas hace cientos de años, que siguen mostrando hoy en día todo su potencial, como es el caso de sistemas de ventilación pasivos por convección o el uso de la luz natural.

¿Qué podemos hacer para que esto funcione? O, mejor dicho, ¿por qué no avanzan los proyectos?

1. Hasta ahora, las estructuras de las empresas estaban orientadas para que esto no fuera posible, ya que han ido evolucionando con capas sobre capas que no

facilitan la colaboración o las ideas disruptivas. Por ejemplo, el personal encargado del soporte informático suele intentar detener estos proyectos alegando descontrol y falta de seguridad, porque puede implicar cambios importantes en su operativa. Por otro lado, es fundamental su participación ya que suele instalar las herramientas necesarias para gestionar los sistemas.

2. Limitación presupuestaria. Si no está previsto en el presupuesto general, ya que desde los responsables del proyecto no se apoya, ¿por qué no se hace un presupuesto específico que se apruebe excepcionalmente?
3. El personal puede no ser el adecuado o puede, incluso, estar interesado en que no prospere por miedos propios.
4. En general, el personal suele limitarse a mirar por su área y no por el proyecto global de forma holística. No siempre está claro quién tiene que hacer las cosas y cómo. Es fundamental contar con las personas adecuadas, involucrándolas desde el principio incitándolas a que se encarguen de educar a los demás, para después, coordinar a todo el mundo: es preciso ver la foto completa. Y definir una nueva forma de hacer las cosas es importante para conseguir la eficacia.
5. Para mejorar en el futuro, hay que mostrar a todos los participantes los objetivos concretos, el compromiso de la dirección por el proyecto y la creación de sistemas de incentivos que se centren en las soluciones que ayuden al ahorro globalmente y no solo en los productos aislados.
6. Es necesario formar un equipo interdisciplinar con gente con experiencias en distintas áreas y con el objetivo común de conseguir el EECN en presupuesto, plazo y tiempo.

#### 4.3.4 // Recomendaciones para el correcto diseño

Hay una serie de recomendaciones fundamentales:

1. Priorizar los objetivos desde el principio y mantenerse en ellos. Podemos distinguir entre objetivos críticos, objetivos muy deseables y objetivos posibles.
2. Usar tecnologías simples y pasivas siempre que sean eficaces. Definir un buen equilibrio entre coste y valor para seleccionar las instalaciones. Algunas preguntas para ayudar a elegir la solución más adecuada son las siguientes:
  - a) ¿Cada alternativa cubre la expectativa de eficiencia que necesitamos?
  - b) ¿Hay alguna opción de inversión mejor a largo plazo?
  - c) ¿Hay alguna alternativa que sea mejor solución?
  - d) ¿Podemos permitirnos el coste de la mejor opción? Si nos planteamos el tema de otra manera ¿podríamos tener una solución más eficaz y rentable?
3. Establecer en las listas de requerimiento la eficiencia de las instalaciones y en conjunto con otras instalaciones y no solo las características técnicas o físicas generales de cada producto.
4. Tener en cuenta el impacto en el ciclo completo de vida de la instalación.
5. Buscar el valor añadido de las soluciones eficientes.
6. Permitir compensaciones de costes entre las distintas disciplinas.

7. Maximizar el uso de módulos, de forma que un diseño sirva para varias aplicaciones.
8. Usar en lo posible soluciones prefabricadas.
9. Buscar un compromiso eficaz en el uso de luz solar para evitar deslumbramientos, excesos de entrada de calor y de frío o incrementos de costes al ser las superficies transparentes más caras que las opacas.
10. Considerar alternativas financieras para infraestructuras más caras.
11. Integrar en los equipos de diseño a contratistas con experiencia
12. Incorporar en los equipos de diseño a los usuarios ya que son las personas tienen que estar en el centro de todo esfuerzo por mejorar la eficacia y el confort de las instalaciones que los albergan.

No debe intentarse llegar a un EECN en cualquier proyecto. Hoy en día no se puede realizar en todos los edificios ni para todos los tipos de uso, hay que ser realista. Por ejemplo, hoy no se puede llevar a cabo en un hospital en una ciudad muy cálida o con mucha polución.

Se recomienda exigir un mínimo en las cosas, porque el máximo, nunca se podría alcanzar, ya que en cada momento está más arriba, debido a la constante evolución del conocimiento y de la tecnología.

El timing es muy importante, sobre todo porque los actores coincidan con una idea común y dispongan de soluciones técnicas y de recursos económicos.

Para transmitir estas ideas es mejor empezar despacio. De lo contrario, la gente podría asustarse o mostrarse incrédula, o incluso, podría parecer que el discurso carece de rigurosidad. Hay que identificar los elementos que permitan que cada persona o cada empresa, comprenda el proyecto y se quiera sumar a él.

Con el tiempo esta será la forma natural de plantearnos un nuevo proyecto o uno de renovación profunda. Hay mucho que aprender y cambiar. La buena noticia es que se puede aprender de los casos de éxitos para acelerar esta transición.

# 5

## La importancia del entorno de los edificios

Los EECN precisan de entornos sostenibles para desplegar sus máximas potencialidades, pues el funcionamiento de un edificio no depende exclusivamente de sus características intrínsecas, sino de toda una serie de parámetros externos que garantizan dicho funcionamiento.

Centrándose en aspectos relativos al ahorro y la eficiencia energéticos, objeto prioritario de este manual, cabe reseñar la incidencia que tienen las cuestiones relacionadas con la adaptación climática de los entornos, la morfología urbana (emplazamiento, orientación, densidad y diversidad), la movilidad y accesibilidad, el ciclo urbano del agua, la incorporación de vegetación en los espacios libres, la gestión de las basuras o de si se llevan a cabo políticas de ahorro y/o producción energéticos en el espacio urbano, etc.

### 5.1 Factores climáticos

La comprensión de los parámetros climáticos de un determinado entorno es clave a la hora de implementar estrategias de acondicionamiento bioclimático que hagan de dichos entornos espacios más confortables y eficientes. Obviamente, los factores climáticos de una determinada área (temperatura del aire, humedad, viento, etc.) no pueden variarse, pero sí es posible corregir sus efectos incorporando estrategias basadas en su conocimiento. Se exponen brevemente a continuación los factores climáticos más relevantes.

#### 5.1.1 // Temperatura y radiación solar

Seguramente, la temperatura del aire, así como la radiación solar sean los factores climáticos más relevantes. Tradicionalmente, y hasta que se generalizara el uso de la

energía barata y se desarrollaran sistemas técnicos sofisticados de calefacción y refrigeración, los edificios y las ciudades se construían adaptándose al clima, incorporando pautas derivadas de la observación a lo largo de los años. La arquitectura y el urbanismo bioclimáticos actuales hunden sus raíces en muchos de estos principios tradicionales. Así, para un clima templado, las estrategias bioclimáticas se sustentan en cuatro principios básicos: conservación de la energía térmica de los edificios, aprovechamiento de la energía solar (tanto activa como pasivamente), protección frente a la radiación solar excesiva (en los meses de fuerte radiación solar) e implementación de instalaciones eficientes de apoyo, cuando las pautas bioclimáticas no basten por sí mismas. En los apartados siguientes se abordarán diversos parámetros relacionados con estas cuestiones.

### 5.1.2 // Humedad

Junto con la temperatura del aire y el viento, la humedad es el tercer factor climático que influye en el confort de un determinado entorno. Así, la sensación de calor que puede sentirse en el espacio exterior no sólo depende de la temperatura, sino de la capacidad del cuerpo humano para transpirar: si hay un exceso de humedad los procesos de evaporación a través de la piel quedan limitados, condicionando así la pérdida de calor. Pero si la humedad relativa es muy baja aumenta la evaporación desde las membranas de nariz y garganta, secando las mucosas del sistema respiratorio, además de reseca la piel y el cabello.

El grado de humedad relativa en una ciudad viene condicionado por muchos factores, entre ellos, la proximidad a masas de agua (el mar, los ríos, lagos, lagunas, etc.), la existencia de masas vegetales (bosques, riberas arboladas, ...), el grado de impermeabilización del suelo, etc. De ahí que el planeamiento urbano juegue un papel muy importante a la hora de favorecer o reducir la humedad relativa de un ámbito urbano, bien sea incorporando abundante vegetación en la ordenación de la ciudad (cuñas, cinturones y/o corredores verdes, ...) bien elementos superficiales de agua, reduciendo las soluciones de urbanización impermeables, por ejemplo. O, cuando lo que se pretende es reducir la humedad relativa, canalizando los vientos dominantes, privilegiando aquellas brisas que tiendan a secar el aire.

### 5.1.3 // Viento

En el urbanismo bioclimático, la ordenación de los tejidos urbanos ha de atender también, y de manera complementaria con los dos factores climáticos arriba señalados, al viento, tomando en consideración factores como la frecuencia y la velocidad del mismo, particularmente de los vientos dominantes en un determinado entorno. Al igual que con el resto de factores climáticos, la planificación urbana puede contribuir a paliar los efectos adversos de dichos vientos dominantes, disponiendo diversos tipos de barreras físicas, aunque las más recomendables son las vegetales, pues con ellas pueden controlarse los efectos de las turbulencias. O bien favorecer los efectos positivos, como son la eliminación de contaminantes u olores indeseables del aire, o el refrescamiento del mismo.

Por ello, atendiendo al modo tradicional de construir, la adaptación al clima se observa en las diferentes morfologías urbanas de los climas fríos frente a los cálidos. Mientras que en las primeras se busca la mayor entrada posible de radiación solar directa, acom-

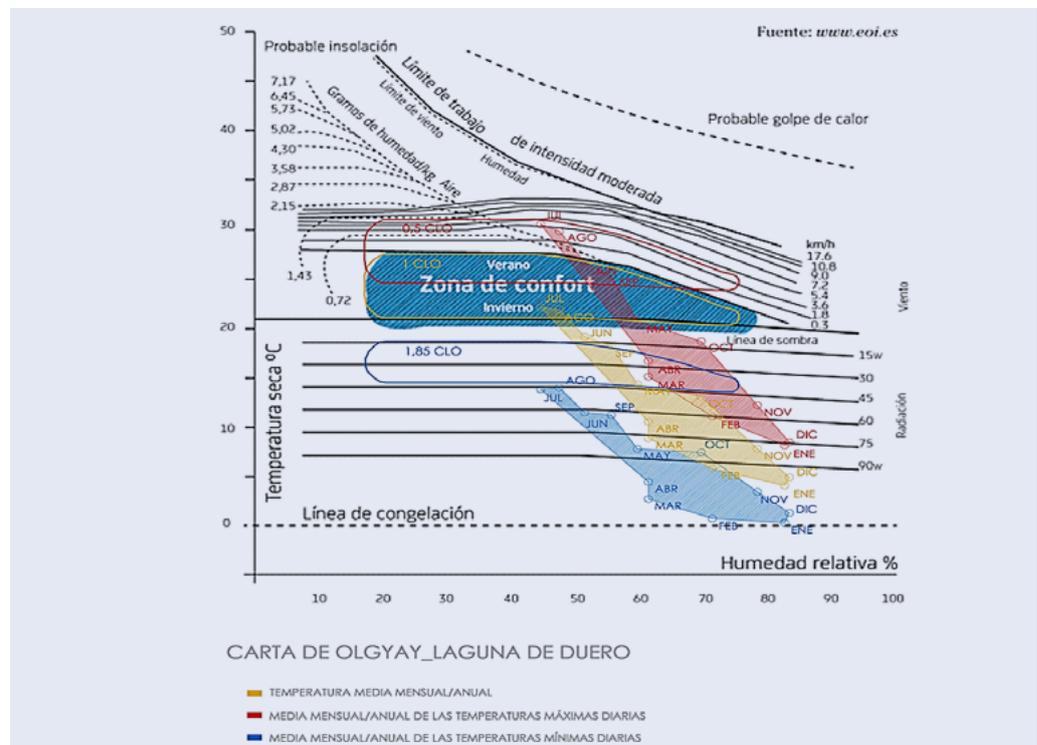
pañada de la defensa frente a los vientos dominantes, en las segundas se opta por favorecer la brisa y evitar la radiación solar directa.

### 5.1.5 // Climograma de bienestar

La combinación de los tres factores anteriormente mencionados puede plasmarse en el llamado climograma de bienestar: Se trata de un diagrama psicrométrico (Olgay, 1963); es decir, un diagrama que cuantifica variables psicológicas relacionadas con el confort climático a partir de los datos de temperatura, humedad relativa de un lugar y viento. Con ellos se realiza una tabla con dos entradas: en abscisas se consignan los datos de humedades relativas y en ordenadas los de las temperaturas secas del aire. La zona de confort queda determinada, para individuos con ropa media, sin actividad y en un clima templado (400 de latitud Norte) por las temperaturas entre 21,1 y los 26,7 °C y el 20 y el 80% de humedad. Si a la tabla se le añaden las condiciones de velocidad del aire, la zona de confort queda definida con mayor precisión.

El diagrama permite definir las operaciones necesarias para alcanzar el confort en aquellas situaciones climáticas que se encuentren fuera de la zona de confort marcada. Para ello, se cuenta con varias posibilidades, que van desde el uso de mayor o menor cantidad de ropa (arropamiento, medido en la unidad denominada clo <sup>1</sup>) en el exterior de un lugar determinado hasta la inclusión de elementos de sombreado, de redireccionamiento del viento, de fomento de la evapotranspiración, etc.

**Figura 26.**  
Climograma de Olgay para Laguna de Duero.  
Fuente: elaboración propia.



1// Clo: unidad de medida utilizada para el índice de indumentaria, que procede del inglés "cloth" (vestimenta). Se define como el aislamiento térmico que proporciona la indumentaria normal de un varón, es decir, con chaqueta, camisa, ropa interior normal, todo ello de algodón, calcetines y zapatos. El cero (0) corresponde a la desnudez. La unidad equivale a un aislamiento térmico de 0,155 m<sup>2</sup> x K/W (metro cuadrado x Kelvin por vatio). 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> x K/W (metro cuadrado por Kelvin por vatio).

## 5.2 Morfología urbana

Se analizan a continuación de manera sucinta cuatro características que definen la morfología urbana y que condicionan diversos aspectos que tienen que ver con la sostenibilidad de las ciudades y los entornos urbanos, especialmente con los consumos energéticos y con las emisiones gaseosas nocivas para las personas y para el medio ambiente. Estos son: el emplazamiento, la orientación, la densidad urbana y la distribución de los usos del suelo.

### 5.2.1 // Emplazamiento

Tradicionalmente, los emplazamientos de los núcleos urbanos estaban íntimamente relacionados con las condiciones del entorno. Obviamente, la disponibilidad y accesibilidad al agua dulce era uno de los principales requisitos, así como la existencia de recursos de otro tipo (como la madera para calentarse), pero también el abrigo proporcionado por determinados montículos frente a los vientos fríos, o bien la necesidad de aprovechar brisas refrescantes en climas cálidos explican la búsqueda de entornos abiertos hacia dichos vientos. Aunque otros emplazamientos históricos primaban aspectos defensivos, comerciales o culturales, lo cierto es que, generalmente, estas prioridades siempre iban siempre acompañadas de estrategias de adaptación climática basadas en conocimientos empíricos.

Sin embargo, ese conocimiento ancestral sobre la necesidad de buscar un buen emplazamiento, comenzó a minusvalorarse en décadas pasadas, en las que el desarrollo tecnológico y la diversificación de las fuentes primarias de energía permitieron el logro de unas buenas condiciones de confort ajenas a las condiciones del lugar. En la actualidad, los problemas derivados del abuso de energías de origen fósil incitan a incorporar en la arquitectura y el planeamiento soluciones bioclimáticas que demanden menor consumo energético. Es decir, soluciones adaptadas al lugar, a su topografía, su climatología y demás condiciones ambientales.

### 5.2.2 // Orientación

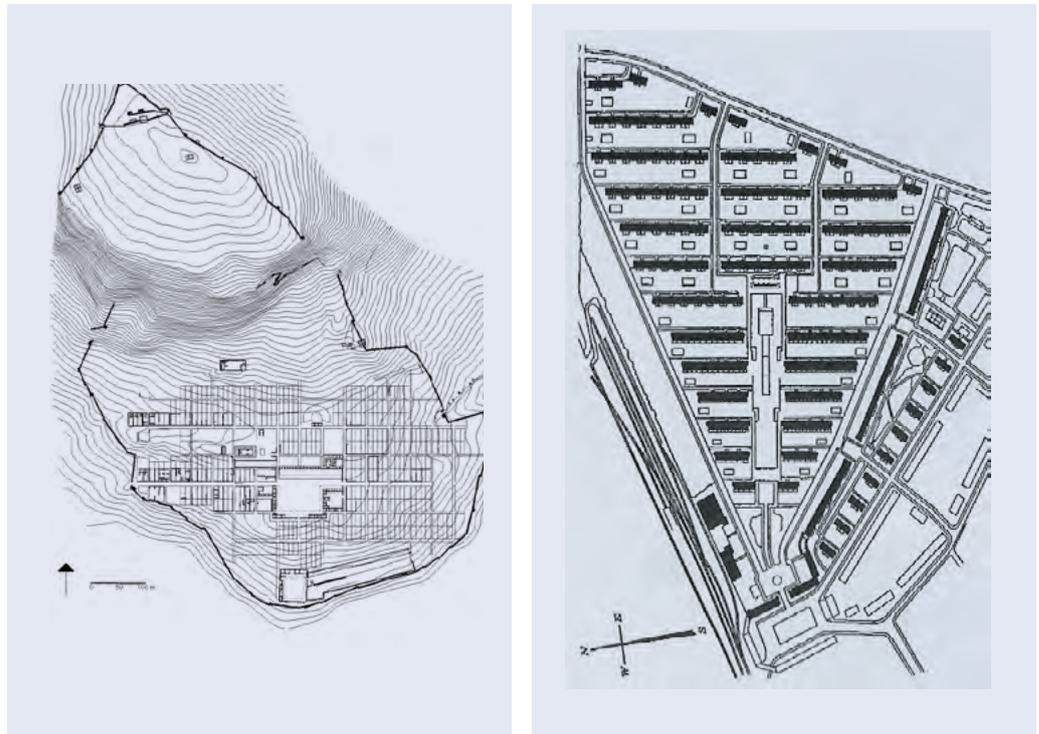
La orientación de las calles de un asentamiento urbano determina un mejor aprovechamiento de la radiación solar y de las condiciones favorables del viento. De acuerdo con K. Butti y J. Perlin (1985) las excavaciones de numerosas ciudades griegas clásicas muestran el florecimiento de la arquitectura solar ante la escasez de madera para calefactar las viviendas. Así, las viviendas se orientaban al Sur y se planificaron ciudades enteras así orientadas para permitir a todos sus habitantes igual disfrute del sol en invierno. También la arquitectura y la planificación solar se convirtieron en parte consustancial en la cultura romana. De hecho, los derechos al sol (garantizados por la separación adecuada de las edificaciones) serían incorporados a la legislación romana y han trascendido hasta la actualidad.

A lo largo de la historia de la ciudad pueden encontrarse diversos periodos en los que la planificación solar adquirió relevancia. En ella la componente esencial era la correcta orientación de los edificios para recibir la máxima cantidad de radiación solar posible en invierno. Baste mencionar las propuestas teóricas francesas de finales del s. XIX y las de principios del XX de Agustín Rey y Tony Garnier, o la arquitectura solar alemana

del periodo de entreguerras, materializadas en la conocida Planta Zeilenbau (Casas en hilera) (Pérez Iguualada, 2005).

**Figura 27.** Trazado de la antigua ciudad griega de Priene, con sus calles orientadas al Sur y al abrigo de un monte.  
Fuente: <http://timerime.com/es/periodos/2508759/Periodo+Helenstico/>

**Figura 28.** Planta Zeilenbau. Bad Durremberg, Dresde, 1930. Proyecto de Alexander Klein.  
Fuente: Pérez Iguualada ( 2005).



### 5.2.3 // Densidad urbana. Consumo de suelo

La baja densidad (el sprawl) consume grandes cantidades de suelo natural, un bien absolutamente necesario para preservar la vida: para proporcionar los recursos necesarios y asimilar los residuos, entre ellos los generados por la combustión de sustancias de origen fósil. Un modelo de ciudad dispersa precisa mayores cantidades de energía para su funcionamiento que uno de ciudad compacta. En el primero también se ven dificultadas o anuladas las posibilidades de disponer de servicios de transporte público, lo que hace a los ciudadanos dependientes del coche (con todo lo que ello conlleva), etc. Además de tener implicaciones medioambientales y económicas, la densidad también condiciona notablemente otros aspectos sociales, como son la vitalidad del espacio público o la sensación de seguridad en el mismo, debidos a la falta de masa crítica, de número de personas que pueden utilizar simultáneamente un espacio.

La densidad es un aspecto que implica cierta controversia, puesto que su exceso tiene tan graves consecuencias como su déficit, y además no existe un único índice de densidad ideal. Tan criticada fue la alta densidad de la ciudad industrial que no permitía unas condiciones de habitabilidad suficientes (higiénicas, de soleamiento y ventilación), como lo es ahora la baja densidad de muchos de los crecimientos urbanos de los últimos años, por consumir demasiado suelo, demasiada energía y carecer de vitalidad social y cultural. La densidad ha estado y sigue estando muy presente tanto en las críticas a la ciudad existente como en las soluciones o propuestas de futuro, pero paradójicamente ni es fácil encontrar una única definición, ni existe un modo único de medirla. No obstante, parece oportuno establecer algunos valores de referencia: por debajo de 40 viviendas/ha se consideran valores bajos; entre 50 y 70 viv/ha pueden considerarse

valores medios. Los barrios tradicionales de las ciudades suelen superar las 100 viv/ha. En Castilla y León la legislación urbanística impide materializar densidades mayores de 70 viv/ha en nuevos desarrollos urbanísticos.

### 5.2.4 // Distribución de usos. Diversidad

La densidad por sí sola es insuficiente si no va acompañada de la diversidad. Los desarrollos urbanísticos excesivamente zonificados, que suman áreas con un único uso del tipo ciudad universitaria, parques tecnológicos, áreas exclusivamente residenciales, áreas comerciales, etc., son empobrecedores, inseguros e inducen desplazamientos motorizados. Estos desarrollos monofuncionales necesitan enormes superficies, que han de buscar en zonas alejadas de las ciudades, con lo que obligan a usar mayoritariamente el coche, conllevan enormes gastos energéticos, contribuyen a deteriorar el medio ambiente, dificultan la vida cotidiana de las personas y generan inseguridad, al permanecer semivacíos en diversos lapsos temporales.

La diversidad se relaciona con la mixticidad, con la heterogeneidad. En ese sentido, habría que hablar de la necesidad de mezcla de usos y actividades (incluir usos terciarios repartidos por doquier en los barrios residenciales); mezcla de tipos de viviendas (para diferentes tipos de renta, para diferentes tipos de hogares, etc.); mezcla de personas (jóvenes, niños, ancianos, personas de mediana edad), etc.

La mezcla de usos en la ciudad se señala sistemáticamente como una de las pautas esenciales de la sostenibilidad urbana. En primer lugar, porque la proximidad y diversidad de usos reduce la necesidad de desplazarse y posibilita que los desplazamientos puedan hacerse caminando, en bici o en transporte público. Se reducen, en consecuencia, el número de viajes en coche y con ellos el consumo de gasolina y la emisión de gases nocivos a la atmósfera. Pero las ventajas van mucho más allá, la mezcla de residencia y actividades económicas, recreativas y/o culturales hace posible el encuentro fortuito, el intercambio, la seguridad debida a la vigilancia pasiva, la vitalidad de un espacio en el que poder estar por derecho propio. Es decir, la esencia de la ciudad.

## 5.3 Movilidad y accesibilidad

Aunque a priori no suele considerarse la mejora de la movilidad a la hora de plantear la mejora energética de un barrio existente, este campo tiene un gran peso tanto en el consumo energético como en la emisión de GEI. Por lo tanto, la mejora de las condiciones de accesibilidad al barrio y desde el barrio a elementos y espacios de centralidad mediante medios alternativos al coche debería ser práctica ineludible en la regeneración de tejidos residenciales existentes. Se consideran los siguientes parámetros a incluir respecto de la movilidad y accesibilidad:

### 5.3.1 // Sistemas de movilidad de nivel ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado. Una necesaria planificación integral.

El objetivo prioritario de una movilidad sostenible es la reducción de las necesidades de desplazamiento motorizado, dado que ello conllevará una menor demanda de energía y una reducción de las emisiones. En este sentido, crear proximidad es una de las claves para disminuir la necesidad de desplazamientos motorizados. El poder acceder caminando o en bicicleta a la mayor parte de los lugares en los que transcurre la vida cotidiana de los ciudadanos debe formar parte consustancial de la proyectación de las ciudades. También el transporte público juega un papel decisivo. En los ámbitos rurales la apuesta está en la implantación de redes de transporte público a la demanda, que conecten los municipios pequeños con aquellos más grandes de los que dependen funcionalmente.

Para que la planificación integral de la movilidad sea sostenible es preciso atender a tres principios básicos:

1. Es necesario reducir significativamente el número de coches circulando por las ciudades.
2. Han de implementarse de manera complementaria políticas de estímulo de los modos de movilidad alternativos al vehículo privado (la marcha a pie, en bici o en transporte público) y de disuasión del uso del coche.
3. Los espacios y tiempos de para los diferentes modos de movilidad han de plantearse de manera equitativa y no, como suele ser habitual, primando las exigencias del transporte motorizado frente a las del resto.

En cualquier caso, se dispongan calles de tráfico integrados (coexistencia, tipo *Woonerf*, *Naked Streets*, etc.) o de tráfico segregados (calles tradicionales) sería conveniente implementar medidas de pacificación y/o calmado del tráfico, evitando que los coches circulen a más de 30km/h, disponiendo cruces a la cota del peatón, badenes, estrechamientos de calzada, etc.

**Figura 29**

Batavia River Street. Calle tipo woonerf.

<http://www.chicagotribune.com/news/opinion/columnists/ct-batavia-dutch-street-met-20140827-column.html>



### 5.3.2 // Reparto del espacio del viario por modos de movilidad

En el caso de disponer en los barrios vías de tráfico segregado, con bandas específicas para cada tipo de movilidad (peatonal, ciclista, motorizada) debería considerarse un reparto más equitativo de la sección de las calles. Por lo general, el reparto de las mismas suele ser ampliamente favorable a la movilidad rodada, destinando la mayor parte a los coches, bien sea en marcha (espacio de la calzada) bien o parados (bandas de aparcamiento) y dejando el resto para las aceras y carril bici (en su caso). La acera, por otra parte, suele acoger no solo la banda estricta de circulación de personas sino el mobiliario y la iluminación urbanas y el arbolado (en su caso).

Sin embargo, y atendiendo a los datos estadísticos que se desprenden de los estudios sobre movilidad urbana, sólo una parte (alrededor de un tercio de la misma, por término general) de la población utiliza habitualmente el coche en sus desplazamientos cotidianos, mientras que el resto va caminando, en transporte público o bicicleta. Atendiendo a estas circunstancias, así como a la necesidad de reducir los niveles de consumo energético y contaminación generados por los coches, sería deseable fijar un estándar mínimo de reparto de la sección de 50%-50%. Es decir: destinar como máximo la mitad de las secciones viarias a los coches, en marcha o parados, reservando la otra mitad para peatones, bicis, árboles, etc.

### 5.3.3 // La cuestión del aparcamiento

Dentro de los planes integrales de movilidad sostenible, la cuestión del aparcamiento es clave, pues primar el derecho a aparcar en cualquier lugar estimula la circulación rodada. En este sentido, la política de aparcamiento en una ciudad debe establecer reglas y diferencias claras entre tres tipos de aparcamientos: el aparcamiento rotatorio, el aparcamiento disuasorio y el aparcamiento para residentes. El primero es un tipo de aparcamiento temporal (puede conllevar el pago de tarifas o no) que debería restringirse en aquellos ámbitos donde se estime oportuno reducir la presencia de coches circulando. Por el contrario, debería primarse el aparcamiento disuasorio, localizado en ám-

bitos periféricos, de borde de zonas muy densas (como cascos históricos) desde los que habría que facilitar los recorridos a pie, en bicicleta o en transporte público. Por último, el aparcamiento para residentes requiere una evaluación cuidadosa, pues si bien es cierto que en determinados barrios es imprescindible, la disposición de muchas plazas de aparcamiento en otros puede tener el efecto rebote de estimular el uso del coche.

## 5.4 Ciclo del agua

La contribución a la sostenibilidad, en general, y en particular al ahorro y la eficiencia energéticos relacionados con el ciclo del agua, tiene que ver con las posibilidades de aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y/o de las aguas grises; la retención e infiltración del agua de lluvia y el aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua en los entornos de los edificios.

### 5.4.1 // Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia y/o de las aguas grises

Una gestión sostenible del agua en los ámbitos urbanos pasa por hacer que el ciclo urbano de potabilización-depuración se acerque más al ciclo natural del agua (evaporación-condensación-precipitación). Ello implica recoger, almacenar y tratar localmente las aguas de lluvia (a las que se pueden sumar las aguas grises, con un ligero tratamiento previo); por hacer más permeables los suelos urbanizados (con el fin de fomentar la infiltración de agua en el subsuelo y frenar las escorrentías) disponiendo pavimentos filtrantes o suelos terrizos; o por reducir el consumo de agua potable (lo que implica utilizar la calidad de agua adecuada a cada uso).

En diversas ciudades europeas se plantean los llamados estanques de retención dentro de los barrios (en los parques, en el interior de las manzanas, etc.) como sistemas de almacenamiento y depuración natural de las aguas de lluvia y/o aguas grises. El funcionamiento de estos estanques se basa en la capacidad autodepurativa del medio hídrico y edáfico, además de en la fitodepuración, fenómeno que se produce en las raíces de ciertas plantas, que tienen capacidad para limpiar el agua. En este sentido, las macrofitas acuáticas pueden limpiar el agua con un grado bajo o incluso medio de contaminación del agua. También es conveniente generar un movimiento continuo del agua para que ésta se oxigene y puedan actuar las bacterias aerobias.

**Figura 30.**

Estanque de retención en Kronsberg, Hanover, 2000.  
Fuente: [http://www.ecourbano.es/pro\\_inside.asp?cat=5&cat2=&id\\_pro=56&tipus=3](http://www.ecourbano.es/pro_inside.asp?cat=5&cat2=&id_pro=56&tipus=3)



#### 5.4.2 // Retención e infiltración del agua de lluvia

Frente a los, demasiado frecuentes, acabados superficiales impermeables en espacios públicos y privados, una gestión ecológica del ciclo del agua conllevaría la minimización de las superficies impermeables y su sustitución por otras que permitan la filtración lenta del agua. A lo que habría que añadir otras medidas: como la incorporación de elementos urbanos y paisajísticos que ralenticen las escorrentías del agua y favorezcan la retención y filtración en la tierra (por ejemplo pequeñas presas, aterrazamientos, tanques de arena, propuestos); la canalización del agua de lluvia recogido por las cubiertas de los edificios hacia jardines de lluvia, o pequeños caces integrados en el diseño de los espacios libres; así como la incorporación de sistemas de acumulación de agua de lluvia en el diseño de parques y espacios verdes públicos y privados.

#### 5.4.3 // Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

En climas de veranos calurosos el aire puede estar muy seco a lo largo de muchos meses del año, provocando una sensación térmica de sobrecalentamiento en los entornos urbanos, que incide en la necesidad de refrigerar artificialmente las viviendas y espacios de trabajo. Esto genera incrementos de consumos energéticos y de emisiones que bien podrían mitigarse incorporando humedad al aire de manera natural.

El proceso fundamental por el que la humedad influye en el bienestar higrotérmico es el enfriamiento adiabático o enfriamiento evaporativo. Este proceso se produce mediante la evaporación de agua en el aire, de modo que disminuye la temperatura seca al mismo tiempo que aumenta el contenido de humedad del aire. Así se explica el fenómeno de la refrigeración del aire en presencia de agua. De forma contraria, al eliminarse del aire una cantidad de vapor de agua, aumentaría la sensación de calor por el efecto de la desecación del aire. (Hernández, 2013).

**Figura 31.**

Acera con pavimento filtrante en Barcelona.

Fuente: <http://drenajurbanosostenible.org>



En este sentido, sería conveniente incorporar en los entornos de las viviendas y espacios de trabajo láminas de agua, vegetación, suelos terrizos y/o vegetales, etc., que permitan incrementar la presencia de vapor de agua en el aire y reducir la sensación de sobrecalentamiento.

## 5.5 Consumo y producción energéticos en el espacio libre

Aun cuando el consumo y la producción energéticos no suelen producirse en los espacios libres de los barrios y/o las ciudades, sino, sobre todo, en las edificaciones, es aconsejable no desdeñar sus posibilidades. Se plantean, así, otros dos nuevos parámetros para este apartado: Incorporación de sistemas energéticos alternativos captación solar (térmica y/o fotovoltaica), eólica, geotermia, etc. en el espacio libre público y privado; y sistemas de ahorro y eficiencia energéticos (calefacción por distrito, sistemas de iluminación eficientes, etc.) en el espacio libre público y privado.

### 5.5.1 // Incorporación de sistemas energéticos alternativos: captación solar (térmica y/o fotovoltaica), eólica, geotermia, etc. en el espacio libre público y privado.

El ahorro y la eficiencia energéticos constituyen una de las tres patas fundamentales sobre las que se sustenta una política energética sostenible. Las otras dos son: el impulso decidido de las energías renovables y la reducción activa de los impactos medioambientales generados por el modelo energético actual (basado fundamentalmente en el uso de combustibles de origen fósil).

Respecto de la primera de las patas, aplicada a los entornos urbanos de los barrios, es fundamental planificar los nuevos asentamientos, o bien mejorar los barrios existentes, incorporando pautas bioclimáticas en el diseño de los espacios. Partiendo del conocimiento de los componentes climáticos esenciales (temperatura, humedad y viento) podrán diseñarse los espacios libres para que sean confortables de manera natural, no forzando el uso de energía para lograr artificialmente dicho confort.

La segunda de las patas arriba mencionadas de una política energética sostenible es el incremento del uso de las energías alternativas a las de origen fósil, dados los notables efectos adversos que este tipo de energía genera (desde su contribución al cambio climático hasta los problemas de salud derivados de la mala calidad del aire de los entornos urbanos).

El espacio libre, tanto público como privado, ofrece enormes posibilidades para la instalación de sistemas de aprovechamiento de ciertos tipos de energías alternativas: paneles solares térmicos y fotovoltaicos, pequeños aerogeneradores, sistemas de geotermia para calefacciones comunitarias, etc. Es cierto que su implementación puede suponer una inversión inicial superior a la de los sistemas convencionales, pero dicha inversión se amortiza en un tiempo relativamente corto por los ahorros en combustibles, sometidos a una imprevisibilidad constante.

### **5.5.2 // Sistemas de ahorro y eficiencia energéticos (calefacción por distrito, tipos de iluminación, etc.) en el espacio libre público y privado.**

A ello podrían añadirse sistemas como la calefacción por distrito, un sistema mucho más eficiente que el de las calefacciones individuales y que en algunas ciudades, como Copenhague, sirve a más del 90% de los barrios de la ciudad. La implementación de estos sistemas precisa de unas condiciones básicas de los entornos: una densidad residencial mínima de 45 viv/Ha. No es un sistema apto para ciudad dispersa. Además: mezcla de usos residenciales y de otro tipo (hospitales, hoteles, instalaciones industriales); y continuidad de las redes de calor. Todos los usuarios que entren en el radio de acción han de conectarse. Por otro lado, es un sistema adecuado tanto para nuevos barrios, como para regeneración de otros, aunque hay que evitar el conflicto con las otras redes existentes. Por último, un elemento clave a valorar es la central de producción de calor y energía, que debe de ser lo más eficiente posible, incorporando el tipo de fuente primaria de energía más conveniente: energía solar, biomasa, gas natural, etc.

Además, habría que considerar la iluminación pública, que amén de ser revisada en cuanto a disminución de la intensidad, en línea con la necesaria reducción de la contaminación lumínica de las ciudades, es preciso acudir a sistemas que reduzcan el consumo energético, etc.

**Figura 32.**  
 Farola fotovoltaica y pequeño  
 aerogenerador en Málaga.  
 Fuente: <https://www.smart-magazine.com/en/smart-cities-infrastructure/>.



## 5.6 Vegetación en el espacio libre (público y privado)

De los campos seleccionados para el tratamiento del entorno de los edificios compatible con el ahorro y eficiencia energéticos y, en consecuencia, con la adaptación y mitigación del cambio climático, el de la incorporación de vegetación quizá sea uno de los que más oportunidades ofrece. De ahí que se plantee tener en cuenta los siguientes parámetros: cuantificación de espacios libres públicos; distribución de espacios libres públicos de nivel ciudad y accesibilidad a los mismos; cantidad, calidad y localización de la vegetación existente; e implementación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres.

La urbanística, desde su nacimiento a mediados del siglo XIX, ha considerado siempre la incorporación de parques y vegetación en las ciudades como una de sus prioridades. Para ello, ha ido estableciendo a lo largo del tiempo tanto estándares mínimos de dotación de superficie de espacio verde y/o árboles por habitante (incorporados a las legislaciones) como tipologías de espacios que hoy día conforman un repertorio amplio y codificado.

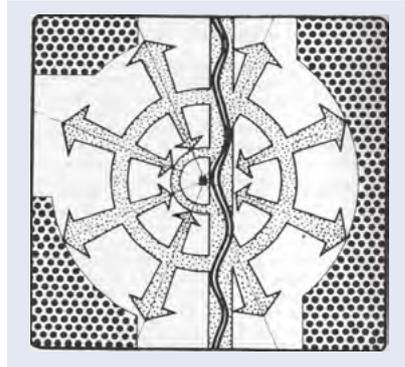
En los últimos años viene planteándose la renaturalización urbana o reverdecimiento urbano como una pauta ineludible para que las ciudades sean más resilientes y más sostenibles. Se refieren ambos conceptos a la generalización o extensión de los espacios vegetales en la ciudad para hacer de ésta un ámbito más natural. Para ello se parte de la vieja idea urbanística de que los espacios verdes en las ciudades deben formar sistemas, redes. Esos sistemas no sólo estarán compuestos por aquellas tipologías de espacios verdes clásicas (parques, jardines, riberas de los ríos, bulevares, cuñas o anillos verdes, etc.) sino por otra serie de espacios secundarios (públicos y privados) que

pueden servir para completar lo que se denominan biotopos. Por lo tanto, el concepto de renaturalización va mucho más allá del concepto de sistema y pretende llevar naturaleza a cada rincón del ámbito urbano.

Dentro de estos espacios secundarios que pueden “reverdecerse” podemos incorporar desde cubiertas verdes de las edificaciones hasta espacios baldíos de las ciudades, desde zonas de aparcamiento con pavimentos filtrantes a paredes cubiertas de vegetación, desde las bandas verdes o terrazas en el viario hasta espacios libres asociados a equipamientos.

**Figura 33.**

Estructura básica de un sistema de biotopos ideal (según Kunik, 1983). Fuente: Sukopp, 1989. Los espacios verdes de diferente rango de las ciudades deben formar redes densas y continuas que incorporen, también, los elementos naturales (ríos, lagunas, bosques urbanos, etc.).



**Figura 34.**

Plan del verde y de la biodiversidad de Barcelona 2020. Ayuntamiento de Barcelona. Se trata de un ambicioso plan de reverdecimiento de la ciudad, incorporando la vegetación de forma masiva entre todos los espacios edificados. Fuente: Ayuntamiento de Barcelona. <http://jlp.cat/es/content/plan-del-verde-y-de-la-biodiversidad-de-barcelona-2020>



### 5.6.1 // Cuantificación de espacios libres públicos

¿Qué cantidad de espacio verde es necesaria o suficiente? Es habitual en la práctica urbanística cuantificar las cosas, de ahí que la bibliografía especializada esté cargada de datos sobre cantidades. Cantidad de espacios libres públicos mínimos con los que deben contar las ciudades, cantidad de metros cuadrados de vegetación por persona, número mínimo deseable de árboles por habitante, etc. Dicha bibliografía ofrece los estándares e indicadores necesarios. Por su parte, la legislación urbanística ha incorporado dichas recomendaciones en sus artículos de obligado cumplimiento. En Castilla y León, la legislación urbanística exige reservar 5m<sup>2</sup>/habitante de espacio verde con carácter genérico (para la ciudad en su conjunto) y, de manera específica, 15m<sup>2</sup> y 20m<sup>2</sup> por cada 100 m<sup>2</sup> construibles en suelos urbanos no consolidados y suelos urbanizables, respectivamente. Sin pretender hacer una exposición exhaustiva de estándares y recomendaciones procedentes de diversas fuentes, sí conviene citar a la OMS, que recomienda un mínimo de 10 m<sup>2</sup>, siendo deseable una dotación de 15 m<sup>2</sup> por habitante (estándares para la ciudad en su conjunto). Por su parte P.J. Salvador Palomo cita el caso de Quebec, que cuenta con 1 árbol/habitante, un estándar muy elevado para nuestras ciudades (Salvador Palomo, 2003).

### 5.6.2 // Distribución de espacios libres públicos y accesibilidad a los mismos

La urbanística contemporánea ha heredado del funcionalismo dos modos de proceder en el tema de la planificación del verde urbano: la noción del estándar y las tipologías de los espacios verdes. Es decir, el asegurar una dotación mínima de espacio verde por habitante, que se lograría mediante una distribución equitativa de las áreas verdes en el conjunto de la ciudad, de tal modo que puedan conseguirse tiempos adecuados de acceso compatibles con el rango y la función de cada tipo de área. Y, por lo que se refiere a la tipología, la literatura internacional señala cuatro niveles jerarquizados de los es-

pacios verdes públicos urbanos: el verde anejo a la unidad residencial (vivienda o manzana unifamiliar), el verde de la vecindad (espacios libres de pequeña entidad), el verde del barrio, y el parque urbano. Cada uno de estos modelos tipológicos está llamado a desarrollar una función específica en el ámbito de la estrategia recreativa para los habitantes urbanos. Una buena política de áreas verdes exige la integración de los diversos tipos de áreas en una red densa y continua, a la que puedan acceder los diferentes grupos sociales sin discriminación de cualquier tipo (relacionado con la accesibilidad no discriminatoria), y en la que estén integrados los equipamientos urbanos: escuela, centro cívico, área comercial, etc.

Además, es precisa la conexión del verde de la ciudad con el espacio periurbano próximo y más alejado, como estrategia de mejora de la calidad del medio ambiente urbano, como estrategia de incremento de la resiliencia y como estrategia de mejora de la función recreativa del verde urbano. En este sentido, juegan un importante papel los llamados pasillos o corredores urbanos. Ya Frederick Law Olmsted (considerado precursor en cuanto a la ordenación de sistemas verdes urbanos) preveía los denominados Park Ways como conectores indispensables. Sin tener que alcanzar las anchuras de más de 40 metros de los Park Ways de F. L. Olmsted, para S. Rueda (2013) las calles con un buen sustrato permeable y una presencia arbórea diversa actúan como nexo entre las diversas áreas naturales. Para que una vía pueda considerarse corredor urbano, las cifras orientativas recomiendan densidades superiores a 4 árboles/10 metros lineales, niveles de ruido inferiores a 60dBA (esta medida garantizaría su funcionamiento como corredor ecológico) e índices de permeabilidad del suelo altos.

### 5.6.3 // Cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios

Se analizan a continuación las principales capacidades de la vegetación en relación a la mejora de las condiciones del espacio libre y se proponen pautas sobre cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios para potenciar dichas capacidades:

- ▶ **Capacidad como sumidero de CO<sub>2</sub>.** Esta capacidad no es igual en todas las especies vegetales, pues depende de la masa foliar, características de la planta, su porte, etc. como demuestra el trabajo de investigación llevado a cabo por M. E. Figueroa Clemente y su equipo en la Universidad de Sevilla (Figueroa, 2007), quienes analizan la capacidad de diversas especies forestales, agrícolas y urbanas como sumideros de CO<sub>2</sub>. Los estudios de este tipo resultan enormemente útiles a la hora de seleccionar especies de cara a la urbanización de nuevos espacios y/o mejora de los existentes. Aunque, con criterio general, conviene disponer arbolado en todas las calles de un barrio, si lo que se pretende es aprovechar su capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, deberían plantarse de forma ineludible en las calles de tráfico más intenso.
- ▶ **Proveedor de sombra.** Esta cualidad es enormemente relevante en climas con veranos calurosos, pues permite hacer más habitable el espacio público (especialmente el viario y las plazas). En función del clima del lugar convendrá disponer arbolado de hoja perenne o caduca para aprovechar las ventajas de esta cualidad en verano sin sufrir sus efectos negativos en invierno, cuando lo que interesa es permitir la máxima radiación solar de los espacios públicos.
- ▶ **Repercusión en las condiciones higrotérmicas (temperatura y humedad) de los entornos edificados.** La vegetación tiene una influencia notable en la modificación de los parámetros que definen las condiciones higrotérmicas de un ámbito. Estos son: reducción de la incidencia de la radiación de onda corta

en el suelo y minimización de la emisión de radiación de onda larga (infrarrojos) del suelo a la atmósfera. Esto conlleva la reducción de la temperatura en las áreas vegetadas, lo que incide decididamente en el ahorro energético de las edificaciones circundantes. A ello se añade la capacidad de transpiración que se produce en las hojas de las plantas que, sumada a la sombra que generan los árboles, produce un enfriamiento en el aire al añadirle vapor de agua. Así pues, si a una superficie permeable (que funciona mucho mejor que una impermeable desde el punto de vista de la regulación de la humedad) se le añade vegetación el efecto se multiplica.

Conviene, en este sentido, incorporar vegetación por doquier en los barrios: arbolado en las calles, arbustos y rastreras en parterres y espacios libres, en las cubiertas y paramentos verticales de los edificios, en las isletas y demás elementos del viario, etc.

- ▶ **Barrera contra el ruido.** La principal fuente de contaminación acústica en la ciudad es el tráfico rodado. A mayor volumen de tráfico, mayor nivel de ruido. La capacidad de las plantas para reducir la contaminación acústica depende de las características, densidad y estructura de las plantas utilizadas, así como de la localización de la barrera vegetal respecto a la fuente emisora de ruido. En este sentido, las superficies vegetadas deben situarse próximas a los focos de emisión del ruido. Además, funcionan mejor si están compuestas por vegetación de diverso porte. A mayor densidad de las especies, mayor absorción. Las barreras vegetales aumentan enormemente su efectividad si se combinan con la topografía. En vías con mucho ruido conviene disponer taludes vegetados (Hernández, 2013).
- ▶ **Barrera contra el viento.** Con velocidades de vientos iguales o superiores a los 10 m/s conviene poner pantallas vegetales. Las barreras vegetales tienen ciertas ventajas sobre otro tipo de barreras no vegetales, pues disminuyen los efectos de las turbulencias o la aceleración del viento en los bordes de dichas barreras, ya que la vegetación absorbe la energía cinética del aire en movimiento.

#### 5.6.4 // Implementación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres

En los países de climas secos (como ocurre con buena parte del territorio español) la demanda de agua de riego que puede conllevar la extensión de zonas arboladas podría suponer un problema, por ello es necesario racionalizar su consumo. Aunque de manera empírica muchas culturas han desarrollado métodos de jardinería con bajos consumos de agua (véase, por ejemplo, los jardines árabes), a partir de los años 80' se desarrolló en Estados Unidos una técnica, denominada xeriscape, para una concepción y gestión de zonas ajardinadas con bajo consumo de agua. Esta técnica se ha traducido al español por xerojardinería y se basa en siete principios esenciales:

- ▶ La planificación y el diseño, por el cual el parque o jardín debe dividirse en zonas diferenciadas según la agrupación de especies vegetales con similares necesidades de agua.
- ▶ El análisis del suelo (capacidad de drenaje, de retención del agua, de penetración de la humedad), que permitirá la selección adecuada de plantas.
- ▶ La selección de plantas: principalmente autóctonas o especies adaptadas.

- ▶ Las zonas de césped prácticas, es decir, el césped utilizado no como relleno, sino buscando su mayor beneficio funcional: para prevenir la erosión en zonas de pendiente, por ejemplo. En cualquier caso, es preciso reducir las superficies de césped por su alta exigencia de agua, sustituyéndolas por especies tapizantes xerófilas.
- ▶ Riego eficiente. Sustituir el riego por aspersión (pues demanda gran cantidad de agua) por el goteo o los microaspersores, que llevan el agua a las raíces las plantas.
- ▶ El uso de acolchados o cubiertas para el suelo (mulching, según el término inglés). Esta suerte de mantillo no sólo conserva la humedad del suelo, previene la erosión y protege las raíces del frío o el calor excesivos, sino que también ayuda a reducir las malas hierbas que compiten por el agua. Las mejores cubiertas son las orgánicas, como acídulas de pino, trozos de corteza, restos de vegetación, compost, etc.
- ▶ Mantenimiento adecuado, que reduzca al mínimo el uso de fertilizantes, pesticidas y otros productos para mantener la vitalidad de las plantas.

#### Figuras 35 y 36.

Vegetación y mulch orgánico en dos xerojardines.

Fuentes: <http://www.jardinesquemegustan.com/2014/07/disenando-un-xerojardin.html>  
<http://img-aws.ehowcdn.com/500x281p/photos.demandstudios.com/getty/article/41/38/87793382.jpg>, respectivamente.



## 5.7 Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU)

Generalmente, no es esta una cuestión que suela asociarse a la reducción del consumo energético y, sin embargo, tiene una incidencia más que notable. A esa necesaria reducción pueden contribuir los barrios, siempre que se incorporen los sistemas y parámetros adecuados.

El Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR, 2016-2022), que desarrolla las directivas europeas correspondientes establece como objetivos intermedios para los residuos que en el 2020, de acuerdo con la “Hoja de ruta hacia una Europa Eficiente en el uso de los recursos”: la reducción de la generación per capita de los residuos, el reciclado y la reutilización como opciones económicamente atractivas para los operadores, el desarrollo de mercados funcionales para las materias primas secundarias, la recuperación de energía limitada a los materiales no reciclables, práctica eliminación del depósito de residuos en vertederos.

Una adecuada gestión municipal implica, en primer lugar, la separación de la basura en origen en diversas fracciones (materia orgánica, vidrio, papel y cartón, envases y productos nocivos y/o peligrosos), así como de otro tipo de residuos (de obra, por ejem-

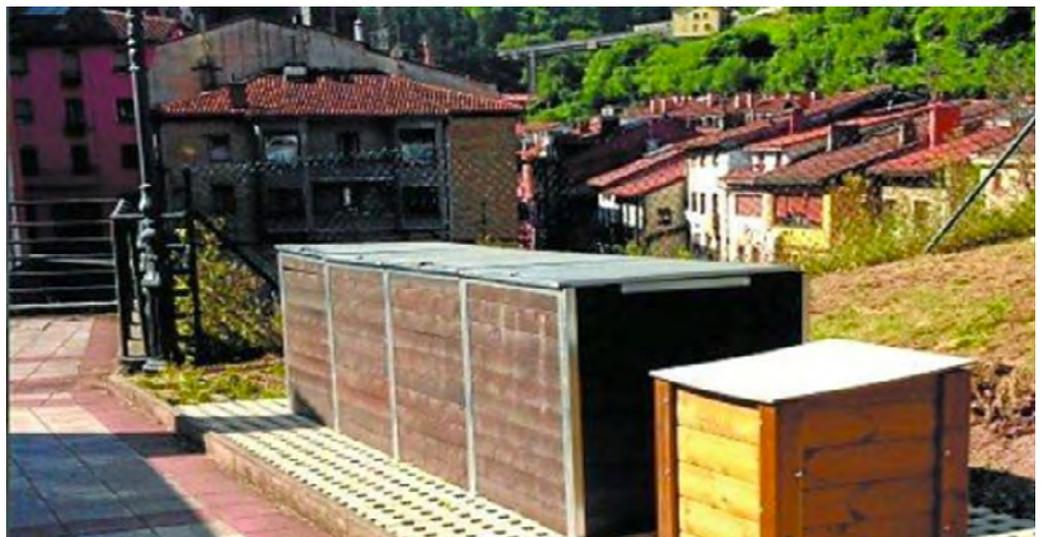
plo). Es preciso concienciar a los vecinos de la necesidad de su colaboración para hacer una separación de las diferentes fracciones de las basuras domésticas en origen, pues esto permite un tratamiento más eficaz de las mismas y la recuperación de buena parte de su valor intrínseco. Para ello conviene facilitar dentro de los barrios la accesibilidad a distintos tipos de contenedores donde depositar la mayor parte de fracciones posible de residuos. Al menos: fracción orgánica, envases y embalajes, vidrio, papel y aceites domésticos usados.

Una de las fracciones de los RSU más valiosa, además de la más abundante, es la materia orgánica, bien para la fabricación de compost bien para la biometanización. El segundo de los procesos es complejo y ha de realizarse en ámbitos específicos, pero el compostaje puede hacerse a escalas mucho menores, incluso dentro del ámbito doméstico. Es decir, podría plantearse cierta descentralización, implantando sistemas de compostaje de la fracción orgánica de los residuos en el ámbito municipal, con el fin de incorporar el compost obtenido en la gestión de parques y jardines municipales. A tal efecto podrían instalarse compostadoras bien en los espacios libres privados bien en los públicos. Al margen de la utilidad ecológica de las mismas, es interesante destacar su papel didáctico de cara a la concienciación de los niños sobre la necesidad de responsabilizarse individualmente en la sostenibilidad medioambiental.

**Figura 37.**

Compostadora comunitaria de Etxaburueta.

Fuente: <http://www.diariovasco.com/bajo-deba/201505/03/proponen-nuevas-zonas-compostaje-20150503002511-v.html>



# 6

## Fundamentos del diseño pasivo de EECN

La arquitectura bioclimática se centra en el estudio de la relación entre el clima, la arquitectura y las personas que la habitan.

En función del clima concreto del sitio, se estudian las estrategias pasivas que pueden utilizarse para alcanzar el máximo confort interior dentro de los edificios.

Tradicionalmente, la arquitectura popular de cada zona ha usado este concepto para adaptarse al clima que la rodeaba y a los materiales y soluciones constructivas al alcance.

No debemos perder de vista este punto inicial de modelo de arquitectura sostenible.

### 6.1 Soluciones bioclimáticas ¿cómo se proyecta?

#### 6.1.1 // La Climatología

Siempre que nos enfrentemos a un proyecto de arquitectura, se deberían tener en cuenta una serie de condicionantes de partida, que tratándose de arquitectura bioclimática cobran más importancia a la hora de plantear un anteproyecto:

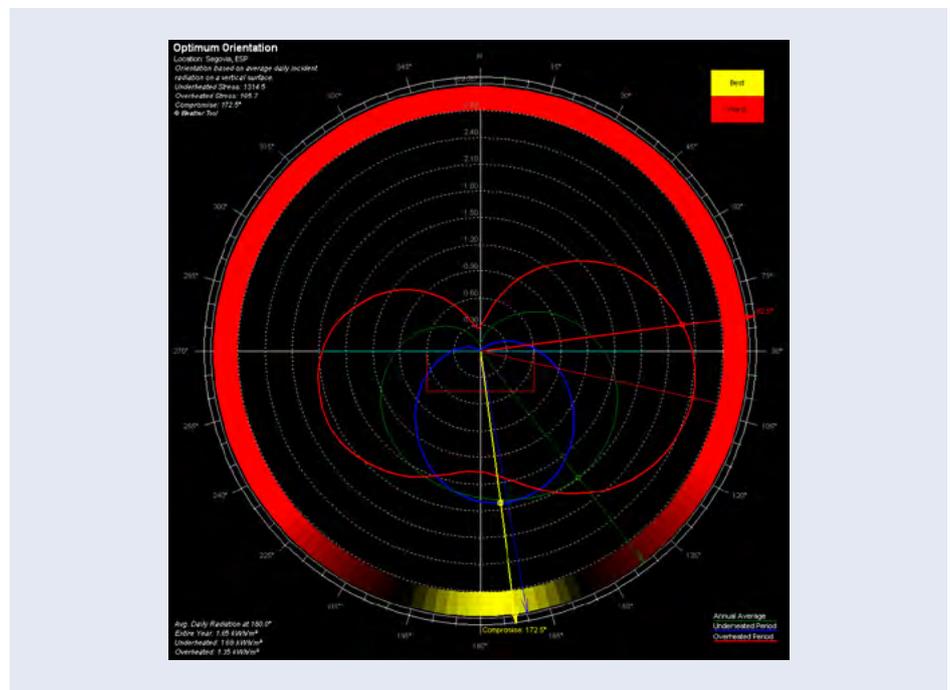
- ▶ **La Situación:** En qué enclave se va a insertar, urbano, rural, periferia urbana, espacio natural, etc.
- ▶ **El Emplazamiento:** Cómo es la parcela, la topografía de la misma, redes que circulan por la misma, qué condicionantes urbanísticos tiene, hay algún tipo de red de agua subterránea que se pueda aprovechar para climatización, condicionantes medioambientales.
- ▶ **Las Características Climatológicas de la zona:** Es básico conocer la climatología de la zona, cuáles son los vientos dominantes, cuál es la orientación

óptima, qué soleamiento/sombreamiento hay y cómo se puede aprovechar. Conocer las condiciones de humedad y temperatura del entorno, precipitaciones y vientos dominantes, ayudan al diseño pasivo del edificio. Para realizar el estudio del clima, es importante la obtención de datos fiables de un período de tiempo no superior a 10 años.

Existen varias páginas web donde poder encontrar estos datos de partida. Hay programas específicos que te dan los datos climatológicos de cada sitio en concreto, como pueden ser Ecotect, Metonorm, PHPP o cualquier estación meteorológica de la que se puedan extraer esos datos.

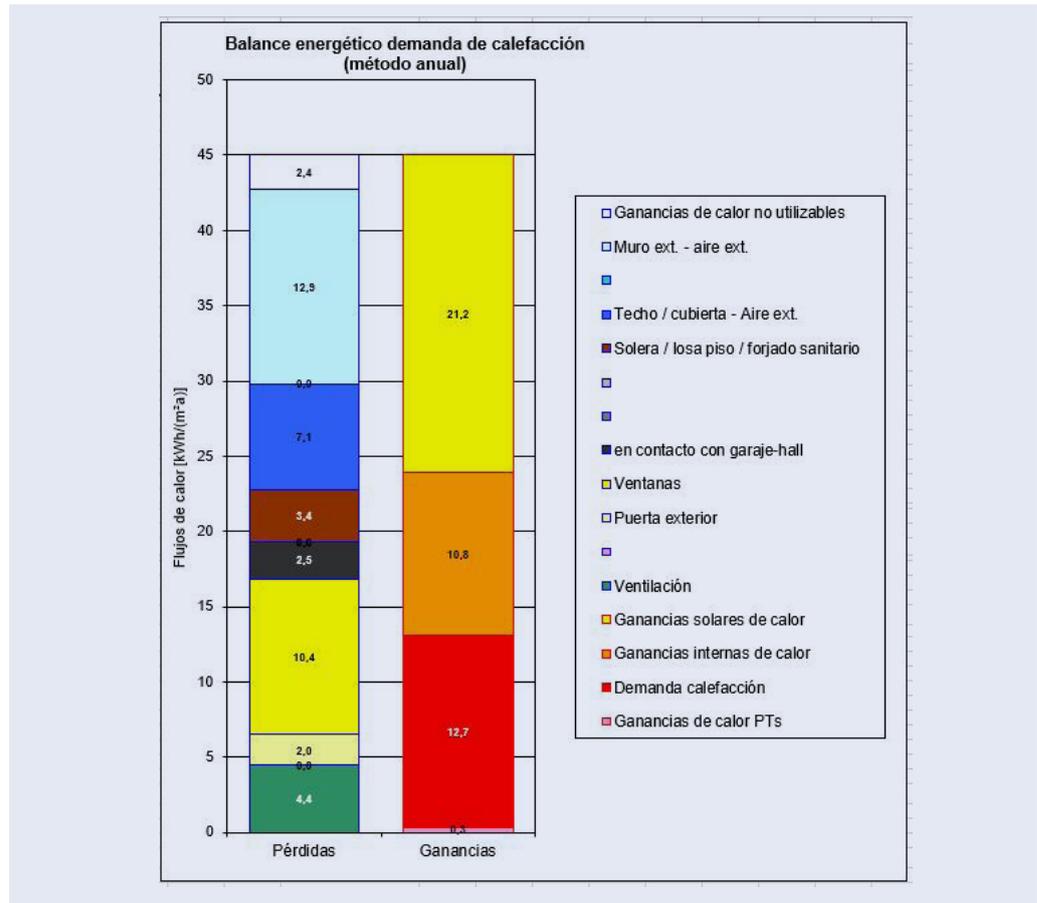
Estos softwares dan un cálculo bastante aproximado del soleamiento y del sombreado de un edificio a lo largo del año. Lo que permite conocer cuál es la orientación correcta de cada pieza o saber si va a necesitar algún tipo de control solar.

**Figura 38.**  
Orientación óptima para una situación concreta, en este caso, Segovia.



Además, calculan las ganancias de energía por exposición al soleamiento de las fachadas, cubiertas y vidrios, con lo cual se puede saber qué ganancias de energía va a tener el edificio dependiendo de los materiales que compongan el cerramiento y se puede ir jugando con varias estrategias y combinaciones hasta conseguir lo que se busca.

**Figura 39.**  
Balance energético de una vivienda con PHPP.



### 6.1.2 // La Orientación

Una buena orientación es fundamental para partir de unas condiciones favorables a la hora de disminuir la demanda de energía de un edificio.

La captación solar es fundamental en climas fríos con inviernos largos y el diseño pasivo orientado a conseguir la mayor captación de energía solar es fundamental., y es que, sin duda, la mejor calefacción es la solar.

La secuencia óptima del aprovechamiento de la energía solar sería el siguiente:

- ▶ **Captación:** Huecos a sur para captar el calor del Sol.
- ▶ **Acumulación:** Acumulación a través de la inercia térmica.
- ▶ **Aislamiento:** Edificios “termo” que no pierdan la energía captada.
- ▶ **Distribución:** Distribución dentro del edificio.

Lógicamente estas estrategias son las más adecuadas para un clima frío en el hemisferio Norte. La orientación sur es la que más captación solar tiene en invierno y es la más fácil de proteger frente al sobrecalentamiento en verano.

**Figura 40.**  
Máxima captación solar a través de la envolvente.  
Edificio ganador Solar Decathlon 2012



Pero como ya decíamos al principio, el estudio de la climatología del lugar es fundamental para el diseño pasivo y hay que estudiar en cada caso cual es la orientación óptima según lo que queramos conseguir.

### 6.1.3 // Las Protecciones Solares

La radiación solar que es fuente pasiva de energía para los edificios, es una ventaja que en verano se convierte en un inconveniente. Hay que optimizar las dimensiones de los huecos, para conseguir la máxima captación solar en invierno y minimizar el sobrecalentamiento en verano.

**Figura 41.**  
Diferentes tipos de protecciones solares.



Hay muchos tipos de protecciones solares, pero quizá las más adecuadas son las protecciones móviles, ya que son más adaptables al clima y al cambio de radiación durante el año. Hay días en primavera y otoño en los que interesará calentar el edificio a través de la radiación solar y otros donde un exceso de radiación podría producir sobrecalentamiento de los espacios interiores.

### 6.1.4 // La Compacidad

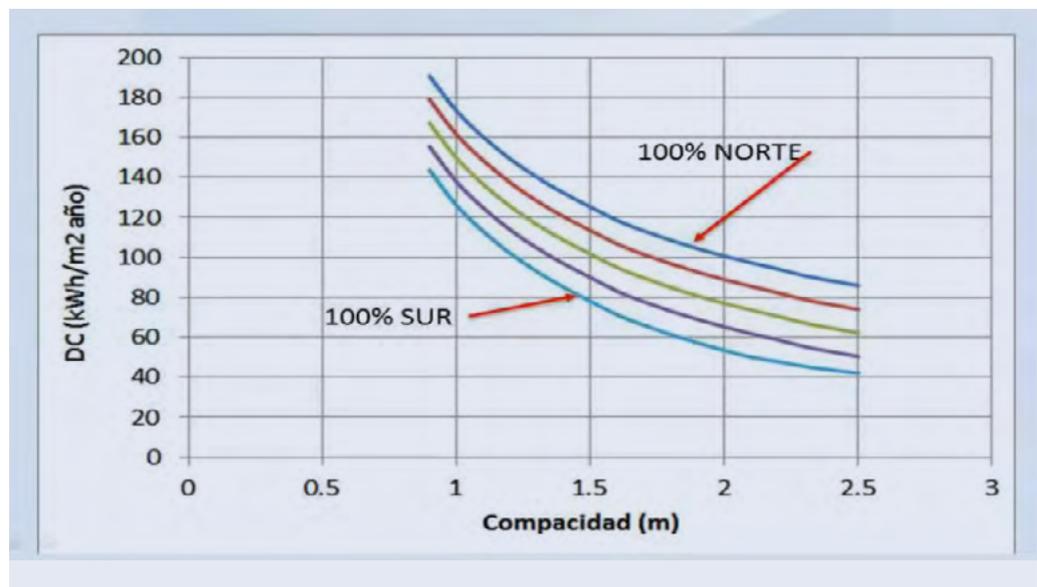
La compacidad se define como el cociente entre la superficie de la envolvente exterior y el volumen que encierra.

Los edificios de gran tamaño tienden a ser más compactos (0,2-0,5/m), un bloque de viviendas está en torno a unos valores de compacidad de 0,3-0,6/m y las viviendas unifamiliares son las que normalmente tienen valores de compacidad más bajos (entre 0,6 y 1/m).

En climas fríos, los edificios compactos tienen menores demandas de energía, ya que tienen una envolvente menor en relación con su volumen y, por consiguiente, a menos envolvente, menos pérdidas de energía. En climas cálidos con alta radiación solar quizá sí fuera necesario disminuir la compacidad y hacer edificios más extensos en planta, buscando que el propio edificio arroje sobre sí mismo sombras.

**Figura 42.**

Influencia de la compacidad en la demanda energética de una vivienda. Viviendas unifamiliares en Madrid. 25% superficie acristalada.

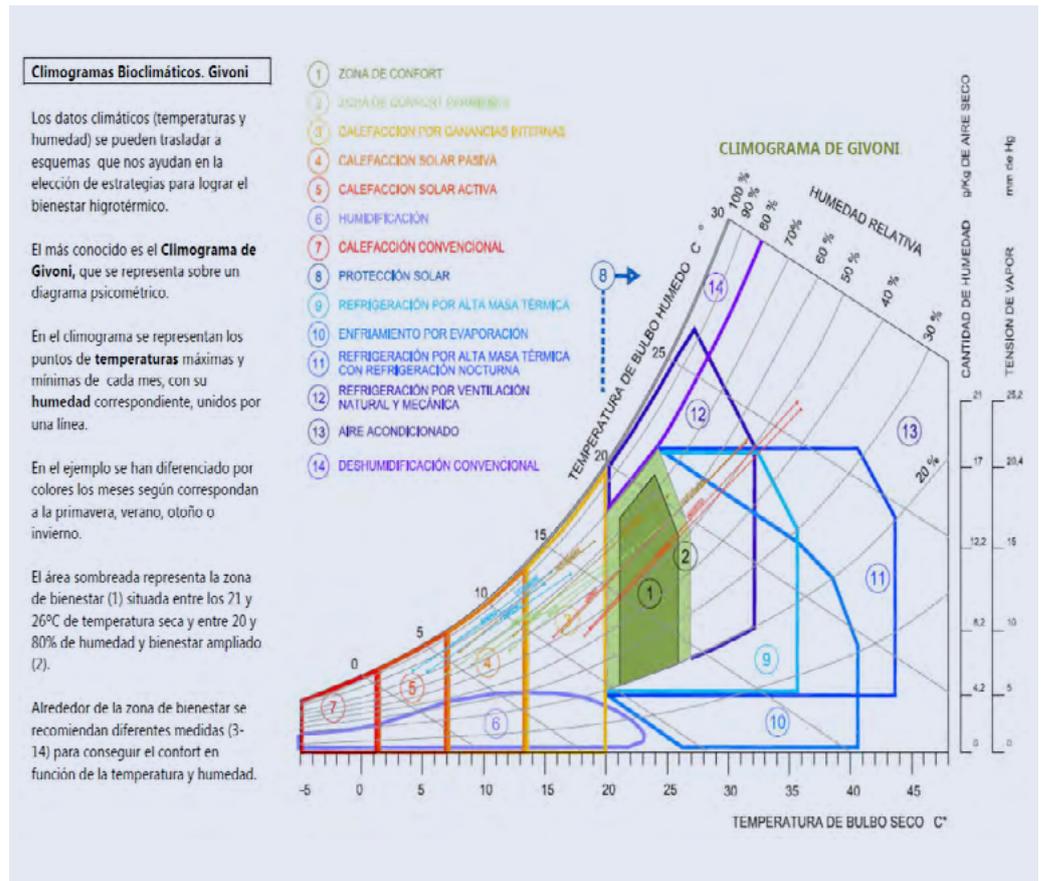


### 6.1.5 // El climograma de Givoni

El climograma de Givoni es un diagrama psicrométrico donde se representan de manera gráfica los datos climáticos (temperatura y humedad) para ayudar a ver con esquemas, cual es la elección de la mejor estrategia para lograr el confort y el bienestar higrotérmico.

En el climograma se ven representadas las temperaturas y la humedad correspondiente a cada mes. En sombreado se representa la zona de bienestar (punto 1 en la Figura 43) situada entre los 21 y los 26° de temperatura seca y entre 20 y 80% de humedad.

**Figura 43.**  
Climograma de Givoni.



En el climograma están representadas las diferentes estrategias pasivas más apropiadas:

3. Calefacción por ganancias internas
4. Calefacción solar pasiva
5. Calefacción solar activa
6. Humidificación
7. Calefacción convencional
8. Protección solar
9. Refrigeración por alta inercia térmica (10) Enfriamiento evaporativo
10. Enfriamiento evaporativo
11. Refrigeración por ventilación nocturna y alta masa térmica
12. Refrigeración por ventilación natural y mecánica
13. Aire acondicionado
14. Deshumidificación convencional

### 6.1.6 // La inercia térmica

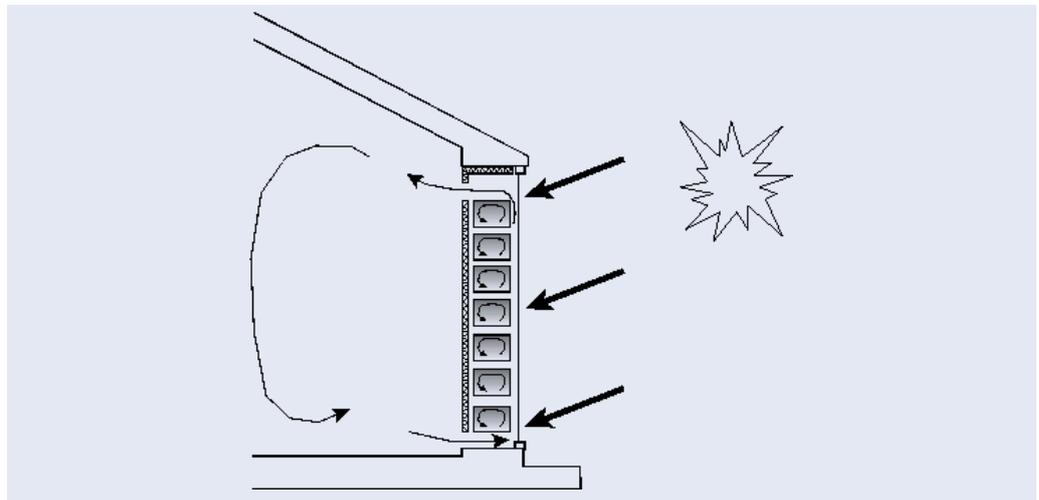
La inercia térmica es una propiedad que tiene la masa para acumular el calor por radiación solar y acumularlo en su interior para después irlo cediendo por convección poco a poco.

Un muro de inercia es un muro que, debido a su gran masa y espesor, puede servir de acumulador térmico, dando estabilidad térmica al edificio. El muro recibe una radiación solar durante el día que poco a poco va aumentando su temperatura superficial.

El aire interior está a una temperatura más baja que la temperatura superficial del muro, con lo que el muro va calentando el aire que está más próximo a él produciendo un leve movimiento de aire, el aire caliente interior sube dejando al aire frío en contacto con el muro, el muro calienta ese aire frío y así, poco a poco, se va cediendo todo el calor que ha acumulado hacia el interior.

**Figura 44.**

Muro de inercia.  
Muro de agua.  
Fuente: Wikipedia.



Hay muchos tipos de muros de inercia, dependiendo de sus materiales, hay muros de piedra, muros de adobe, muros de nido de abeja, muros de agua, etc. Incluso existen los denominados materiales de cambio de fase que permiten disponer de inercia térmica con un espesor reducido.

El funcionamiento de todos ellos es similar.

### 6.1.7 // Las cubiertas y fachadas vegetales

Una cubierta vegetal es una solución de cubierta invertida (aislamiento por encima de la lámina impermeable) con un acabado de tierra vegetal en el que se puede poner vegetación de bajo porte, normalmente vegetación autóctona, y que sea extensiva, que cubra fácilmente toda la cubierta y que no necesite mucha profundidad de terreno para las raíces.

**Figura 45.**  
Solución constructiva  
ubierta vegetal extensiva  
tipo.



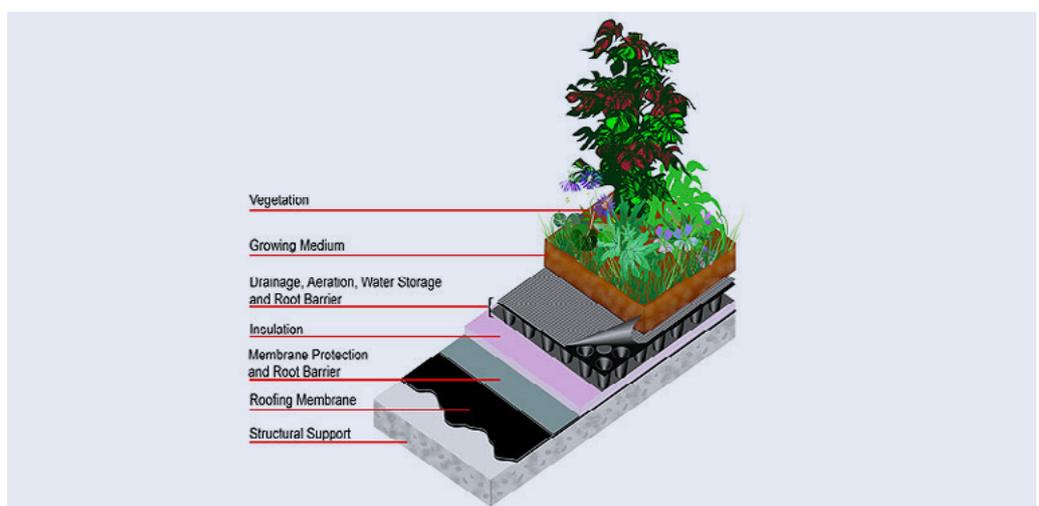
La solución de cubierta invertida vegetal contribuye a aumentar la inercia térmica de la cubierta, consiguiendo un mejor comportamiento bioclimático del edificio. Además, se recupera una buena parte de la vegetación que se ha perdido al construir el edificio.

La cubierta vegetal se contribuye a mejorar el comportamiento térmico del edificio ya que se aumenta la inercia térmica de la cubierta, con lo cual la cubierta en invierno amortigua la pérdida de calor del interior de la vivienda y en verano impide que se produzca un sobrecalentamiento instantáneo con la radiación solar directa (efecto isla de calor).

Al tener vegetación, las plantas limpian el aire, se disminuyen las emisiones de dióxido de carbono, con lo cual se mejora la huella energética del edificio.

Además, actúan como absorbentes acústicos reduciendo el impacto del ruido ambiente.

**Figura 46.**  
Solución constructiva  
cubierta vegetal extensiva  
tipo.



Se observa en el siguiente esquema la composición tipo de una cubierta vegetal. Se ve la posición del aislamiento por encima de la lámina impermeable y la capa de acabado vegetal al exterior. Entre la tierra vegetal y el aislamiento hay que colocar un geotextil para impedir que las raíces de las plantas crezcan demasiado y una capa de drenaje, para que, en caso de mucha lluvia, si el agua no es absorbida en su totalidad por la vegetación, se pueda acumular en esta capa y se pueda evacuar de la cubierta.

### 6.1.8 // Los Muros Trombe

Un Muro Trombe es un muro ciego, de gran inercia térmica, normalmente pintado de algún color oscuro, sobre el que se coloca una caja de vidrio para que absorba las radiaciones solares durante el día, produciéndose un sobrecalentamiento en la cámara de vidrio, que durante la noche se va cediendo poco a poco al interior de la vivienda para mejorar su temperatura interior.

En invierno, el aire del interior de la vivienda pasa por la caja de vidrio, donde por exposición a la radiación solar se produce un sobrecalentamiento y se aumenta la temperatura del aire devolviéndolo al interior de la vivienda con una temperatura superior.

**Figura 47.**  
Ejemplo de Muro  
Trombe en vivienda.

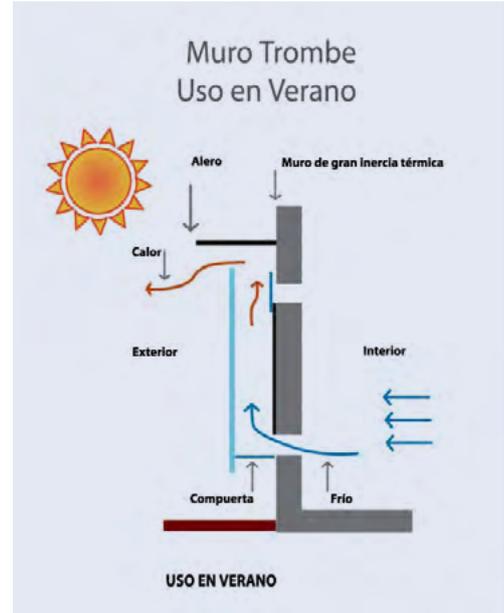
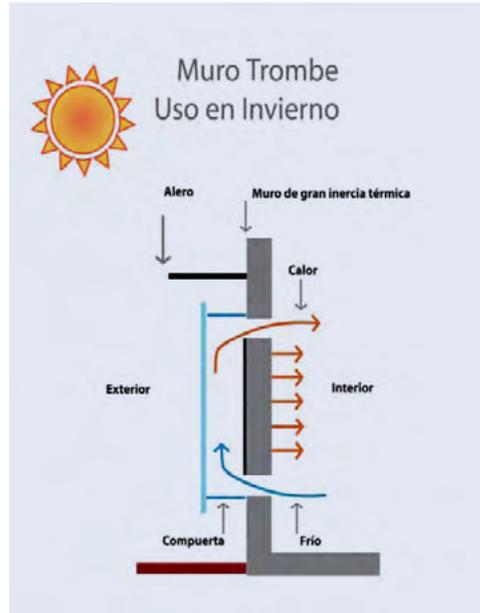


En verano, como el sobrecalentamiento no es favorable, conviene disponer de algún tipo de protección solar en la fachada y además que la caja de vidrio tenga algún sistema para que se produzca una ventilación natural de ese espacio, impidiendo que el calor entre al interior de la vivienda.

Se puede forzar una ventilación del aire interior a través de este espacio para forzar un pequeño movimiento del aire interior de la vivienda y que se vaya refrigerando poco a poco.

**Figura 48.**  
Comportamiento Muro Trombe en invierno.

**Figura 49.**  
Comportamiento Muro Trombe en verano.



### 6.1.9 // Los invernaderos y galerías acristaladas

Un invernadero es un espacio acristalado que se adosa a una construcción para mejorar su eficiencia energética.

El funcionamiento de un invernadero es conocido, la radiación solar incide en la superficie exterior de invernadero produciendo un sobrecalentamiento del aire contenido en el invernadero. Este aire caliente se puede introducir en el edificio para aumentar su temperatura en invierno y en verano conviene ventilarlo para evitar sobrecalentamientos.

**Figura 50.**  
Ejemplo de invernadero adosado a edificio de oficinas. Proyecto Silvia Martínez San Segundo.



Este tipo de soluciones son aconsejables en sitios con inviernos largos y fríos y veranos cortos, ya que es muy efectivo en invierno, pero penaliza mucho en verano. En verano hay que disponer de aleros y protecciones solares.

### 6.1.10 // Las chimeneas de ventilación y solares

La ventilación es la estrategia por excelencia para climas cálidos y húmedos. Se sustituye el aire interior sobrecalentado por aire exterior más fresco. Al aumentar la velocidad del aire forzando la ventilación, se reduce la sensación de calor interior. Existen ejemplos de estas soluciones, como:

- ▶ Los captadores de viento (Bagdir).
- ▶ Los captadores de viento con refrescamiento de aire (Bagdir con Qanat).
- ▶ Las chimeneas solares.

#### Los captadores de viento (Bagdir)

Los captadores de viento (bagdir en árabe) son unas torres de procedencia iraní que se usan para ventilar de forma natural un edificio.

**Figura 51.**

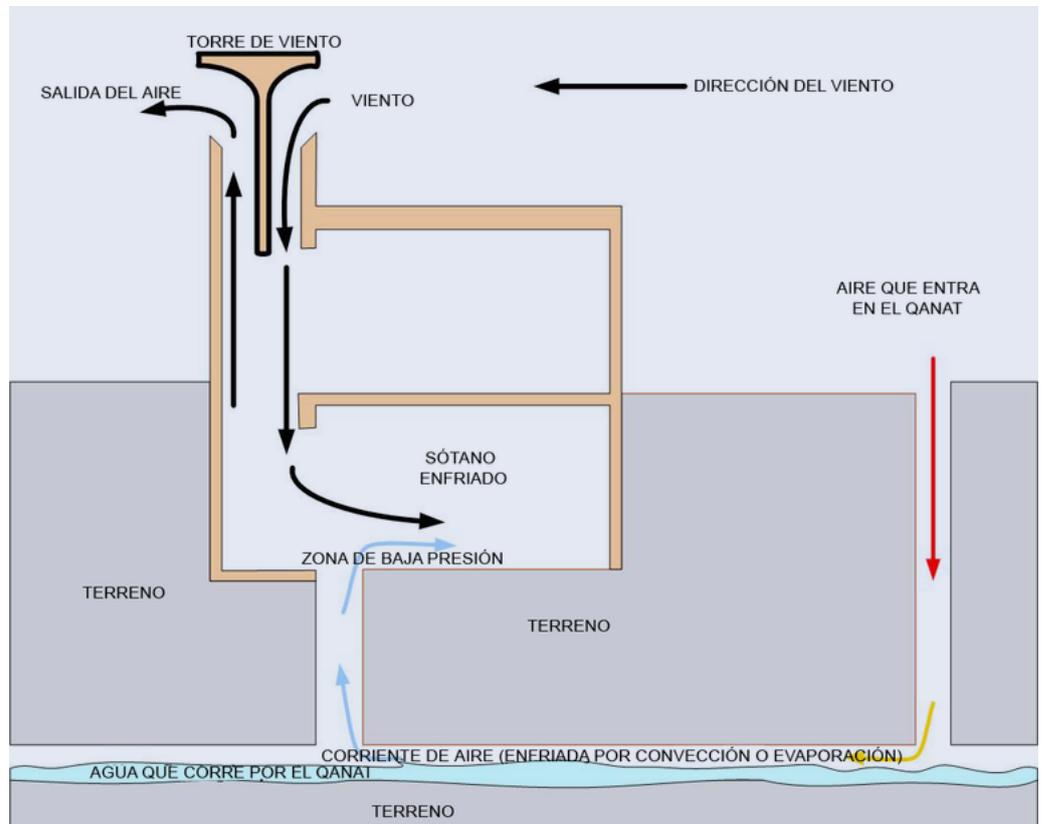
Torre captadora de viento (bagdir)  
Fuente: Wikipedia.



Su funcionamiento es muy sencillo, se trata de una torre alta adosada a la vivienda que tiene aberturas en la dirección de viento dominante en la zona y que produce una succión natural del aire interior de la vivienda.

## Los captadores de viento con refrescamiento de aire (Bagdir con Qanat)

**Figura 52.**  
 Refrescamiento pasivo.  
 Funcionamiento bagdir con qanat.  
 Fuente: Wikipedia.



Combinado con un refrescamiento previo del aire interior a través de una fuente de agua existente en el subsuelo, en árabe un QANAT, produce un refrescamiento y ventilación natural del aire interior de la vivienda climatizando el espacio de forma natural sin necesidad de refrescamiento activo en verano.

Si no se tuviera a mano un manantial subterráneo o una corriente de agua en el subsuelo, en España también se encuentran este tipo de soluciones tradicionales en viviendas con bodegas subterráneas.

Es esta una opción muy aconsejable en climas con veranos muy cálidos y secos.

### La Chimenea Solar

Las chimeneas solares son unas chimeneas altas pintadas de negro que durante el día a través de la exposición solar el aire de la chimenea se calienta produciendo un tiro forzado de aire (corriente ascendente) que succiona al aire del interior de la vivienda produciendo una ventilación natural.

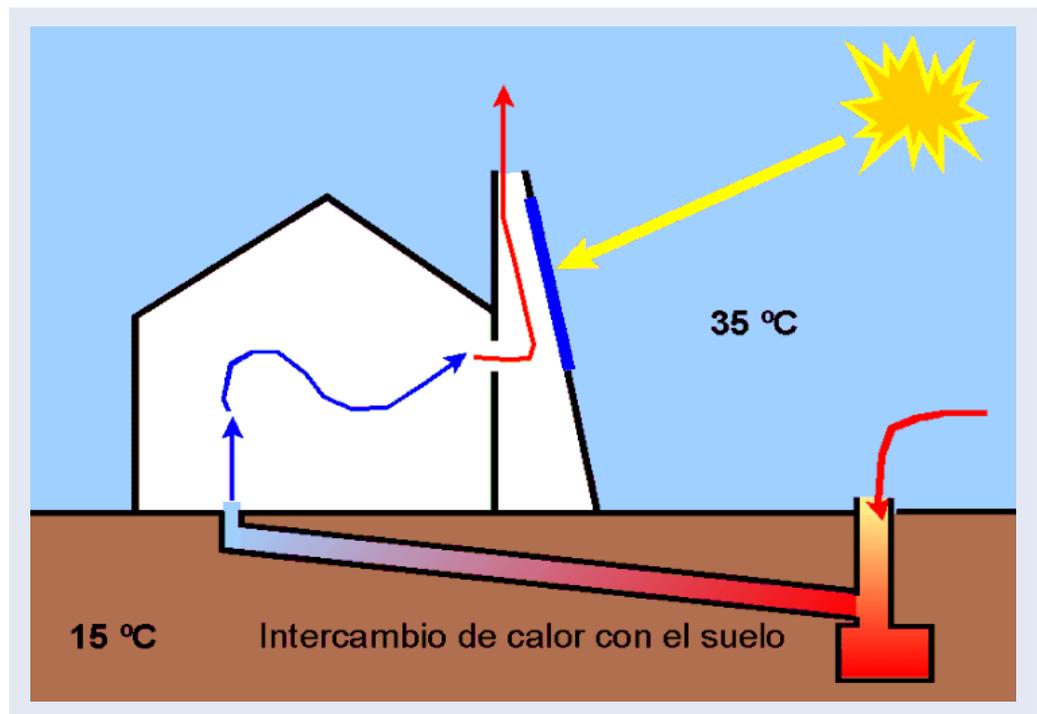
Para su diseño y dimensionado es muy importante tener en cuenta los vientos dominantes de la zona.

Los elementos básicos del diseño de una chimenea solar son:

- ▶ El área del colector solar: Esta superficie se puede situar en la parte superior de la chimenea o puede incluir el eje del tiro entero.
- ▶ La orientación, el tipo de pintura, el aislamiento y las características térmicas de este elemento son cruciales para captar, conservar y utilizar la energía solar.
- ▶ El eje principal de la ventilación: La localización, la altura, la sección representativa y las características térmicas de esta estructura son también muy importantes.
- ▶ Los orificios de entrada y salida: Las dimensiones, localización así como aspectos aerodinámicos de estos elementos son también significativos en el rendimiento.

Se puede conectar a un sistema de intercambiador de calor con el terreno para intentar usarla también en invierno y precalentar el aire interior de la vivienda ya que la temperatura del subsuelo es constante a lo largo de todo el año. Si está conectada a un intercambiador de calor, en verano serviría para refrescar el aire interior de la vivienda.

**Figura 53.**  
Ejemplo gráfico de funcionamiento de una chimenea solar.  
Fuente: Wikipedia.

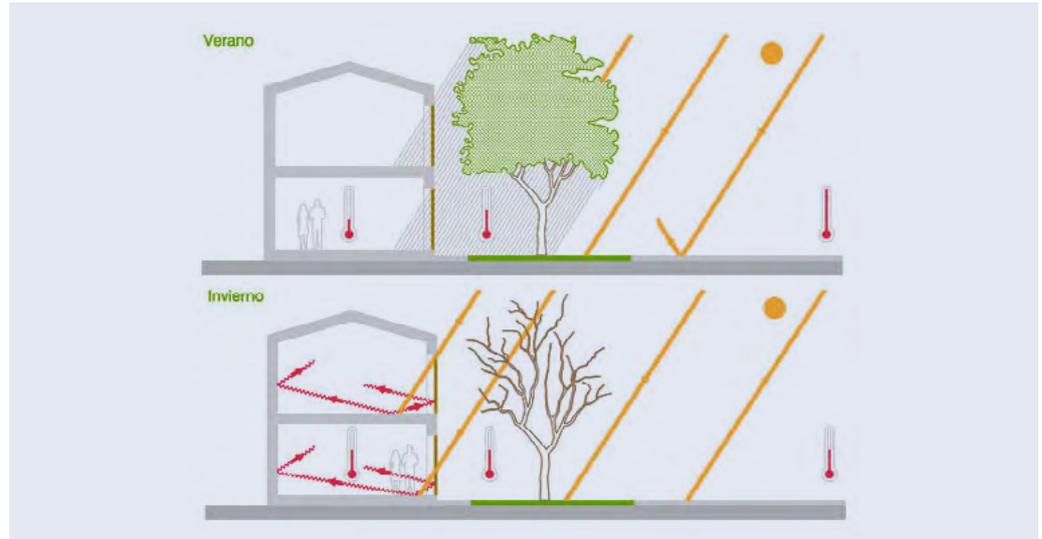


### 6.1.11 // La vegetación como regulador térmico

La Vegetación aporta protección contra viento, humectación natural de espacios, control solar.

Es conocida en la arquitectura tradicional el uso de vegetación como protección natural contra el sobrecalentamiento en verano, las enredaderas y parras delante de las viejas paredes y cubiertas de nuestra arquitectura tradicional.

**Figura 54.**  
Control solar mediante  
vegetación de hoja caduca.



La vegetación ayuda a mejorar el comportamiento bioclimático de un edificio. Si colocamos vegetación de hoja caduca delante de un edificio, en verano le protegerá del sol y en invierno dejará pasar la radiación solar para que incida en las fachadas mejorando su respuesta térmica.

**Figura 55.**  
Vegetación como protección  
a viento.



Sirve también de protección frente a los vientos dominantes, atenuando su influencia sobre las fachadas y cubierta del edificio. Asimismo, ayuda a controlar la humedad de una forma natural.

## 6.2 Soluciones Bioclimáticas

### 6.2.1 // Los cerramientos opacos

La envolvente térmica de un edificio tiene una parte opaca y una transparente. La opaca está formada por las cubiertas, fachada, suelos, tabiques y la transparente por los huecos de las ventanas o lucernarios.

#### Pérdidas de calor

En función de la época del año la vivienda pierde energía o la gana debido, a las condiciones climatológicas exteriores, de tal manera que esta se enfría o se calienta sin que podamos controlar este fenómeno natural.

Por esta razón las viviendas están dotadas de una envolvente que las protege de los agentes atmosféricos para poder conseguir una temperatura adecuada y poder proporcionar el confort necesario que permita a las personas realizar sus actividades de forma saludable.

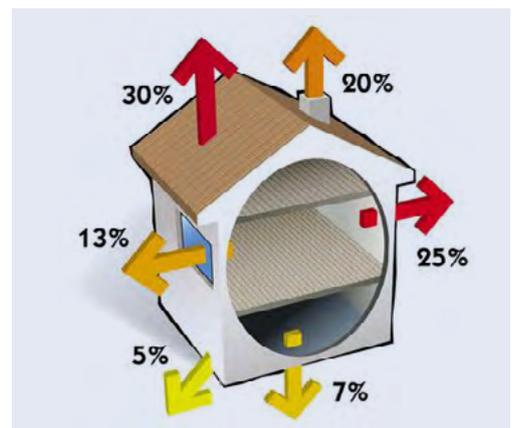
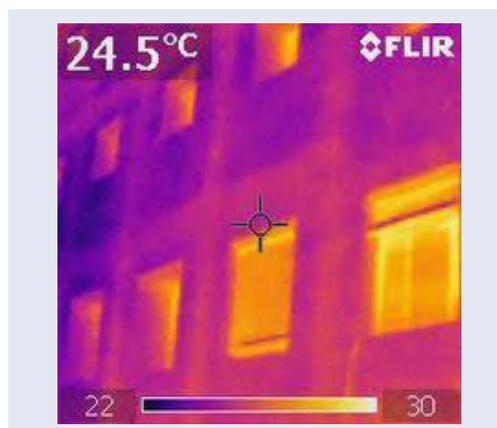
El calor que existe dentro de la vivienda pasa a través de los cerramientos hasta alcanzar el exterior.

Una de las medidas para ralentizar ese proceso es con una cantidad de aislamiento adecuado. También habría que vigilar los llamados puentes térmicos, la ventilación de los edificios de forma incontrolada y la estanqueidad.

Los cerramientos opacos están formados por una o varias capas de materiales. Las propiedades de esos materiales son las que influyen en el comportamiento térmico del edificio

**Figura 56.**  
Termografía de un edificio.  
Fuente: Wikipedia.

**Figura 57.**  
Flujos Térmicos de un edificio.  
Fuente: thermacoline.com.



## Conductividad térmica $\lambda$

La conductividad térmica es una propiedad que tienen aquellos materiales que cuentan con la capacidad de transmitir el calor. Esta capacidad se mide a través de la magnitud conocida como coeficiente de conductividad térmica, cuyas unidades en Sistema Internacional son W/(mK).

Dicho coeficiente expresa la cantidad de flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra de material, con caras planas y paralelas cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperatura de 1 K. El coeficiente de conductividad térmica varía con la humedad y la temperatura.

Un valor de coeficiente de conductividad térmica bajo significa que ese material es menos conductor, por lo que sus propiedades aislantes serán mejores

$$\lambda = QL / A\tau\Delta T$$

Donde:

- ▶ **Q** = Cantidad de calor transferida (J)
- ▶  **$\tau$**  = Unidad de tiempo (seg)
- ▶ **A** = Área superficial (m<sup>2</sup>)
- ▶ **L** = Grosor del material
- ▶  **$\Delta T$**  = Diferencia de temperatura (°C)

## Resistencia térmica

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica. Las unidades en Sistema Internacional es m<sup>2</sup>K/W.

$$R = e / \lambda$$

Donde:

- ▶ **e** = Espesor de la capa (m)
- ▶  **$\lambda$**  = Conductividad del material

La resistencia térmica total  $R_t$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{s_i} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{s_e}$$

Donde:

- ▶ **R1, R2... Rn** son las resistencias térmicas de cada capa [ $m^2K/W$ ];
- ▶ **Rsi y Rse** son las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2K/W$ ].

### Transmitancia térmica – Valor U:

La transmitancia térmica es la propiedad física de los materiales que mide la cantidad de energía que atraviesa un elemento en una unidad de tiempo, es decir, mide el calor que se pierde o se gana a través de un elemento y cuyas unidades en Sistema Internacional es  $W/m^2K$ .

$$U = 1/R_t$$

Donde:

- ▶ **Rt** = Resistencia térmica total del elemento constructivo

Cada capa del componente constructivo tiene una resistencia térmica que resulta del espesor y la inversa de la conductividad térmica del material respectivo.

La suma de ellas, junto con la suma de las resistencias de transferencia de calor en el interior y en el exterior, confieren la resistencia térmica  $R_t$  para la transmisión del componente de construcción.

El valor-U es la inversa de la Resistencia térmica de un elemento del edificio (muro, cubierta, ventanas, etc.):

**Figura 58.**  
Valores de Conductividad, Resistencia y Transmisión Térmicas.  
Fuente: www.afetuer.es

Concepto	Símbolo	Conclusión	
Conductividad térmica	Valor lambda $\lambda$	Cuanto más bajo sea el valor $\lambda$ , mejor será el aislamiento del material	
Resistencia térmica	Valor R	Cuanto más alto sea el valor R, mejor será el aislamiento	
Transmisión térmica	Valor U	Cuanto más bajo sea el valor U, mejor será el aislamiento	

## 6.2.2 // El aislamiento térmico

El aislamiento térmico es el conjunto de materiales y de técnicas de instalación de los mismos que se aplican en la construcción de viviendas para reducir la transmisión de calor hacia otros elementos o espacios no deseados. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura. Con el aislamiento térmico conseguimos minimizar las pérdidas de calor hacia el exterior de la vivienda en invierno, así como en verano, que entre calor en el edificio.

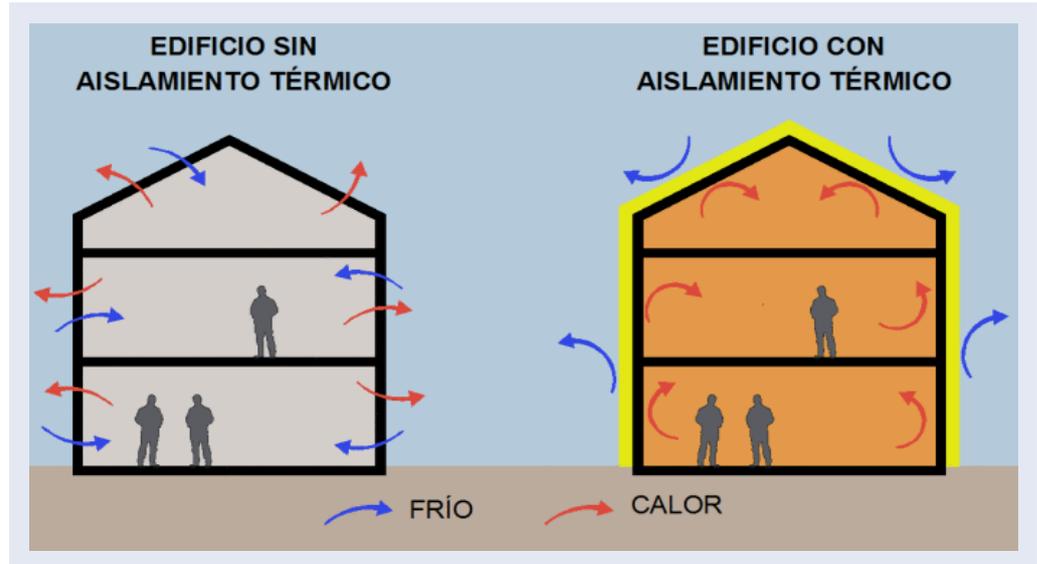
También es importante el aislamiento térmico en otros lugares que no tienen que ver con la construcción, como las cámaras frigoríficas, las tuberías de distribución de líquidos calientes o fríos, de hornos y calderas y en general de todos aquellos aparatos, elementos o espacios, en los que se utiliza energía y en los que se necesita mejorar la eficiencia en su consumo.

El aislamiento térmico es la primera, más barata y más efectiva medida para el ahorro energético y en las casas pasivas o Passivhaus es un elemento importantísimo.

Los materiales a utilizar son los aislantes térmicos que se caracterizan por su baja conductividad térmica.

**Figura 59.**

Comparativa entre edificios con y sin aislamiento térmico.  
Fuente:diansa.com



### Tipos de Aislamiento térmico

Aunque existen muchos aislantes, se pueden simplificar o englobar en tres tipos de materiales:

- ▶ **Fibrosos:** Se componen de filamentos con partículas pequeñas o de baja densidad. Se colocan como relleno en aberturas o como cobertores en forma de tablas o mantas. Tienen una porosidad muy alta de alrededor del 90%. Se usan, en función de la temperatura; la fibra de vidrio para temperaturas hasta 200°C, la lana mineral hasta 700°C y las fibras de alúmina o sílice entre 700 y 1700°C.
- ▶ **Celulares:** Son materiales que se conforman en celdas cerradas o abiertas, por lo general formando tableros rígidos o flexibles, aunque también se pueden conformar in situ por proyección o riego. Sus ventajas son; su baja densidad, baja capacidad de calentamiento y resistencia a la compresión aceptable. Los más usados son el poliuretano y el poliestireno expandido.
- ▶ **Granulares:** Son pequeñas partículas de materiales inorgánicos aglomeradas en formas prefabricadas o utilizadas sueltas, como la perlita y la vermiculita.

## Familias de materiales aislantes térmicos legalmente válidos en Europa

- ▶ Lana mineral (lana de roca), según la norma EN 13162.
- ▶ Poliestireno expandido, según la norma EN 13163.
- ▶ Poliestireno extruido, según la norma EN 13164.
- ▶ Espuma de poliuretano, de acuerdo con la norma EN 13165.
- ▶ Espuma de resina fenólica, de acuerdo con la norma EN 13166.
- ▶ Espuma de vidrio (lana de vidrio), según la norma EN 13167.
- ▶ Losas de lana de madera, según la norma EN 13168 (Holzwolle-Leichtbauplatte).
- ▶ Corcho expandido según EN 13170.
- ▶ Fibras de la madera según la norma EN 13171 (Wood wool).

**Figura 60.**

Distintos tipos de aislamiento térmico.

Fuentes: [bricomart.es/](http://bricomart.es/)  
[aislaciones-termicas.com/](http://aislaciones-termicas.com/)  
[leroymerlin.es/archiproducts.com](http://leroymerlin.es/archiproducts.com)



## Cómo elegir el aislante térmico adecuado

A la hora de seleccionar el material, la propiedad principal a tener en cuenta, es la conductividad, pero no hay que olvidar: la densidad, la estabilidad química, la rigidez estructural, la degradación y lógicamente el costo, que son fundamentales para que el material pueda culminar la función para la que se instaló.

Muchos materiales pierden entre el 20% y el 5% de su calidad aislante durante el primer año de uso.

En los materiales que absorben humedad, aumenta considerablemente su conductividad y pierden, o cuando menos disminuye, su funcionalidad. Los aislantes sueltos pueden apelmazarse. Todo ello hace, que al seleccionar un aislante haya que fijarse atentamente en sus propiedades, las cuales deben de estar reflejadas en la documentación que el fabricante debe, preceptivamente, acompañar al material y que son:

- ▶ **Conductividad:** Expresada en  $W/(m.K)$ . Tendrá que estar indicada la temperatura para la que es válido el valor de conductividad indicado, ya que ésta es variable con la temperatura. También es variable con la humedad, por lo que se supone que el valor dado se refiere al material seco.
- ▶ **Permeabilidad:** Expresada en  $g/(m.s.Pa)$ . Algunos materiales pueden incorporar barreras de vapor.

- ▶ **Densidad aparente:** Expresada en  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Si el material tiene un espesor fijo, puede indicarse en  $\text{kg}/\text{m}^2$ .
- ▶ **Capacidad calorífica:** No es necesario en caso de transmisión de calor en régimen estacionario, pero es importante para casos de análisis de comportamiento del aislante durante un tiempo.
- ▶ **Propiedades mecánicas:** Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y coeficiente de dilatación térmica.
- ▶ **Absorción de agua:** Puede expresarse en % de volumen de agua por volumen de material. Es importante, porque la humedad hace variar valores como; la conductividad, la densidad y la capacidad calorífica.
- ▶ **Intervalo de temperaturas:** Ver si hay degradación de algún tipo a partir de determinadas temperaturas.
- ▶ **Comportamiento químico:** Con el paso del tiempo pueden liberarse algunos compuestos químicos que pueden ser nocivos en algún aspecto.
- ▶ **Estabilidad:** Frente al fuego, a los agentes químicos y a los microorganismos.
- ▶ **Datos económicos:** Tiempo de vida del material, facilidad de instalación, coste unitario. etc.

A la vista de estas propiedades, se selecciona el más idóneo y se procede al cálculo del espesor óptimo para conseguir la mejor relación costo/ahorro energético.

El aislamiento puede ser instalado en una serie de formas:

#### No estructurales:

- ▶ Placas: Por ejemplo, fibra de vidrio, lana mineral, placa de vermiculita exfolida, poliestireno expandido (EPS), o poliestireno extruido (XPS).
- ▶ Mantas: Por ejemplo, fibra de vidrio.
- ▶ Granulados: Por ejemplo, celulosa, vermiculita, perlita, o poliestireno expandido (EPS).
- ▶ Spray espumas: Por ejemplo, polisocianurato, poliuretano.

#### Estructurales:

- ▶ Paneles rígidos.
- ▶ Estructurados y grupos especiales.
- ▶ Fardos de paja.

El aislamiento en placas es el más común en este momento, aunque por lo general puede permitir la transferencia de más calor que otras opciones. Hay otras opciones que sirven mejor para sellar cavidades en la pared por completo. Las placas pueden reducir la pérdida de calor a través de muros, vigas y otras debidas a puentes térmicos por conducción.

## El aislamiento térmico en la edificación

En el momento presente, dada la situación de la energía en el mundo, el ahorro de energía es una de las preocupaciones principales de cualquier país desarrollado.

En España, el consumo de energía se distribuye entre un 25% para el sector industrial, un 40% en transportes, un 19% en sector doméstico y un 16% agricultura, servicios y otros.

El sector doméstico supone un 19% de la energía total consumida, y de él un 68% corresponde a calefacción y Agua caliente sanitaria, lo que supuso 15.015 kTep en el año 2014, o lo que es lo mismo, 175 mil millones de kWh .

Un pequeño ahorro en este concepto supone una gran cantidad de energía. De ahí que el Plan Energético Nacional prevea y obligue a una serie de medidas de ahorro, de las cuales, la primera es el aislamiento térmico de los edificios.

En este sentido, el Código Técnico de la Edificación, contiene el documento básico DB-HE1 en el que se recogen las condiciones y los métodos para limitar la demanda energética del edificio y con ella el consumo energético.

Para ello, la norma establece los valores límite que deben tener las transmitancias de cada cerramiento que forma la envolvente del edificio, en función de la zona climática en la que se asienta el edificio.

Por otra parte, las instalaciones de calefacción, climatización y ACS, están reguladas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) , cuya instrucción técnica IT 1 en su apartado 1.2.4.2 sobre aislamiento térmico recoge las características que debe cumplir el aislamiento de tuberías, conductos y aparatos con fluidos calientes, en función de su temperatura, así como remite a la norma UNE-EN-ISO 12441 para el cálculo de los correspondientes espesores.

### 6.2.3 // El aislamiento acústico

El aislamiento acústico es el conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio.

Se suele lograr aislando correctamente las paredes e instalando un triple acristalamiento en las ventanas.

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida.

### Factores que intervienen en un buen aislamiento acústico

Existen diversos factores básicos que intervienen para la consecución de un buen aislamiento acústico:

- ▶ **Factor másico:** El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.
- ▶ **Factor multicapa:** Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda.
- ▶ **Factor de disipación:** También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad ( $30 \text{ kg/m}^3 - 70 \text{ kg/m}^3$ ) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. Un buen ejemplo de material absorbente es la lana de roca, actualmente el más utilizado en este tipo de construcciones.

**Figura 61.**

Aislamiento acústico en muro.  
Fuente: [pladur-barcelona.es](http://pladur-barcelona.es)

**Figura 62.**

Aislamiento acústico en ventana.  
Fuente: [iberlum.com](http://iberlum.com)



La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos, aunque estas técnicas pertenecen más propiamente al ámbito de la acústica.

Las soluciones de aislamiento acústico se diseñan teniendo en consideración los factores másicos, multicapa y de disipación, entre otras.

### Fenómenos acústicos

- ▶ **Transmisión del ruido de impacto:** Este el ruido que se genera cuando un medio físico vibra como consecuencia de las ondas producidas por el impacto de algún material contra otro.
- ▶ **Transmisión del ruido aéreo:** Es el proceso de propagación de las ondas sonoras ruidosas desde un espacio a otro a través del aire.

- ▶ **La reflexión:** Ocurre cuando una onda sonora rebota sobre una superficie, produciendo el aumento del ruido debido a la sumatoria que proporciona el impacto de las ondas sobre paredes, techos pisos produciendo así, niveles de ruido muy incómodos.

## 6.2.4 // La hermeticidad

### La importancia de la estanqueidad de un edificio

La envolvente de una vivienda o edificio debe impedir el paso incontrolado de aire.

Muchas veces oímos decir que las juntas mal selladas son necesarias para poder mejorar la ventilación de un edificio, pero esta afirmación no es cierta. Es idóneo que la vivienda ventile, pero es preferible que sea de una manera controlada.

Una buena estanqueidad previene de:

- ▶ Condensaciones en el edificio.
- ▶ Posible penetración de agua exterior por las juntas.
- ▶ Aparición de moho y otras patologías, que además pueden hacer enfermar al edificio y estropear el aislamiento.
- ▶ Entrada de sustancias dañinas en el interior.
- ▶ Corrientes de aire en el interior de la vivienda.

Una buena estanqueidad asegura el efecto aislante de los componentes del edificio.

Por todo lo anterior, no hay que confiar en las juntas mal selladas para ventilar un edificio o vivienda y mucho menos donde la renovación del aire está controlada por un equipo de ventilación mecánica. La existencia de rendijas en la envolvente provoca una descompensación en el sistema de ventilación con corrientes de aire que pueden afectar a la confortabilidad en el interior y a la eficiencia energética de la vivienda.

**Figura 63.**  
Detalle de hermeticidad.  
Fuente: zero6.es



## Ser estanco no es lo mismo que estar bien aislado

A veces se confunde estanqueidad al aire con aislamiento térmico y aunque ambas propiedades son importantes para la envolvente del edificio, no son conceptos iguales y por lo general tienen que ser analizadas de forma independiente una de la otra.

Un buen espesor de aislamiento generalmente no suele ser hermético, aunque sea un aislamiento de gran calidad y un material que es hermético no es necesariamente un buen aislamiento térmico.

La hermeticidad al aire es un requisito muy importante para la construcción de un edificio de energía casi nulo, pero debe de ir acompañado de un buen aislamiento.

Por lo tanto un buen resultado en un test de hermeticidad al aire (Blower-Door) es importante, pero no es suficiente.

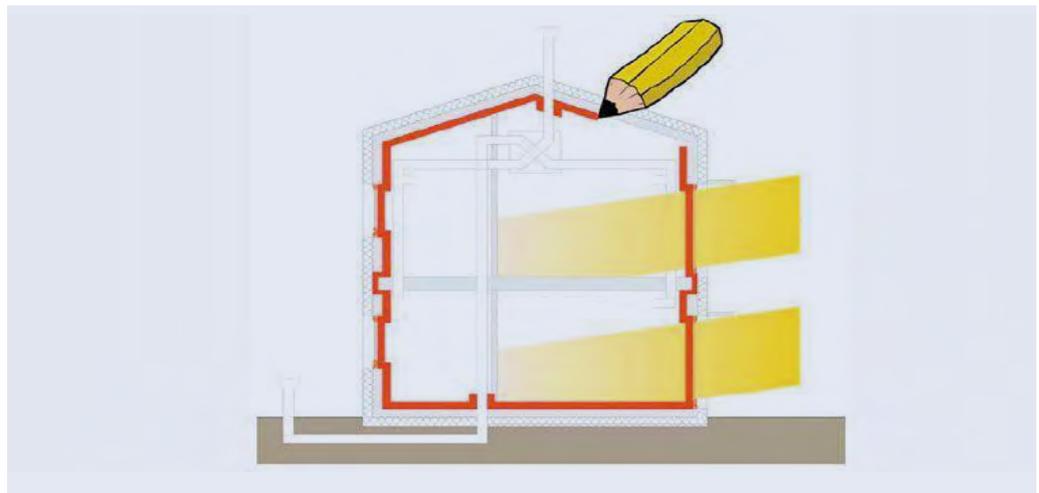
Los principios de la construcción estanca en la fase de proyecto

La envolvente del edificio, para que esté bien ejecutada tendría que ser dibujada con un lápiz sin interrupciones en cada sección, tanto vertical como horizontalmente. Es el principio más importante para el diseño hermético, también llamada la “regla del lápiz”.

**Figura 64.**

El diseño de la construcción estanca.

Fuente: [jmestudio.es](http://jmestudio.es)



Al hacerlo de esta manera, encontramos los puntos débiles que pueden poner en peligro la hermeticidad del edificio. Sólo lo que es cuidadosamente diseñado puede ser posteriormente bien ejecutado, con control y con rigor.

Para diseñar correctamente la capa de estanqueidad de un edificio y garantizar la hermeticidad del conjunto la capa de la estanqueidad debería de ser única, además habría que tener en cuenta lo siguiente:

- ▶ Decidir dónde debería estar la capa hermética.
- ▶ Evitar penetraciones.
- ▶ Comprobar su continuidad.
- ▶ Definir los materiales y las uniones.
- ▶ Hacer detalles constructivos de las uniones.

## Fase de obra

Los problemas más frecuentes de la estanqueidad al aire en obra son:

- ▶ Los pasos de conexiones de la pared en las estructuras de madera.
- ▶ La continuidad de la barrera de vapor en la construcción de madera o en la albañilería.
- ▶ Las juntas de la barrera de vapor, su continuidad y superposición.
- ▶ Los cabios a la vista de un tejado.
- ▶ Las conexiones de la pared con el forjado.
- ▶ La colocación de ventanas y los marcos de las ventanas.
- ▶ Las salidas de instalaciones en la cubierta (lucernarios, chimeneas, etc.).
- ▶ Las cajas de contraventanas y las cajas de persianas.

Las penetraciones, habitaciones o huecos sin calefactar contemplados en la estética del proyecto.

**Figura 65.**

Detalle para prueba de estanqueidad en laboratorio.  
Fuente: [zero6.es](http://zero6.es)



**Figura 66.**

Preparación de Ensayo de Presurización.  
Fuente: [blogbiohaus.wordpress.com](http://blogbiohaus.wordpress.com)



## Test de presurización o blower door

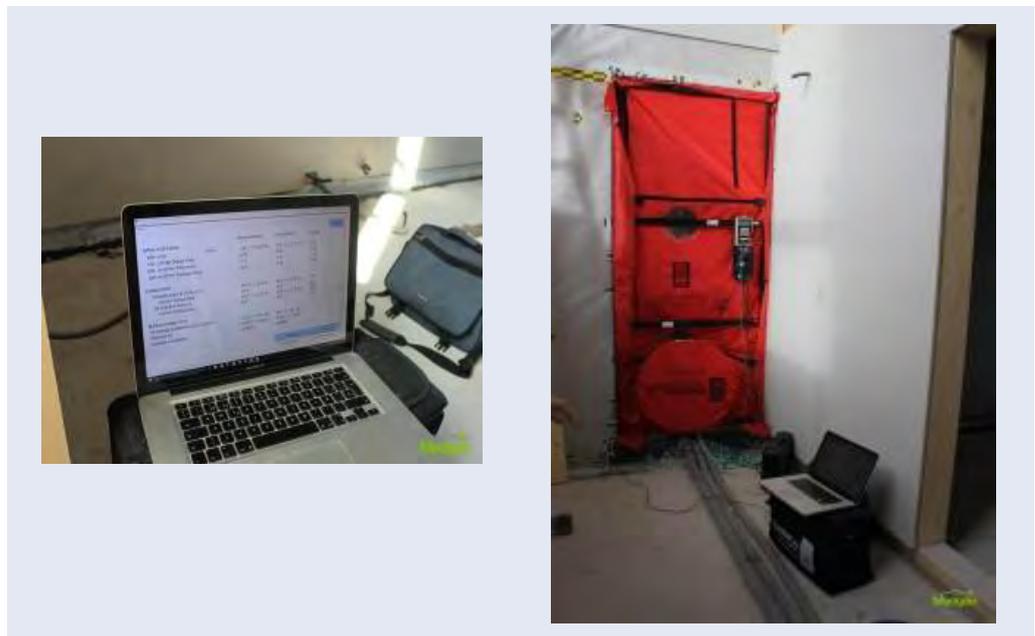
Cuando la obra se está ejecutando, una herramienta importante para comprobar que la hermeticidad se está realizando correctamente es el test blower door.

Este es el método más utilizado a nivel mundial para analizar y controlar el nivel de infiltraciones de un edificio. Su ejecución se regula mediante la norma UNE-EN 13829. Al finalizar el ensayo se obtiene la tasa de infiltración del edificio o n50, renovaciones/hora a 50 Pa de presión. Este es el dato que se utiliza para evaluar y comparar la estanqueidad de la vivienda analizada.

En España no existe normativa de obligado cumplimiento respecto a nivel de estanqueidad de los edificios de viviendas. En la última actualización del Código Técnico de Edificación (CTE) en su Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) de 2013, se indica que para calcular la demanda energética de los edificios se deberán considerar las pérdidas por ventilación e infiltraciones no deseadas, pero no se establece ningún límite.

No obstante, en el manual de referencia de Calener GT (Manual de referencia Calener Gran Terciario, pag. 102), programa acreditado para la calificación energética de edificios, se hace referencia al standard prEN 13790:1999 donde se definen los siguientes niveles de estanqueidad en función del tipo de edificio, en renovaciones a la hora a 50 Pa de presión o ACH50.

**Figura 67.**  
Realización de Ensayo  
Blower Test.  
Fuente: [blogbiohaus.wordpress.com](http://blogbiohaus.wordpress.com)



Nivel de Estanqueidad	Viviendas Unifamiliares	Viviendas Plurifamiliares
Alto	<4	>2
Medio	4 - 10	2 - 5
Bajo	>	>

Este sistema de medición permite la detección de infiltraciones y la comprobación del grado de estanqueidad de la envolvente exterior de los edificios. Su empleo es importante por motivos energéticos, de confort y de salubridad:

- ▶ Debido a la presencia de infiltraciones el aire caliente fluye hacia el exterior, lo cual implica un elevado coste energético.
- ▶ Dicho aire transporta humedad, con lo cual al enfriarse en la cara exterior de la envolvente se condensa y puede causar daños.
- ▶ Utilizándolo se evita la entrada de corrientes de aire frío, logrando aumentar el confort de la vivienda.
- ▶ También se favorece la salubridad al impedir la entrada de partículas de polvo.

El test BlowerDoor se utiliza desde 1989 en Alemania para llevar a cabo mediciones de estanqueidad y hoy es uno de los más empleados a nivel mundial.

El test BlowerDoor consiste en colocar en una puerta o ventana un ventilador que extrae el aire del interior del edificio, al mismo tiempo que el aire exterior penetra a través de las infiltraciones. Durante el proceso se va tomando mediciones de los valores de infiltraciones que se producen. Es obligatorio que el resto de puertas exteriores y ventanas deben permanecer cerradas mientras que las interiores permanecerán abiertas.

**Figura 68.**  
Esquema de Ensayo  
Blower Test.  
Fuente: lewisinsulation.com



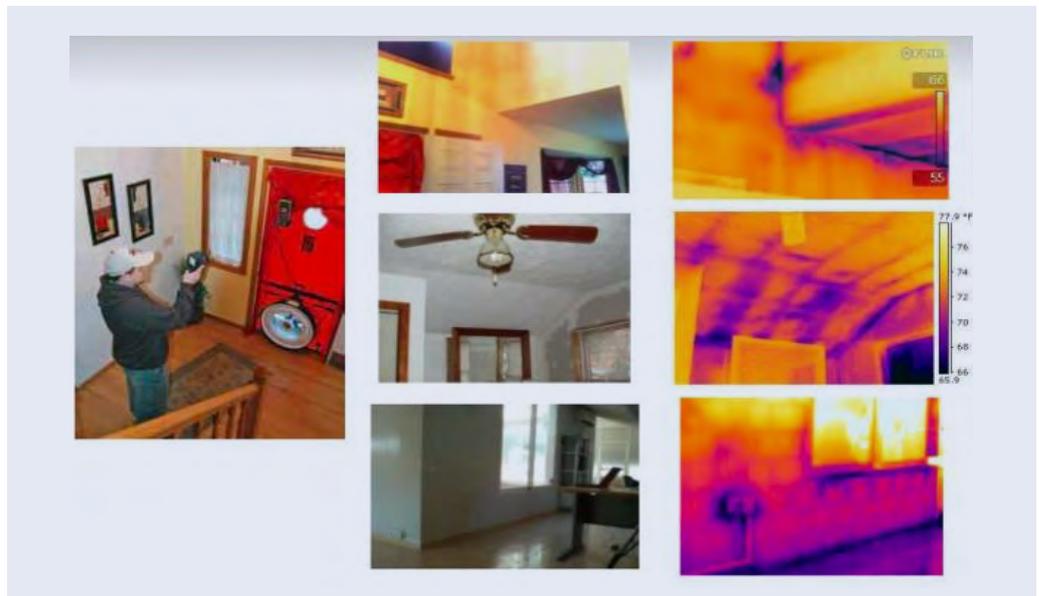
Para detectar con precisión las infiltraciones se puede recurrir durante la despresurización generada por el equipo BlowerDoor a la realización de una inspección de la envolvente del edificio para lo cual se puede contar con la ayuda de:

- ▶ **Anemómetros:** Permiten examinar todas las conexiones, juntas y penetraciones para detectar infiltraciones y determinar la temperatura y la velocidad del aire que accede a través de las mismas.
- ▶ **Generadores de humo:** Ideales para visualizar infiltraciones de compleja trayectoria.
- ▶ **Termografía infrarroja:** la utilización conjunta de la termografía infrarroja y el test BlowerDoor permite la detección de infiltraciones complejas de manera rápida y sencilla.

**Figura 69.**

Detalles de Ensayo Blower Test: interior y apoyo de termografía.

Fuente: [es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)



**Figura 70.**

Comprobación con generador de humo en ensayo Blower Test.

Fuente: [ctarquitectura.es](http://ctarquitectura.es)



## 6.2.5 // Los huecos. Puertas y ventanas

Los huecos, por su propio concepto de elemento de apertura, son las zonas de cerramiento más sensibles a las pérdidas de temperatura y de estanqueidad de un cerramiento.

Para su diseño y colocación hay que tener en cuenta que hay que asegurar, paralelamente a sus sistemas de apertura, que cuando están cerrados no mermen las características de la envolvente, funcionando como un elemento aislante del exterior, como la parte opaca del cerramiento, con la característica especial de permitir el paso de la luz solar.

Hay que tener en cuenta que, por su funcionalidad, las características de los materiales de los que están compuestos estos elementos (vidrios y carpinterías) y los sistemas de cierre y ajuste, implican un importante desarrollo tecnológico.

Los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de proyectar y colocar una ventana son el confort, la salubridad, el aislamiento térmico, la estanqueidad y el control lumínico o solar.

### **Confort:**

Por cuestiones de confort, la temperatura superficial mínima de la carpintería puede variar en un máximo de 4,2°C respecto de la temperatura ambiente interior. Una mayor diferencia, además de la lógica pérdida de calor, produce pequeñas corrientes descendentes de aire frío interior y un sensible diferencial de temperatura en zonas cercanas a los huecos, incluso dentro de una misma estancia.

### **Salubridad:**

De la misma manera, una gran diferencia entre la temperatura superficial de los elementos que forman el hueco y la temperatura del aire interior puede, dependiendo de la humedad relativa de ese aire interior, provocar la aparición de humedad por condensación en las superficies interiores de los huecos.

Por otro lado, la normativa actual exige el mantenimiento de una alta calidad del aire interior mediante caudales mínimos de ventilación del aire exterior. Esta exigencia, que implica el tratamiento de los huecos como aberturas de admisión, es contradictoria con la exigencia de ahorro de energía en la que se enmarcan los edificios de consumo de energía casi nulo.

El cumplimiento de las exigencias de ahorro de energía implica que los huecos deben tratarse como elementos estancos y que las exigencias de salubridad, en cuanto a la calidad del aire interior, deben abordarse mediante sistemas independientes de ventilación con intercambio de calor.

### **Estanqueidad:**

En base a su permeabilidad, las carpinterías de huecos se clasifican de la siguiente manera, según la norma UNE EN 12207:

**Tabla 7.**  
Clasificación de las  
carpinterías de huecos

Clase	Permeabilidad al aire 100 Pa (46km/h) ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ )	Presión máxima de ensayo Pa (km/h)
0	Sin ensayar	Sin ensayar
1	$\leq 50$	150 Pa (56 km/h)
2	$\leq 27$	300 Pa (80 km/h)
3	$\leq 9$	600 Pa (113 km/h)
4	$\leq 3$	600 Pa (113 km/h)

Para alcanzar las exigencias de consumo energético para edificios de consumo de energía casi nulo es imprescindible asegurar la máxima estanqueidad posible de toda la envolvente, como ya se ha apuntado, por lo que la permeabilidad de los elementos que forman los huecos deberá ser la mínima posible.

Por tanto, en este tipo de edificios se deberá tender a la utilización de carpinterías de clase 4.

Pero además de tener en cuenta la clase de la carpintería, es importante tener acceso a los datos de los ensayos, ya que dentro de una misma clase los resultados pueden ser muy dispares. Así, dentro de la clase 4 existen en el mercado sistemas con permeabilidad cercana a  $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  y con permeabilidad de  $0,50 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  e incluso cercana a  $0,10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ , lo cual quiere decir que dentro de una misma clase se encuentran sistemas con una permeabilidad 6 e incluso 30 veces inferior que otras.

### Aislamiento térmico y control solar:

El parámetro más importante a la hora de elegir un elemento de cerramiento en huecos es el aislamiento térmico del conjunto.

En primer lugar, hay que tener en cuenta los dos elementos principales que conforman el hueco:

- ▶ El acristalamiento.
- ▶ El marco.

### Características del acristalamiento:

El acristalamiento es la parte transparente o traslúcida del hueco, y está formado por varias capas de vidrio, materiales plásticos y/o gases, que le dotan de las características exigidas en cada caso. En lo referente a los edificios de consumo de energía casi nulo, las características que hay que tener en cuenta a la hora de elegir un acristalamiento son transmitancia térmica y el factor solar, definidas por las siguientes unidades:

#### Valor $U_g$ :

El valor- $U_g$  (transmitancia del acristalamiento) indica la pérdida de calor por transmisión de un acristalamiento.

#### Valor g:

La transmisión total de energía (valor-g) o factor solar del acristalamiento describe el porcentaje de energía solar que atraviesa un acristalamiento hacia el interior, en forma de relación entre la energía que atraviesa el vidrio y la energía solar que incide en el vidrio.

Dependiendo de las necesidades de transmitancia y de control solar, que varían según las características climáticas y la orientación y protección de los huecos, el conjunto del acristalamiento estará formado por capas con características específicas.

Además de los tipos de acristalamiento con características térmicas, existen otros factores que no son objeto de este documento, como son el aislamiento acústico o la seguridad. Estos factores son en muchos casos complementarios a los descritos anteriormente y son muy importantes a la hora de elegir la composición de un acristalamiento en particular.

### Características del marco:

El marco representa aproximadamente el 30% de la superficie total del hueco, aunque este porcentaje depende del tamaño del hueco, del material y del diseño específico del conjunto.

Las características principales a tener en cuenta a la hora de analizar un marco son la transmitancia térmica y la absorptividad:

#### Valor $U_f$ :

El valor- $U_f$  (transmitancia térmica del marco) indica la pérdida de calor por transmisión del marco.

#### Valor $\alpha$ :

El  $\alpha$  (absortividad) define la cantidad de calor por radiación que absorbe el marco y depende del material y el color del mismo. El valor de  $\alpha$  para los diferentes acabados se puede tomar de la siguiente tabla:

**Tabla 8.**  
Valor de la absorptividad del marco en función del acabado

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0.20	-	-
Amarillo	0.30	0.50	0.70
Beige	0.35	0.55	0.75
Marrón	0.50	0.75	0.92
Rojo	0.65	0.80	0.90
Verde	0.40	0.70	0.88
Azul	0.50	0.80	0.95
Gris	0.40	0.65	0.95
Negro	-	-	0.96

La absorptividad del marco, definida por el acabado, tendrá mayor influencia en el factor solar modificado dependiendo del material del mismo.

Como se puede apreciar, las características del marco, a su vez, dependerán principalmente del material y de su acabado exterior, por lo que se pueden dividir en los siguientes grupos principalmente:

- ▶ Carpintería metálica:
  - De aluminio o de acero, se caracteriza por ser materiales conductores, por lo que su transmitancia es alta y su absorptividad, dependiendo del color, tendrá influencia en el factor solar modificado del hueco.
  - Como valor orientativo la transmitancia de este tipo de marcos se encuentra aproximadamente en  $5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- ▶ Carpintería metálica con rotura de puente térmico (RPT):
  - De aluminio o de acero, pero incorporan una o varias capas de materiales poco conductores separando las capas interiores y las exteriores.
  - Como valor orientativo la transmitancia de este tipo de marcos se encuentra aproximadamente entre  $3 \text{ y } 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dependiendo de las capas intermedias.
- ▶ Carpintería de madera:
 

Se trata de un material de baja conductividad, por su transmitancia es baja y la absorptividad apenas influye sobre el factor solar modificado.

Como valor orientativo la transmitancia de este tipo de marcos se encuentra en torno a  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , aunque dependerá del espesor de la carpintería y del tipo de madera.
- ▶ Carpintería de PVC:
 

Se trata de un material de baja conductividad en cuyos perfiles se incorporan cámaras de aire, por lo que, como en el caso de la madera, su transmitancia es baja y la absorptividad apenas influye sobre el factor solar modificado.

Como valor orientativo la transmitancia de este tipo de marcos se encuentra entre  $1,8 \text{ y } 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Tabla 9.**  
Transmitancia térmica de los materiales según UNE-EN ISO 10077-1

Material	Transmitancia Térmica ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )
Metálico	5,70
Metálico RPT ( $4 \text{ mm} \leq d < 12 \text{ mm}$ )	4,00
Metálico RPT ( $\geq 12 \text{ mm}$ )	3,20
Madera dura ( $\rho = 700 \text{ Kg/m}^3$ y $60 \text{ mm}$ espesor)	2,20
Madera blanda ( $\rho = 500 \text{ Kg/m}^3$ y $60 \text{ mm}$ espesor)	2,00
Perfil hueco PVC (2 cámaras)	2,20
Perfil hueco PVC (3 cámaras)	1,80

### Características del conjunto del hueco:

Como consecuencia de las características antes descritas, cada hueco tendrá a su vez unas características de conjunto.

### Valor $U_w$ :

El valor- $U_w$  indica la pérdida de calor por transmisión del conjunto de la ventana.

Su valor es proporcional a la fracción de hueco ocupada por vidrios y marcos y al valor de la transmitancia de cada uno de ellos:

$$U_w = (1 - FM) \cdot U_g + FM \cdot U_f$$

Donde FM es la fracción de superficie ocupada por el marco.

### Factor solar modificado (F):

El factor solar del conjunto, o factor solar modificado, sin tener en cuenta elementos de sombreado, depende fundamentalmente del factor solar del vidrio (g) y se ve modificado por las características del marco en cuanto a conductividad y absorptividad:

$$F = (1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_f \cdot \alpha$$

A estas características se deberán añadir, como se ha apuntado anteriormente, factores reductores por elementos de sombreado y por la orientación de cada hueco, de forma que, para diferentes posiciones y tamaños de los huecos, en el conjunto de un mismo edificio, se deberán plantear diferentes soluciones de vidrios y de marcos.

## 6.2.6 // Puentes Térmicos

### Definición. Puentes térmicos constructivos y puentes térmicos geométricos

Los puentes térmicos son zonas en elementos constructivos, donde claramente varía la uniformidad de la construcción

Se distinguen 3 tipos de puentes térmicos:

- ▶ **Puentes térmicos constructivos:** Variaciones de espesores en cerramientos
- ▶ **Puentes térmicos geométricos:** Son los puntos donde a una superficie interior corresponde una exterior mayor, por ejemplo, las esquinas del edificio.
- ▶ **Puentes térmicos por cambio de material:** Cuando existe puntualmente o linealmente un material con diferente conductividad térmica que el cerramiento normal.

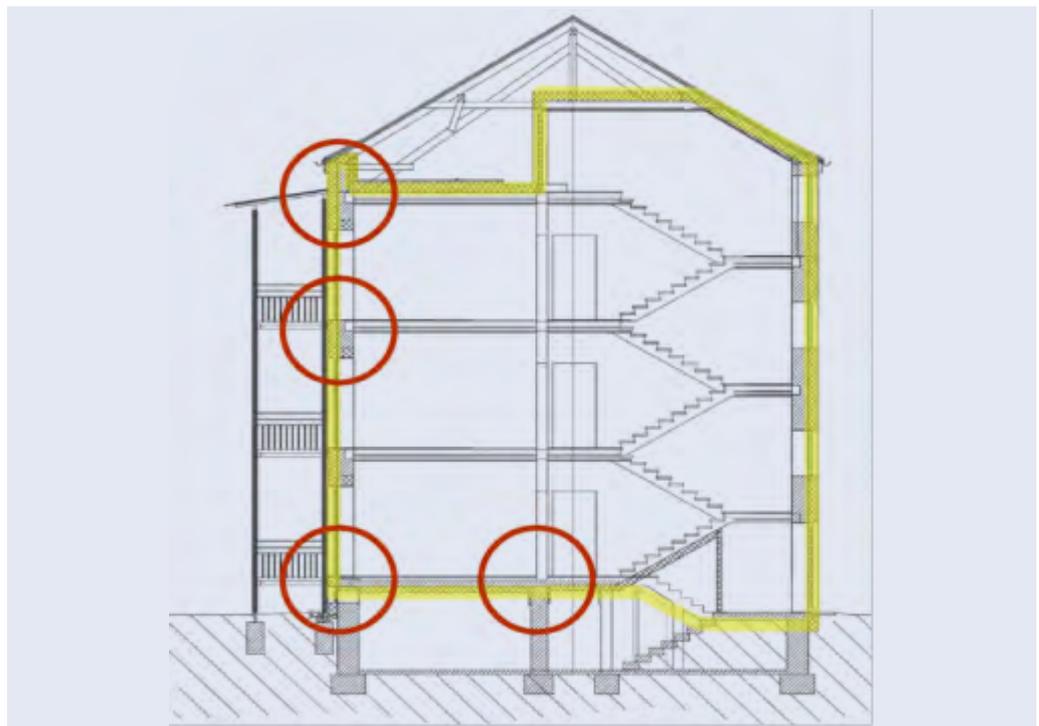
**Figura 71.**  
Termografía de un edificio.  
Elaboración propia.



Los puentes térmicos más comunes en la edificación, que se tendrán en cuenta en el análisis, se clasifican en:

1. Puentes térmicos **integrados en los cerramientos**:
  - ▶ Pilares integrados en los cerramientos de las fachadas
  - ▶ Contorno de huecos y lucernario
  - ▶ Cajas de persianas
  
2. Puentes térmicos formados por **encuentro de cerramientos**:
  - ▶ Frentes de forjado en las fachadas
  - ▶ Uniones de cubiertas con fachadas
  - ▶ Uniones de fachadas con cerramientos en contacto con el terreno
  - ▶ Esquinas o encuentros de fachadas (entrantes o salientes)
  - ▶ Encuentros de voladizos con fachadas
  - ▶ Encuentros de tabiquería interior con fachadas.

**Figura 72.**  
Localización típica de puentes térmicos.



Los puentes térmicos pueden tener efectos negativos, tales como:

- ▶ Aumento del flujo térmico entre el interior y el exterior.
- ▶ Aumento de la humedad relativa (en invierno) en la superficie de la envolvente térmica, debido a la reducción de la temperatura en esta superficie.
- ▶ Peligro de condensaciones y moho.

Para evaluar el peligro de condensaciones/mohos, se recomienda:

- Calcular la temperatura superficial mínima del elemento constructivo y comparar esta temperatura con la situación microclimática interna (temperatura y humedad relativa) y la temperatura externa, es decir, calcular el efecto 2D del puente térmico en régimen permanente (método numérico-elementos finitos) mediante programas como THERM o FLIXO-ENERGY.
- Además, el peligro de condensación intersticial tiene que ser controlado con el método de cálculo estacionario, es decir, mediante diagrama de Glaser (UNE EN 13788) o método dinámico (UNE EN 15026) mediante programas dinámicos como WUFI.

### Los puentes térmicos se miden por su Coeficiente de Transmisión Lineal ( $\Psi$ ) (W/Mk)

**Figura 73.**

Valores de Coeficiente de Transmisión Lineal para puentes térmicos en pilar integrado. Fuente: Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes. CE3x. IDAE.

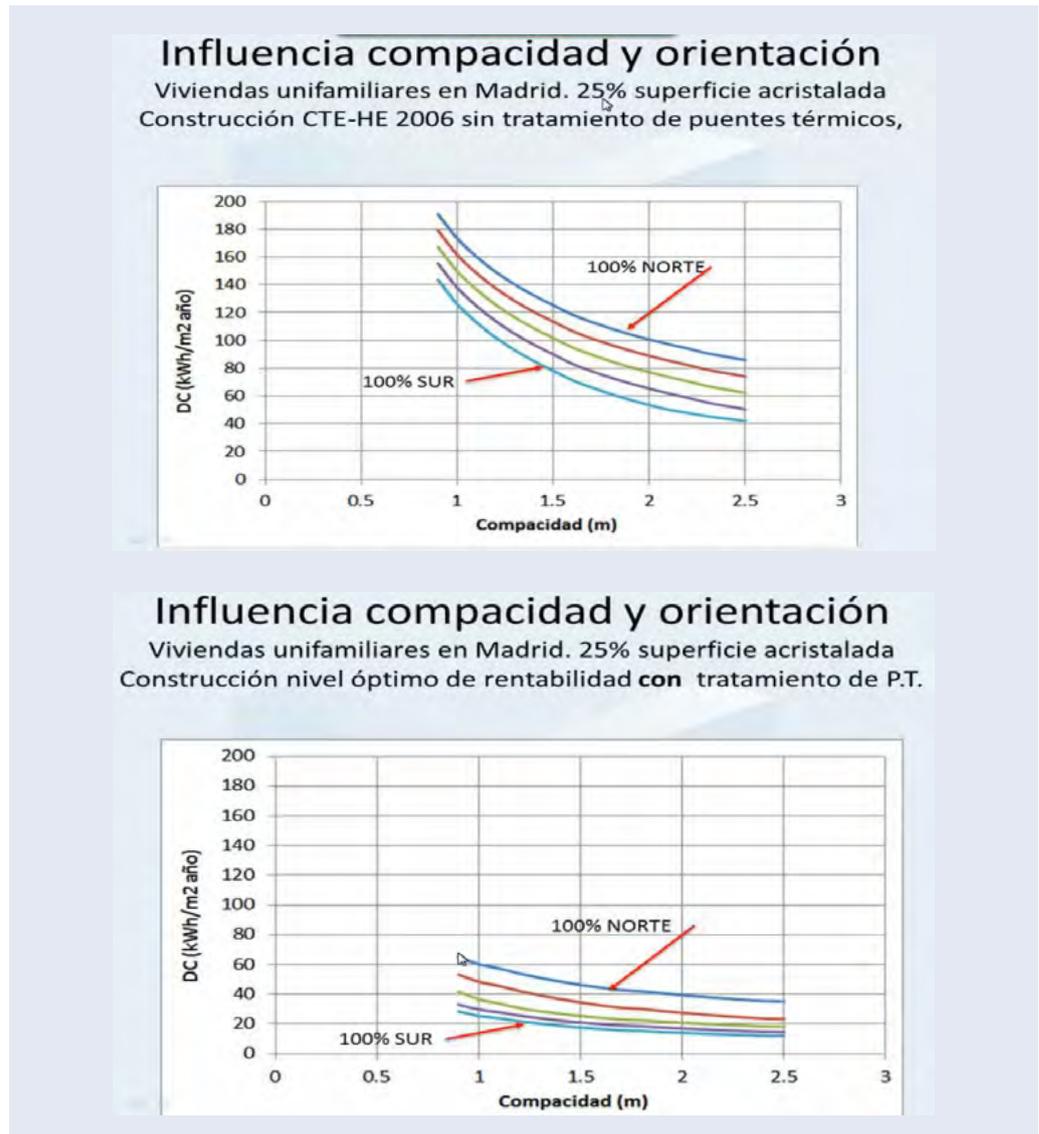
Pilar integrado en fachada				
Pilar Integrado				
Fachada de doble hoja sin cámara de aire o con cámara no ventilada	Pilar empujado con cara exterior de fachada	Pilar no revestido al interior por hoja de fábrica		1,15
		Pilar revestido al interior por hoja de fábrica		0,94
		Pilar trasdosado al interior por hoja de fábrica y aislante		0,37
	Pilar chapado al exterior	Pilar no revestido al interior por hoja de fábrica		0,99
		Pilar revestido al interior por hoja de fábrica		0,83
		Pilar trasdosado al interior por hoja de fábrica y aislante		0,36
Fachada de doble hoja sin cámara de aire o con cámara no ventilada	Hoja principal y aislante por delante del pilar	Pilar no revestido al interior por hoja de fábrica		0,73
		Pilar revestido al interior por hoja de fábrica		0,64
	Hoja principal y aislante por delante del pilar	Pilar trasdosado al interior por hoja de fábrica y aislante		0,33
		Pilar no revestido al interior por hoja de fábrica		0,03
		Pilar revestido al interior por hoja de fábrica		0,02

### Influencia de los puentes térmicos en la demanda de un edificio

Los puentes térmicos LINEALES suelen tener más impacto sobre la demanda que los puentes térmicos PUNTUALES.

En edificios con calidades energéticas muy bajas, los puentes térmicos tienen menor relevancia. En un edificio Passivhaus, donde las pérdidas por transmisión y ventilación son de por sí muy reducidas, los puentes térmicos pueden tener un gran impacto si no se controlan en proyecto y en obra.

**Figura 74.**  
Influencia de los puentes térmicos.  
Fuente: Elaboración propia.



### Cálculo de puentes térmicos:

#### Normativa de referencia para cálculo de puentes térmicos:

- ▶ Ministerio de la vivienda. CTE-DB-HE1: DB-Ahorro de energía
- ▶ Método de cálculo estacionario UNE EN 13788: Características higrométricas de los elementos y componentes de la edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo.
- ▶ Coeficiente de transmitancia térmica lineal UNE EN ISO 14683:2000: Puentes térmicos en edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto.
- ▶ Cálculo de puentes térmicos de elementos opacos UNE EN ISO 10211: Flujos de calor y temperaturas superficiales. Métodos generales de cálculo y puentes térmicos lineales.

- ▶ Características térmicas de ventanas y puertas UNE EN ISO 10077-2: Prestaciones térmicas de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos.
- ▶ Ministerio de la vivienda. **CTE-DB-HE1**: DB-Ahorro de energía

UNE EN 13788

### CTE-DB-HE1

#### 2.1 Caracterización de la exigencia

- 1 La *demanda energética* de los edificios se limita en función de la *zona climática* de la localidad en que se ubican y del uso previsto.
- 2 En edificios de uso residencial privado, las características de los elementos de la *envolvente térmica* deben ser tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes *espacios habitables*. Se limitará igualmente la transferencia de calor entre unidades de distinto uso, y entre las *unidades de uso* y las zonas comunes del edificio.
- 3 Se deben limitar los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la *envolvente térmica*, tales como las condensaciones.

##### 2.2.1.2 Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado

- 1 La *transmitancia térmica* y *permeabilidad al aire* de los huecos y la *transmitancia térmica* de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la *envolvente térmica* del edificio, no debe superar los valores establecidos en la tabla 2.3.\* **De esta comprobación se excluyen los puentes térmicos.**

\* Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

#### 5.2 Modelo del edificio

##### 5.2.4 Puentes térmicos

- 1 **Deben considerarse los puentes térmicos lineales** del edificio, caracterizados mediante su tipo, la *transmitancia térmica lineal*, obtenida en relación con los *cerramientos* contiguos, y su longitud. Debe especificarse el *sistema dimensional* utilizado cuando no se empleen dimensiones interiores o pueda dar lugar a dudas.

## DA DB-HE / 2

### Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

#### 2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones

##### 2.2.1 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones superficiales

Se toma una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C para el mes de enero.

Si se dispone del dato de humedad relativa interior y esta se mantiene constante, debido por ejemplo a un sistema de climatización, se puede utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0,05 como margen de seguridad.

En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior y la tasa de renovación de aire, se puede calcular la humedad relativa interior del mes de enero mediante el método descrito en el apartado 3.2.

En ausencia de datos más precisos, se puede tomar, para todos los meses del año, una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio:

- a) clase de higrometría 5, correspondiente a espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías, restaurantes y piscinas: 70%
- b) clase de higrometría 4, correspondiente a espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar: 62%
- c) clase de higrometría 3 o inferior, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55%

## 4.1 Comprobación de la limitación de condensaciones superficiales

### 4.1.1 Método de comprobación de condensaciones superficiales

El método del factor de temperaturas superficiales permite limitar el riesgo de aparición de condensaciones superficiales usando un criterio simplificado, que consiste en establecer un límite máximo del 80% de humedad relativa media mensual sobre la superficie del cerramiento analizado.

La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del *factor de temperatura de la superficie interior*  $f_{Rsi}$  y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$  para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero de la localidad. A falta de mejores datos se pueden obtener de la tabla C.1 del apéndice C.

En los cerramientos y puentes térmicos se comprueba que el *factor de temperatura de la superficie interior* es superior al factor de temperatura de la superficie interior mínimo. Este factor se puede obtener a partir de la tabla 1 en función de la clase de higrometría de cada espacio y la zona climática de invierno donde se encuentre el edificio.

Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	$\alpha$	Zona climática de invierno				
		A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

## Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos :

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de los parámetros característicos de la envolvente establecidos en el documento DB HE1 asegura, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición anterior, pudiendo resultar necesario comprobarlo en los puentes térmicos.

### 4.1.2 Cálculo del factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

El *factor de temperatura de la superficie interior*  $f_{Rsi}$ , para cada cerramiento, partición interior, se calcula a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$$

donde,

$U$  es la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior en el cerramiento [ $W/m^2 K$ ].

El *factor de temperatura de la superficie interior*  $f_{Rsi}$  para los *puentes térmicos*, para aplicar el método descrito en este documento, puede calcularse aplicando los métodos descritos en la norma UNE-EN ISO 10211:2012 o en el Documento de Apoyo correspondiente.

### 4.1.3 Cálculo del factor de temperatura de la superficie interior mínimo

El *factor de temperatura de la superficie interior* mínimo aceptable  $f_{Rsi,min}$  de un cerramiento o partición interior se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$$

$\theta_e$  es la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero definida en el Apéndice C tabla C.1 [°C].

$\theta_{e,min}$  es la temperatura superficial interior mínima aceptable obtenida de la siguiente expresión [°C].

**DB-HE1 del 10.9.2013:** valores orientativos (uso residencial) para cumplir HE-0  
cálculo energético >>> clase A/B

## E.2 Parámetros característicos de la envolvente térmica

Tabla E.1. Transmitancia del elemento [W/m<sup>2</sup> K]

Transmitancia del elemento [W/m <sup>2</sup> K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U <sub>M</sub>	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U <sub>S</sub>	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U <sub>C</sub>	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U<sub>M</sub>: Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U<sub>S</sub>: Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U<sub>C</sub>: Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla E.2. Transmitancia térmica de huecos [W/m<sup>2</sup> K]

Transmitancia térmica de huecos [W/m <sup>2</sup> K]		α	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.6 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

NOTA: Para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste.

considerando unos puentes térmicos equivalentes a los del edificio de referencia

11

**Herramienta unificada LIDER/CALENER :** valores PSI por defecto – edificio de referencia

Ejemplos:

Sistema dimensional interior

Tipo puente: Frontes de forjados Longitud total: 34,7 Recalcular

Valor por defecto: 0,57 W/mK

Valor dado por usuario: W/mK

Valor dado por catálogo: W/mK

---

Sistema dimensional interior

Tipo puente: Cubiertas planas Longitud total: 120,56 Recalcular

Valor por defecto: 0,36 W/mK

Valor dado por usuario: W/mK

Valor dado por catálogo: W/mK

---

Sistema dimensional interior

Tipo puente: Escuinas exteriores Longitud total: 22,02 Recalcular

Valor por defecto: 0,11 W/mK

Valor dado por usuario: W/mK

Valor dado por catálogo: W/mK

12

## UNE EN ISO 14683-2000:

Esta norma lista las metodologías para el cálculo de puentes térmicos y da valores orientativos para tener en cuenta el efecto del puente térmico en los cálculos de consumo energético de los edificios.

**UNE EN ISO 14683:2000**

Ejemplo valores PSI según EN-ISO-14683 (tabla A2) – valores conservadores máximo  
Valores U aproximado 0,35 W/m<sup>2</sup>K utilizados para los cálculos:

Dächer			
<p><b>R1</b></p> $\psi_o = 0,55$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_j = 0,75$	<p><b>R2</b></p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_j = 0,75$	<p><b>R3</b></p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,75$ $\psi_j = 0,75$	<p><b>R4</b></p> $\psi_e = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,65$ $\psi_j = 0,65$
<p><b>R5</b></p> $\psi_o = 0,60$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_j = 0,80$	<p><b>R6</b></p> $\psi_e = 0,50$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_j = 0,70$	<p><b>R7</b></p> $\psi_e = 0,65$ $\psi_{oi} = 0,85$ $\psi_j = 0,85$	<p><b>R8</b></p> $\psi_e = 0,45$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_j = 0,70$

### UNE EN ISO 14683-2000:

- ▶ Puentes térmicos lineales:  $\Psi$  (PSI: W/mk)
- ▶ Puentes térmicos puntuales: X (CHI: W/K)

El valor U total de un elemento constructivo es la suma de las pérdidas por transmisión de calor en la parte homogénea de los elementos constructivos continuos + la suma de los puentes térmicos lineales y puentes térmicos puntuales.

Ejemplo :

$$U_{total\ pared} = \frac{U_{pared} \cdot S + \Psi_{pt-lineal} \cdot l + X_{pt-puntual} \cdot cantidad\ puntos}{S_{superficie}} \quad [W/m^2K]$$

La transmitancia térmica lineal ( $\Psi$ ) describe el flujo energético adicional (balcones, pilares...) respecto a la transmitancia del elemento en la zona “regular” (pared, techo,...)

$\Psi$  se utiliza además para especificar las pérdidas de elementos lineales (por ejemplo tubos...). LA unidad W/mk describe el flujo térmico por metro de longitud y por grado de diferencia de temperatura interior-exterior.

$$U_{total\ pared} = \frac{U_{pared} \cdot S + \Psi_{\text{pt-linear}} \cdot l + X_{\text{pt-puntual}} \cdot \text{cantidad puntos}}{\text{Superficie}} \quad [W/m^2K]$$

Como en el caso de la transmitancia lineal, el puente térmico puntual X (CHI) describe el flujo energético adicional de puntos, como por ejemplo anclajes, o bien elementos tridimensionales como la base de pilares o ángulos entre 3 elementos constructivos.

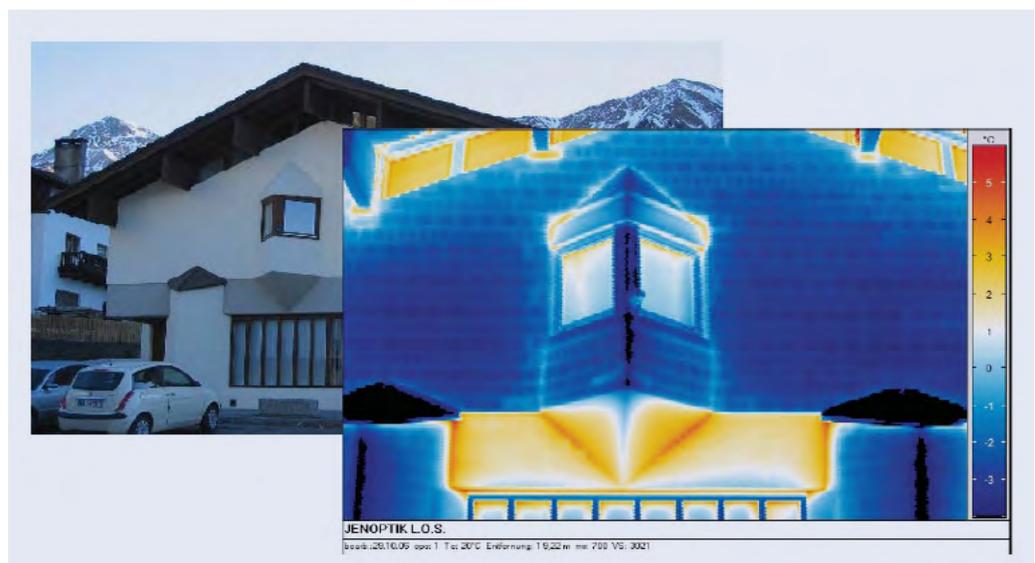
La unidad es W/k por pieza, describiendo el flujo térmico para cada elemento por grado de diferencia de temperatura interior-exterior.

$$U_{total\ pared} = \frac{U_{pared} \cdot S + \Psi_{\text{pt-linear}} \cdot l + X_{\text{pt-puntual}} \cdot \text{cantidad puntos}}{\text{Superficie}} \quad [W/m^2K]$$

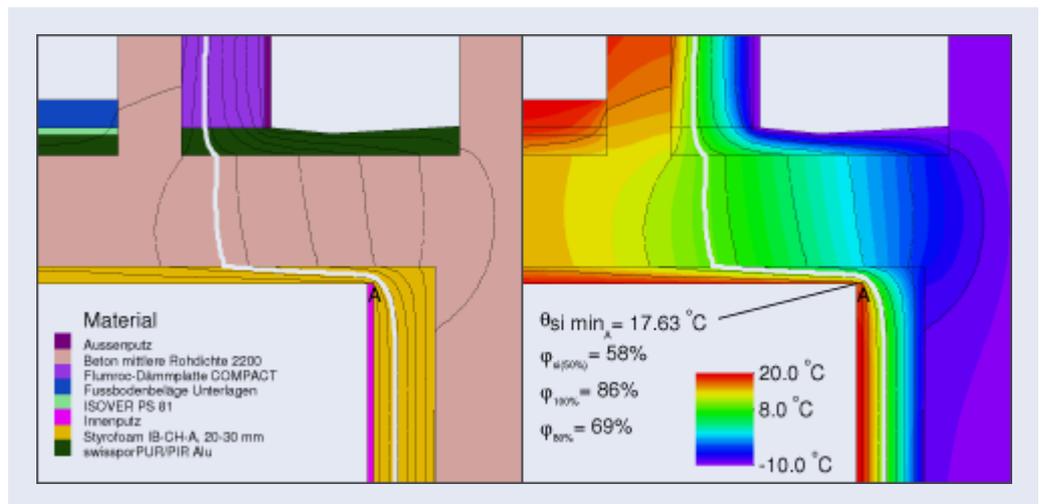
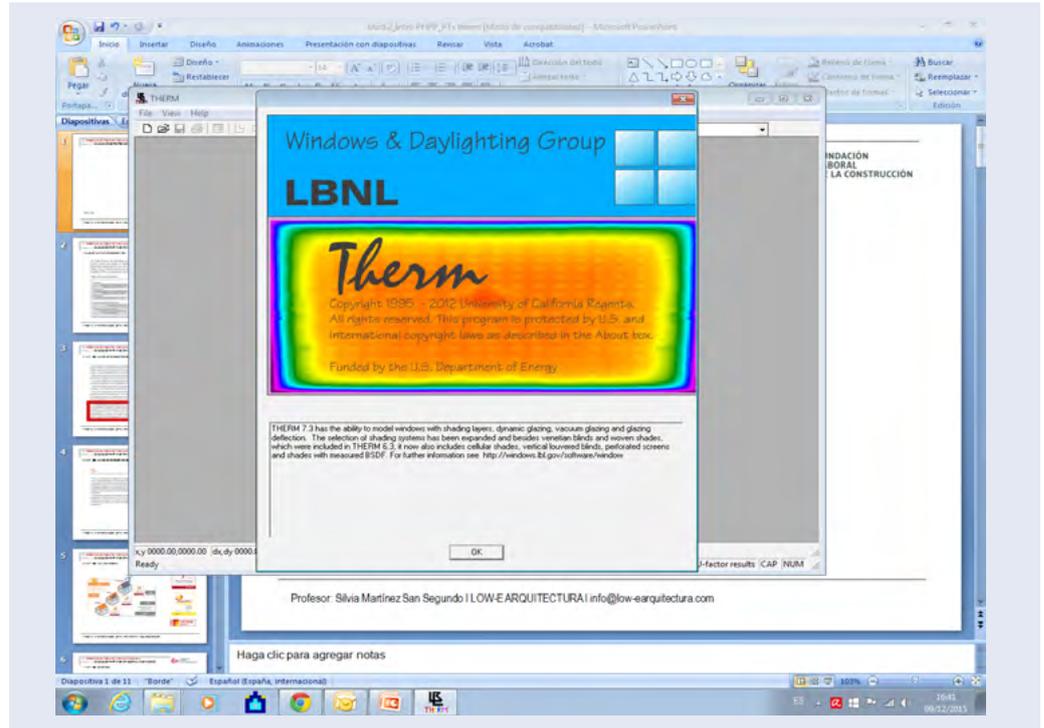
Para reducir el efecto de los puentes térmicos, se recomienda:

1. Evitar romper la continuidad del aislamiento en las envolventes. En la medida de lo posible, aislamiento continuo en toda la envolvente térmica.
2. Si no se pueden evitar “romper” la continuidad del aislamiento. Utilizar en esos casos, elementos/ materiales de conductividad térmica muy baja.
3. Conectar diferentes elementos constructivos sin interrumpir el aislamiento térmico.

**Figura 75.**  
Ejemplos de puentes térmicos.  
Fuente: Elaboración propia.



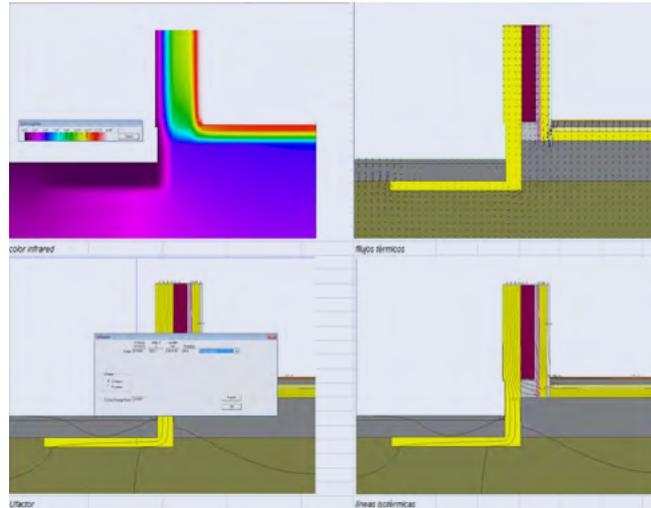
**Figura 76.**  
Cálculo de puentes térmicos.  
Herramientas.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 77.**

Cálculo de puentes térmicos.  
Resultados de la Herramienta  
de Cálculo Therm.

Fuente: Elaboración propia.



## 6.3 Viviendas industrializadas

### 6.3.1 // Introducción

Las viviendas industrializadas o casa prefabricadas son aquellas que son construidas a partir de planos de proyecto, fabricadas con antelación en fábricas o talleres fuera de su lugar de emplazamiento para posteriormente ser enviadas a su ubicación definitiva para su ensamblaje y montaje final.

La definición de vivienda prefabricada puede también llegar a solaparse con las llamadas casas de construcción modular, este concepto sí que podría ser válido aunque tampoco es exactamente lo mismo, ya que son aquellas viviendas cuya estructura está formada por entramados de madera o acero de dimensiones estandarizadas, que son cerrados por paneles que encajan en los huecos. Todas estas soluciones o estrategias constructivas, que no necesitan de morteros ni hormigones, pueden también recibir la definición genérica de “construcciones en seco“. Entre los bastidores de madera se colocaría el aislamiento correspondiente, para aislar térmica y acústicamente.

Este modelo de mercado se está extendiendo, pues, aunque no se trata de un mercado tan popular como el de las casas tradicionales, su cuota de mercado varía considerablemente según países y regiones. Aunque en América y Europa es una manera muy usual de construir, en España se está comenzando a utilizar el mismo sistema de construcción por lo que en un futuro cercano será también algo bastante habitual. Como en otros muchos ámbitos, éste sistema de construcción llega a España con unos años de retraso.

Una de las principales ventajas es que el coste de la obra se ve reducido debido a que los gastos de personal se aminoran, al no tener que pagar dietas por desplazamientos, así como las horas de trabajo se aprovechan mucho mejor y la obra no se ve perjudicada por las inclemencias del tiempo como puede ocurrir en la obra convencional, siendo el principal beneficiado el cliente final permitiendo además que la construcción del edificio se realice de la manera más rápida y eficiente.

Además, reduce de manera considerable el daño ambiental, pues no se crea ruido, y los desechos en la creación de los bloques es merma, que puede ser reutilizable.

### 6.3.2 // Materiales

Existe una gran variedad de casas prefabricadas o industrializadas, variando sus materiales según sus dimensiones (superficie, número de plantas), clima (temperatura y humedad) y presupuesto para su construcción.

Los materiales más utilizados son la madera, acero y el hormigón armado, aunque existen multitud de combinaciones y variantes de aparición relativamente reciente.

En la actualidad, el confort, la calidad de vida y el respeto al medio ambiente son preocupaciones importantes para los propietarios que deciden adquirir una vivienda unifamiliar por lo que muchos de ellos encuentran en la madera el material más adecuado para la construcción.

La madera es uno de los mejores y más antiguos materiales que como elemento constructivo que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones. Es un material duro y muy resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Además, es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo. Pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado.

Éste material presenta numerosas ventajas para la construcción debido a sus características físico-mecánicas, además de sus ventajas medioambientales.

#### Ventajas según cualidades:

- ▶ **Propiedades mecánicas:** Comparándolo con el acero o el hormigón presenta las siguientes ventajas:
  - — Elevada resistencia a la flexión, sobre todo en relación a su peso propio (la relación resistencia/peso es 1,3 veces superior a la del acero y 10 veces la del hormigón).
  - — Alta capacidad de resistencia a tracción y compresión en dirección paralela a la fibra.
  - — Escasa resistencia a cortante. Esta limitación se presenta también en el hormigón pero no en el acero.
  - — Escasa resistencia a compresión y a tracción en dirección perpendicular a la fibra.
  - — Sobre todo, en tracción, lo que supone una característica muy particular frente a los otros materiales.
  - — Bajo módulo de elasticidad, mitad que el del hormigón y veinte veces menor que el del acero. Los valores alcanzados por el módulo de elasticidad inciden sustancialmente sobre la deformación de los elementos resistentes y sus posibilidades de pandeo.
  
- ▶ **Resistencia sísmica:** Considerando que las fuerzas en un sismo son proporcionales al peso de las estructuras que las reciben, las construcciones basadas en madera están expuestas a impactos menores que otras de materiales ya que es entre seis y nueve veces más ligero que los materiales utilizados en la construcción tradicional. A esta característica se suma el que, gracias a sus numerosas conexiones por medio de clavos y demás fijaciones, los sistemas constructivos basados en madera correctamente diseñados logran disipar mejor las energías que sobrevienen repentinamente durante un sismo. Esto las hace más flexibles y menos susceptibles a colapsar si alguna de las partes de la estructura falla.
  
- ▶ **Resistencia a fuego:** Comúnmente se piensa que la madera es más vulnerable al fuego que otros materiales. Sin embargo, una construcción de madera de in-

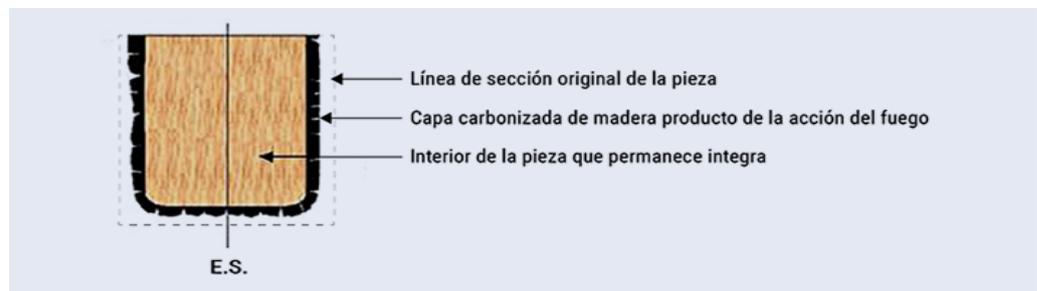
geniería puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad frente a un incendio y suficiente resistencia al fuego como para evitar que este se propague y ocurra un fallo estructural. Al comportarse de manera más predecible, sus ocupantes pueden contar con un margen de reacción más amplio que en construcciones de otros materiales que tienden a colapsar más rápida y repentinamente.

Todos los materiales sufren algún grado de daño cuando son expuestos a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). Si acaso llega a inflamarse, su baja conductividad térmica hace que se queme muy lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que protege la parte interna y conserva sus propiedades estructurales por más tiempo.

**Figura 78.**

La madera de ingeniería como material de construcción.

Fuente: [woodsrl.com](http://woodsrl.com)



- ▶ **Buen aislante térmico:** Debido a su porosidad, la madera posee una baja conductividad térmica, lo que la convierte en un excelente aislante.
- ▶ **Buen aislante acústico:** Gracias a su estructura celular porosa, la madera posee una capacidad natural para amortiguar las vibraciones sonoras.
- ▶ **Fácil manejo y rapidez en la construcción:** como ya hemos comentado es un material mucho más ligero que los materiales convencionales por lo que su manejo es más fácil, además, al ser una forma de construcción en seco, el montaje de sistemas constructivos basados en madera es más rápido que la edificación con otros materiales. Además, el tratarse de una construcción en seco, permite un mayor avance en la obra eliminando los tiempos de espera existentes en la construcción tradicional con el fraguado de hormigón o el secado de las paredes para comenzar con los acabados.
- ▶ **Durabilidad y resistencia:** Es resistente a los ambientes agresivos (salinos, corrosivos). La madera presenta una durabilidad natural importante, variando según especies. Se debe a que por razones poco conocidas, el duramen o centro de los árboles, quedan impregnados con sustancias químicas que son eficaces preservadores. Para las especies que no poseen esa durabilidad natural, existen soluciones preservadoras que se aplican, impregnándolas por medio de brochas, sumergiendo la madera en pilas que tengan la solución, o colocándolas en cámara de presión que es el método más eficiente, ya que el preservador penetra por los poros de la madera hasta la parte interior de ésta, llenando todas las células con dicha solución.
- ▶ **Versatilidad y estética única:** La madera se puede adaptar en cualquier sitio, sin importar el clima y las condiciones ambientales. Se puede utilizar en estructuras de gran complejidad, así como en estructuras de solución sencilla. Por su

textura y color, la madera ofrece una gran y variada belleza natural. Por la facilidad con que se trabaja y con la aplicación de los diferentes tintes y barnices, se pueden lograr viviendas con acabados de gran impacto y belleza.

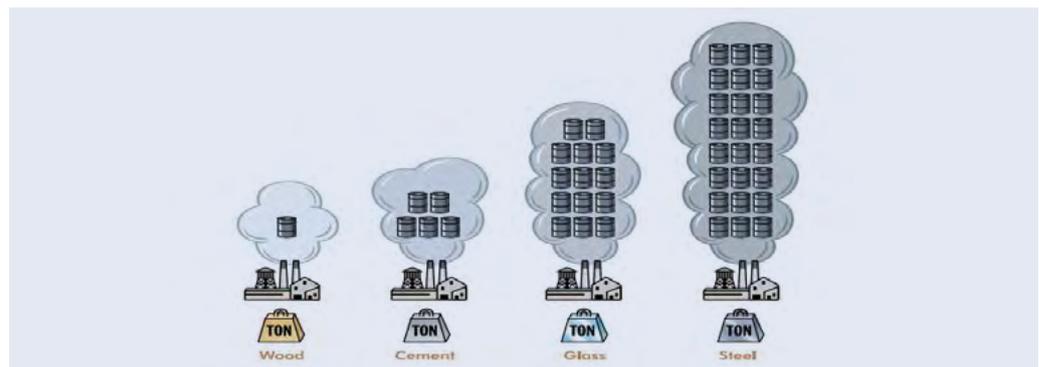
### Ventajas medioambientales:

- ▶ **Recurso renovable:** A diferencia del hormigón, el ladrillo y el metal, la madera es un material natural que, después de extraído, puede ser repuesto una y otra vez utilizando las técnicas de gestión adecuadas.
- ▶ **Producción limpia y eficiente:** La extracción y manufactura de madera consume menos energía que la elaboración de otros materiales, y la mayor parte de ella se obtiene de fuentes renovables. La producción de cemento, vidrio y acero, por ejemplo, requiere de elevadas cantidades de energía para producir una tonelada de cada uno de estos materiales, puede multiplicar cinco, catorce y veinticuatro veces, respectivamente, la necesaria para producir una tonelada de madera. Por lo mismo, el volumen de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera durante estos procesos es mucho menor en el caso de la madera (0,28 t, frente a 4 t que genera la fabricación de acero, 7,5 t el PVC y hasta 15 t el aluminio).

**Figura 79.**

Comparativa de la necesidad de energía para obtener una unidad de material de madera comparado con cemento, cristal y acero.

Fuente: [madera21.cl](http://madera21.cl)

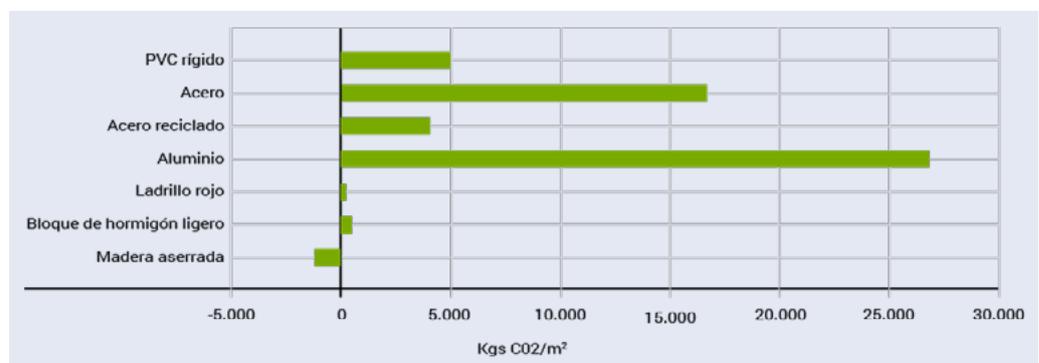


- ▶ **Absorbe el CO<sub>2</sub> de la atmósfera:** La madera es el único material de construcción cuyo uso ayuda a reducir el CO<sub>2</sub> de la atmósfera ya que lo absorbe durante toda su vida, contribuyendo de esta manera a mitigar el cambio climático. Esto la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono.

**Figura 80.**

Comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de material de madera comparado con cemento, cristal y acero.

Fuente: [madera21.cl](http://madera21.cl)



### 6.3.3 // Ventajas de las viviendas industrializadas o prefabricadas

Sin duda la ventaja más conocida en el sistema de construcción de viviendas industrializadas de cualquier material es la rapidez de ejecución. En la construcción con madera también es menor el tiempo de ejecución, pero existen muchas otras ventajas de la industrialización de viviendas que se exponen a continuación:

- ▶ Optimización de recursos, tanto materiales como humanos, que permiten controlar mejor los costes de producción: al llevarse a cabo una gran parte del proceso en talleres o fábricas exige una planificación más exhaustiva del total de los recursos humanos y tecnológicos, así como del material necesario en cada momento de la producción, optimizándolo al máximo. Esta elaboración por extensión se traduce en una reducción importante de los costes y de los tiempos de construcción. Además, el avance de la obra no se verá afectado por unas condiciones climáticas adversas, como que sucede a menudo en la obra tradicional.

**Figura 81.**

Fabricación de bloque de madera de ingeniería.

Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



- ▶ Más seguridad para los trabajadores: Para la parte del proceso en taller o fábrica es obvio que al trabajar en un entorno cerrado y controlado la seguridad de los trabajadores se ve reforzada. En cuanto a la parte del proceso que se ejecuta en obra es también más seguro puesto que el tiempo que se pasa en obra se reduce drásticamente.
- ▶ Reducción de los tiempos de ejecución en obra y plazos de entrega respecto a la construcción tradicional: las viviendas industrializadas al ser construidas una gran parte en fábrica se usan técnicas, procesos y procedimientos de elaboración industriales que hacen que se acelere el proceso de construcción, entregándose la vivienda en menos de la mitad de tiempo de una vivienda de construcción tradicional.

**Figura 82.**  
Premontaje de bloque de  
madera de ingeniería.  
Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



- Mayor control de calidad en todas las etapas de la fabricación de la vivienda: Al llevarse a cabo el grueso del proceso en un entorno controlado hace que la mejorara en la calidad final del producto sea notable.

**Figura 83.**  
Fabricación de bloque de  
madera de ingeniería.  
Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



- Reducción de residuos generados en obra y de contaminación acústica: Debido al reducido tiempo de ejecución en obra de este tipo de viviendas los impactos ambientales son mucho menores que en la construcción tradicional, por ejemplo, en cuanto a la maquinaria empleada ya que su contaminación atmosférica y acústica será mínima. En cuanto a los residuos generados, estos son prácticamente inexistentes puesto que en obra únicamente se lleva a cabo el ensamblaje y remates finales.

**Figura 84.**

Entrega en obra de bloque de madera de ingeniería.

Fuente: medgon.com



Como hemos podido comprobar, esta tipología constructiva tiene muchas más ventajas que la construcción tradicional, debido a los avances tecnológicos y a la depuración de la técnica constructiva que prioriza y mejora el proceso constructivo del inmueble, así como los factores de conflicto tradicionalmente adquiridos en las obras.

Es importante hacer una reseña y es que las casas industrializadas no deben confundirse con las llamadas “casas móviles” (en inglés mobile homes); viviendas ya ensambladas que son transportadas en camiones hasta el lugar donde se instalarán definitivamente. Es otro concepto totalmente diferente de casa.

Las viviendas industrializadas son bienes inmuebles, es decir, deben de ir apoyadas y ancladas a unos cimientos, y conectarse a las redes urbanas de agua, saneamientos, electricidad... al igual que las viviendas convencionales que normalmente conocemos.

Los tipos de cimentación más habituales en la construcción son:

- ▶ Pilotes: Que son tubos de cemento relleno de hormigón o rollizo de madera (generalmente pino impregnado). Esta cimentación es generalmente usada cuando el terreno o sitio donde se montará la casa prefabricada está con un desnivel muy pronunciado.
- ▶ Radier: Base sólida y compacta compuesta por hormigón, mallazo, grava... En este tipo de cimentación además se pueden colocar aislamientos como el poliestireno expandido que así actúe como aislante térmico en el solado.

### 6.3.4 // Proceso de industrialización

Sin duda antes de llegar a la parte de producción en fábrica hay un importante proceso previo en oficinas en la que los técnicos especialistas juegan un papel fundamental.

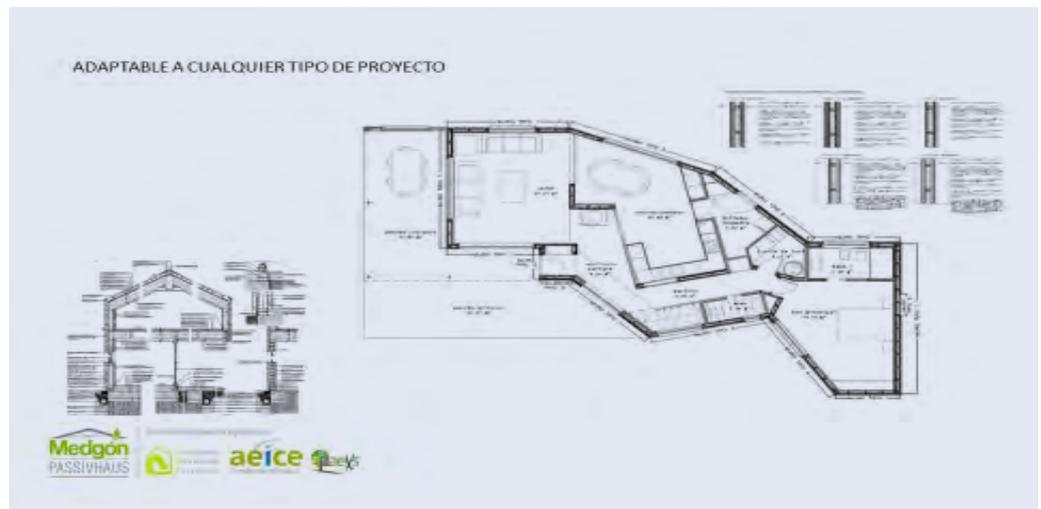
El primer paso tras recibir un proyecto determinado es analizar el total de detalles constructivos y materiales a utilizar con la dirección facultativa del mismo. Una vez determinados todos los detalles del proyecto, se pone en marcha el departamento de compras, pues el material necesario para poder desarrollar todo el proceso de construcción debe estar en el momento adecuado. Si el material llegará mucho antes de necesitarlo estaría ocupando un espacio que, en muchos casos, es vital utilizar para otra parte del proceso productivo. Por el contrario, si el material llegará con retraso, se producirían

importantes inconvenientes en el taller pues la planificación establecida con anterioridad sufriría grandes cambios.

**Figura 85.**

Diseño de construcción de edificio mediante proceso de industrialización.

Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)

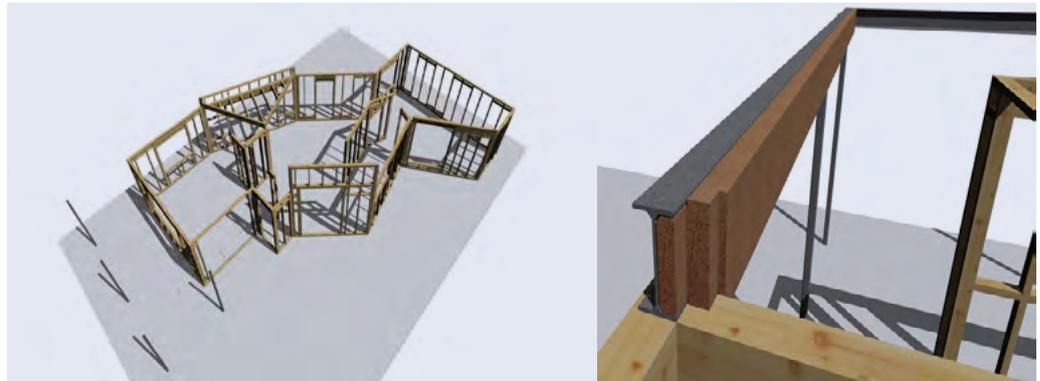


El proceso de modelado llevado a cabo por el departamento técnico requiere de avanzados programas de diseño con los que poder reflejar fielmente todos y cada uno de los detalles existentes en el proyecto inicial con el fin de facilitar lo máximo posible el proceso de fabricación en el taller. En el modelado en 3D se dibujan todos los elementos que constituyen el total de la obra, la estructura principal, tableros y rastrelado, láminas y el total de instalaciones que deberá llevar el edificio a construir. Además, se diseña cada pieza con todos los cortes, perforaciones o cajeados que sean necesarios para el ensamble perfecto en taller. Con ello, se evita cualquier imprevisto que pueda surgir en obra impidiendo así que haya retrasos en la construcción de la misma.

**Figura 86.**

Diseño en tres dimensiones para construcción industrializada.

Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



Como es de suponer, el estudio previo de la obra debe ser muy exhaustivo para poder conocer todos los detalles del proyecto. Con ello, se evitan las múltiples improvisaciones que suceden durante todo el proceso de una construcción tradicional.

**Figura 87.**  
 Detalles de bloques para  
 construcción industrializada.  
 Fuente: medgon.com

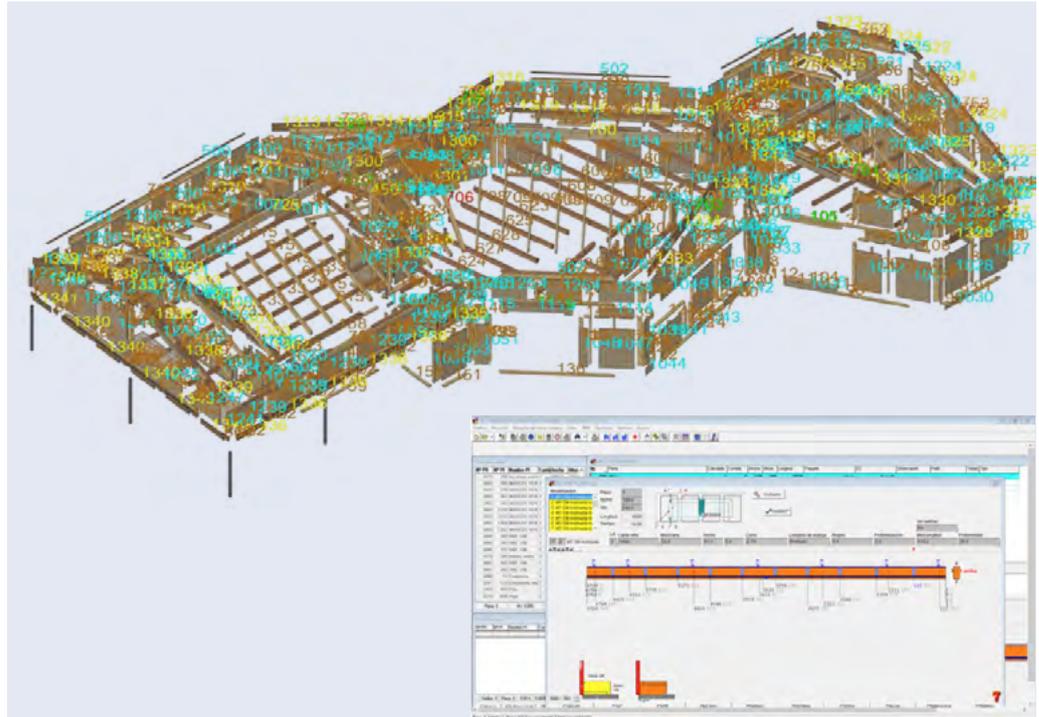


Una vez que el modelado del proyecto está completado, se introduce en el proceso productivo. El técnico envía el despiece de todos los elementos diseñados en el que el programa asigna a cada pieza un número determinado que deberá de reflejarse en la pieza física para que no se comentan errores durante el montaje. El proceso de mecanizado se lleva a cabo con máquinas de CNC con las que se consigue que el proceso de corte sea lo más rápido posible y que el total de los cortes sean extremadamente precisos para que no surjan problemas durante el montaje de la estructura y demás elementos de los muros.

**Figura 88.**

Esquema de montaje de piezas y tableros.

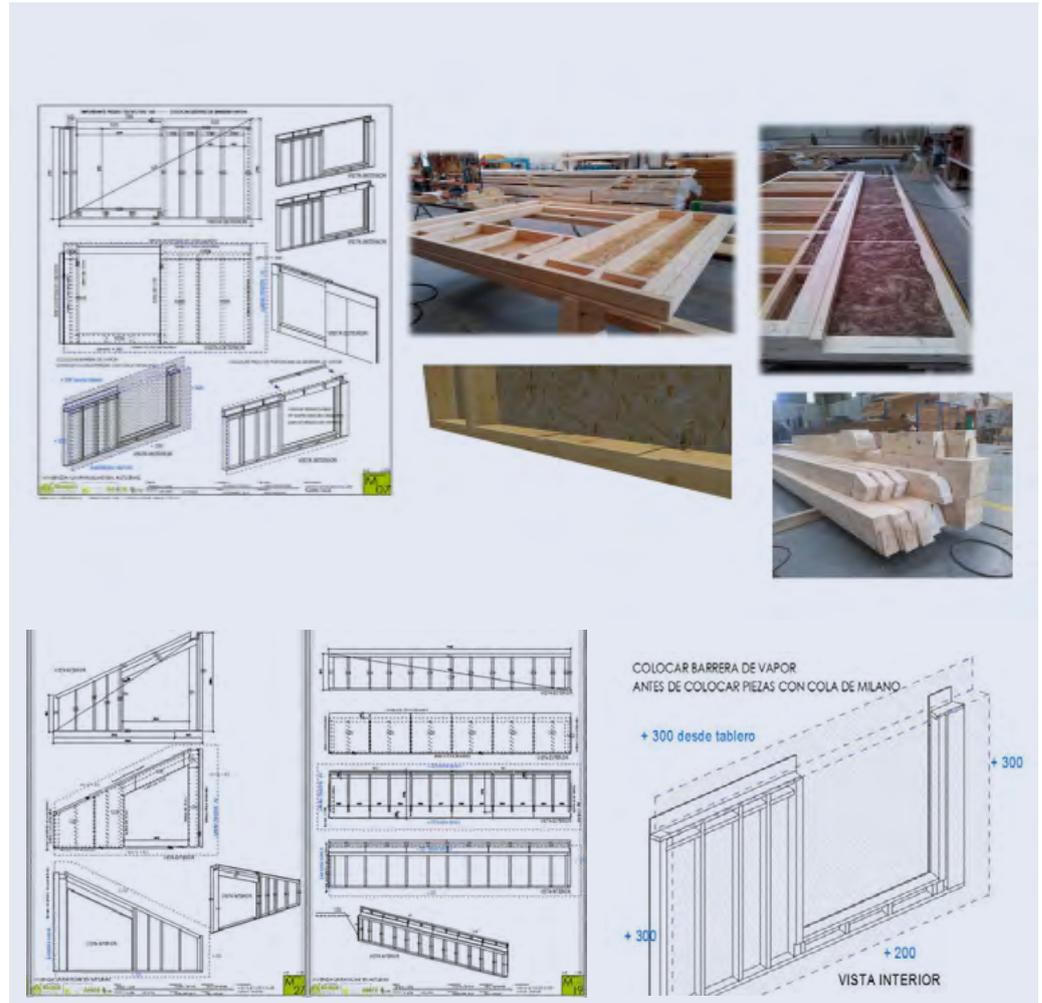
Fuente: medgon.com



Una vez que el total de piezas y tableros están cortados a medida y ordenados según el orden de montaje correspondiente, comienza la etapa de montaje. En el proceso de industrialización de viviendas, el objetivo es que los muros salgan del taller lo más acabados posibles, es decir, que se pretende que cada muro lleve terminado el montaje de estructura, tableros, aislamientos, conducciones y, si es posible parte del acabado interior y exterior, así como carpinterías, reduciendo el tiempo de montaje en obra al mínimo posible.

Para que el montaje se lleve a cabo con la mayor rapidez y precisión los planos de montaje deben ser lo más detallados posibles. En ellos deben reflejarse cualquier detalle mínimo para que el operario sepa resolverlo sin ninguna duda. Por supuesto durante todo el proceso de montaje el taller, el control de la colocación de cada elemento de los muros es exhaustivo, teniendo por tanto durante todo el proceso un control de calidad muy riguroso.

**Figura 89.**  
 Detalles de piezas y tableros.  
 Fuente: medgon.com



Una vez que se ha dado por concluida la fase de prefabricados de los muros, estos deben de cargarse en el medio de transporte que se ha considerado más oportuno para transportarlo al lugar donde se va a ejecutar la obra. En la mayor parte de los casos, el mejor medio es el uso de plataformas o cajas de tráiler abiertas o cerradas. En la fase de estudio previo de la obra ya se han determinado los largos y altos adecuados de los muros para que durante la fase de transporte no haya ningún problema.

**Figura 90.**  
 Traslado de bloques de montaje.  
 Fuente: medgon.com



Por último, se lleva a cabo la fase de ensamblaje y acabados en obra. Para este proceso, al equipo de montaje se le entregaran los planos correspondientes indicándoles, al igual que en la fase de taller, todos los detalles importantes que deben de conocer.

**Figura 91.**

Ensamblaje y acabados en obra.

Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



Los acabados de las viviendas, tanto exteriores como interiores siempre se llevan a cabo en obra puesto, evitando así que se deterioren durante las fases de carga, transporte y descarga.

**Figura 92.**

Desarrollo final de construcción industrializada.

Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



El resultado, por tanto, será una vivienda de confortable y de elevada calidad puesto que, como ya se ha comentado, el control es riguroso durante todo el proceso de fabricación. Además, gracias a una adecuada planificación y el modelo de proceso productivo en fábrica, la vivienda será entregada en unos plazos mucho menores a la vivienda tradicional.

Las viviendas prefabricadas o industrializadas también pueden certificarse como casas pasivas Passivhaus, pues son fabricadas en taller con gran rigor y profesionalidad.

Los edificios prefabricados pueden ser edificios de todo tipo, viviendas residenciales, guarderías, escuelas, polideportivos... espacios habitables o de almacenaje, entre otras diversas funciones.

En resumen, lo que se consigue es tener un número determinado de piezas y bloques-LEGO, con planos de montaje con un orden requerido que, llevado a la construcción nos permite realizar construcciones en dos o tres meses, con mayor control de calidad, seguridad para los trabajadores y con un menor coste al optimizar los recursos humanos y materiales.

**Figura 93.**

Acabado final de construcción industrializada.  
Fuente: [medgon.com](http://medgon.com)



# 7

## Fundamentos del diseño activo: Sistemas energéticos

A la hora de elegir y diseñar los sistemas de consumo y generación de energía de nuestro edificio, es importante tener en cuenta lo siguiente.

La reducción del consumo de energía de los sistemas energéticos se puede conseguir básicamente o a grandes rasgos de dos modos.

1. Reduciendo los consumos, para lo cual se instalan sistemas de consumo más eficientes, con menores pérdidas.
2. Introduciendo máquinas o sistemas de generación más eficientes y aprovechándonos de la energía “gratuita” de las energías renovables.

### 7.1. Sistemas de consumo

Son los elementos que generan la demanda energética del edificio en cuestión. En la medida que los sistemas de consumo que diseñemos y elijamos para nuestro edificio, sean más eficientes y reduzcan la demanda a suministrar por los sistemas de generación, reduciremos directamente el consumo.

A continuación, vamos a ver sistemas de consumo eficientes en cada uno de los subpartados, y su integración en los edificios.

## 7.1.1 // ACS. Agua Caliente Sanitaria

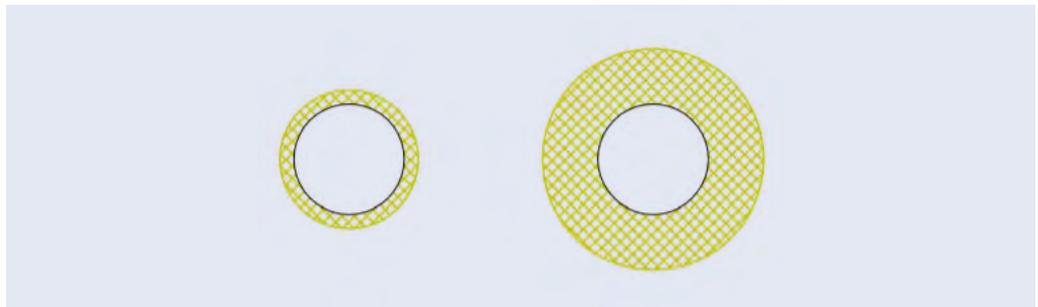
### Criterios generales de diseño de la instalación

Previo a la elección del elemento final de consumo, cabe señalar algunos principios de diseño de la instalación de agua caliente sanitaria.

#### 1. Aislamiento de las tuberías.

El circuito que conecta el sistema de producción y el sistema de consumo, debe estar bien aislado ya que, de lo contrario, sufriría pérdidas de temperatura en el trayecto que obligaría al usuario a elevar la temperatura del grifo en cuestión aumentando la producción para que al llegar al grifo el usuario obtenga la temperatura deseada.

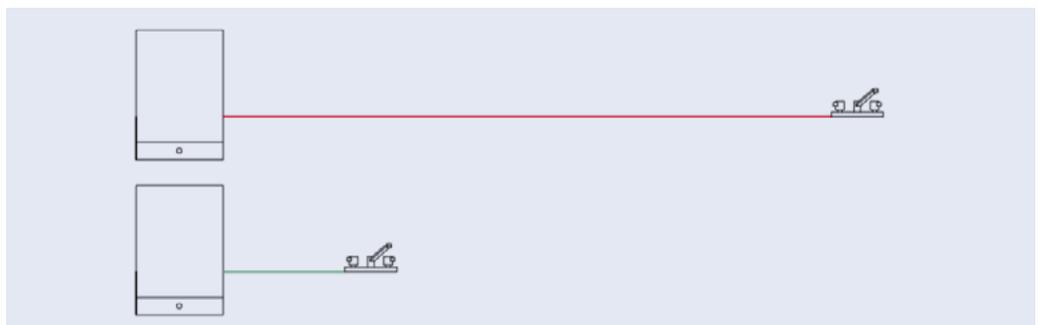
**Figura 94.**  
Aislamiento de tuberías.



#### 2. Proximidad de los sistemas de producción y de los sistemas de consumo.

Aunque las tuberías que conectan ambos sistemas estén bien aisladas, obvia decir que, a una mayor distancia entre sistemas, aumenta la pérdida de calor durante su trayecto, por lo que en la medida de lo posible ha de instalarse el sistema de producción lo más cercano a los sistemas de consumo. En algunos casos es muy recomendable instalar sistemas de producción exclusivos para ACS, próximos a los puntos de consumo.

**Figura 95.**  
Proximidad de sistemas de generación y consumo.



### 3. Circuito de retorno.

El Código Técnico de la Edificación, establece que cuando la distancia entre el sistema de consumo y el sistema de producción supera los 15 metros de tubería, ha de diseñarse un circuito de retorno o recirculación. Este circuito, lo que hace es impulsar o circular continuamente agua caliente desde el sistema de producción hasta cada grifo, a la espera de que alguno de ellos se abra, si no se abre, vuelve hasta el sistema de producción. Este circuito evita pérdidas tanto de agua (agua fría que se desperdicia hasta que llega agua caliente al grifo) como de energía al evitar calentar más agua de la deseada.

**Figura 96.:**  
Circuito de retorno



### 4. Aprovechamiento de aguas grises y pluviales.

Los sistemas de aprovechamiento, almacenamiento y filtrado de aguas grises o pluviales para su reutilización como satisfacción de otras demandas producidas en el edificio, tales como llenado de cisternas, enfriamiento vaporizado o sistemas de riego, se traducen en un ahorro notable de agua y una mejora de la sostenibilidad del edificio; aunque no sea una medida de ahorro de Agua Caliente Sanitaria.

## 7.1.2 // Griferías Eficientes

La implantación de sistemas de grifería tecnológicos, permiten ahorrar hasta el 50% del agua que se consume, lo que implica directamente una reducción de la demanda de energía.

Las griferías eficientes, no presentan diferencias con las griferías tradicionales en cuanto al confort y usabilidad de los usuarios.

#### 1. Grifería Monomando.

Su uso ya está muy implantado en la sociedad actual en edificios residenciales, terciarios e industriales.

Su sistema de apertura, cierre y mezcla de agua en una misma palanca, permite regular el caudal de agua caliente o tibia con menor consumo que los sistemas bimando.

**Figura 97.**  
Grifería monomando



## 2. Grifería Termostática.

Son griferías que disponen de un selector de temperatura ya que en su interior están formados por materiales termosensibles que se contraen o expanden en función de la temperatura.

Estos sistemas permiten mayor ahorro de agua que los grifos monomando.

**Figura 97.**  
Grifería termostática



## 3. Grifería Temporizada.

De implantación preferente en edificios de uso público. Permiten controlar la salida de agua mediante un temporizador durante un determinado tiempo, pasado el cual se cierran automáticamente.

Se estima que el ahorro de agua con respecto a otros grifos de acción manual está en torno al 40%.

**Figura 98.**  
Grifería temporizada



#### 4. Grifería Electrónica.

De implantación preferente en edificios de uso público o del sector servicios. A través de un detector por infrarrojos, permiten accionarse únicamente cuando detecta manos debajo del caño del agua cerrándose en cuanto se retiran.

Se estima que el ahorro de agua con respecto a otros grifos de acción manual está en torno al 20%.

**Figura 99.**  
Grifería electrónica



#### 5. Grifería con aireadores.

Su funcionamiento se basa en añadir aire al agua expulsada por la grifería, de tal manera que aumenta su volumen y la superficie de contacto entre el chorro de agua y la superficie a limpiar.

Este tipo de griferías permiten al usuario unos ahorros de consumos de agua entre el 30% y el 40%.

### 7.1.3 // Sanitarios Eficientes

Los aparatos sanitarios, suponen entorno al 20% del consumo de agua diaria en una vivienda, por lo que la instalación de sanitarios eficientes, permiten ahorrar hasta el 40% del agua que se destina a tal uso. Esta medida no es una medida de ahorro de ACS, sin embargo, toda medida de sostenibilidad y ahorro de agua, en algunos casos implicará directamente un ahorro de energía, puesto que, al reducir la cantidad de agua consumida, reducirá el consumo de energía necesaria de los grupos de presión para impulsar el agua hasta el punto de consumo en edificios grandes, lo que implica directamente una reducción de la demanda de energía.

Existe un certificado, HETs (High Efficiency Toilets), que garantiza al usuario que el aparato sanitario es eficiente y cumple con un cierto ahorro de agua.

#### 1. Doble sistema de descarga.

Existen sanitarios cuyo tanque de descarga dispone de dos botones, uno descarga medio depósito, y el otro depósito entero. Se estima que la implantación de estos sanitarios supone un ahorro de hasta un 23% de agua.

**Figura 100.**  
Sanitario con doble sistema de descarga



## 2. Tanques menor volumen.

Los inodoros convencionales consumen entre 13 y 20 litros. Un inodoro eficiente es el que reduce el volumen de agua del tanque hasta una capacidad de entre 6 y 9 litros manteniendo una potencia de arrastre de 500 gramos. El ahorro de agua se estima en hasta un 50%, en función del modelo de inodoro.

**Figura 101.**  
Sanitario con tanque de menor volumen.



## 3. Sistemas lavabo-inodoro

Recientemente ha salido al mercado un sistema compacto de lavabo e inodoro, el cual reutiliza el agua del lavabo para el llenado del agua de la cisterna, lo cual supone un ahorro del 100% del agua empleada en los inodoros.

**Figura 102.**  
Sistema lavado-inodoro.



### 7.1.4 // Climatización. Calefacción.

Los sistemas de consumo de calefacción, se pueden englobar en tres tipos, en función del elemento principal:

#### Sistemas todo en uno producción y consumo.

##### 1. Chimeneas, estufas y glorias

Es el sistema más antiguo en cuanto a climatización se refiere. El uso del fuego como sistema de climatización se remonta a tiempos inmemoriales, que con el paso del tiempo se fue perfeccionando hasta lograr complejos sistemas de glorias y chimeneas verticales, que conseguían climatizar una vivienda entera desde una chimenea ubicada generalmente en las cocinas.

##### 2. Convectores

Son aparatos generalmente eléctricos, que funcionan con una resistencia, la cual se calienta y por convección el aire circula en el habitáculo a calefactar. Es un sistema poco eficiente, empleado para calefactar habitáculos de reducidas dimensiones cuando no hay sistemas de producción instalados.

##### 3. Ventilador-convectores

Son aparatos cuyo funcionamiento es igual al de los convectores, con la diferencia de que, a mayores, disponen de un ventilador que ayuda a la impulsión y recirculación del aire calefactado.

#### Sistemas de consumo. Agua

##### 1. Radiadores

Es el sistema de climatización más empleado en la arquitectura convencional. Su funcionamiento es relativamente sencillo; se trata de un elemento ubicado en las paredes, que puede ser de aluminio, o de fundición, a través de los cuales se hace circular una red de agua caliente, que conecta todos los radiadores con el sistema de producción.

La diferencia entre los radiadores de aluminio y los de fundición, a parte del peso, es la inercia térmica. Los radiadores de fundición tienen mucha más inercia térmica que los de aluminio. Esto quiere decir, que guardan durante más tiempo la temperatura, por lo que tardan más en calentarse y más en enfriarse que los otros.

Fueron sustituidos por los de aluminio por cuestiones estéticas, de mantenimiento, precio y confort, aunque muchas viviendas aun disponen de radiadores de fundición.

## 2. Suelo Radiante. Paredes Radiantes. Techo Radiante. Forjados Activos.

Su funcionamiento es similar al concepto tradicional de “gloria” y al funcionamiento de los radiadores. Se trata de sistemas que reparten el calor de forma homogénea en toda la superficie de una habitación, y no puntual como los radiadores, lo que aumenta el confort. Para ello se dispone de una red de tuberías, bien en techos, paredes o suelos, por la cuales circula una red de agua caliente, lo que “convierte” las paredes, techos o suelos de nuestros edificios en radiadores gigantes.

Es el sistema más eficiente de climatización, ya que aprovecha la inercia térmica de los suelos y paramentos, los cuales una vez han sido calentados a baja temperatura, siguen irradiando calor.

### Sistemas de consumo. Aire

#### 1. Fancoils

Son aparatos de distribución de aire caliente, producido por máquinas externas, y conducido hasta los mismos por un sistema de conductos, cuya salida puede disponer o no de impulsores.

#### 2. Sistema VRF

Sistema de Flujo de Refrigerante Variable (Variable Refrigerant Flow). Es un sistema de distribución de aire climatizado (frío o calor) consistente en la instalación de una unidad exterior, y tantas unidades interiores se deseen por habitaciones. La unidad exterior distribuye un líquido refrigerante hasta cada unidad interior, que calienta o enfría el aire impulsado por dicha unidad.

Pueden ser sistemas solo frío, o frío y calor.

### 7.1.5 // Climatización. Refrigeración.

Los sistemas de consumo de refrigeración, se pueden englobar, al igual que los sistemas de consumo de calefacción, en distintas categorías:

#### Sistemas de consumo. Agua

#### 1. Suelo Radiante. Paredes Radiantes. Techo Radiante. Forjados Activos.

Su funcionamiento es similar al concepto tradicional de “gloria” y al funcionamiento de los radiadores. Se trata de sistemas que reparten el calor de forma homogénea en toda la superficie de una habitación, y no puntual como los radiadores, lo que aumenta el confort. Para ello se dispone de una red de tuberías, bien en techos, paredes o suelos, por la cuales circula una red de agua caliente, lo que “convierte” las paredes, techos o suelos de nuestros edificios en radiadores gigantes.

Es el sistema más eficiente de climatización, ya que aprovecha la inercia térmica de los suelos y paramentos, los cuales una vez han sido calentados a baja temperatura, siguen irradiando calor.

## Sistemas de consumo. Aire

### 1. Fancoils

Son aparatos de distribución de aire, producido por máquinas externas, y conducido hasta los mismos por un sistema de conductos, cuya salida puede disponer o no de impulsores.

### 2. Sistema VRF

Sistema de Flujo de Refrigerante Variable (Variable Refrigerant Flow). Es un sistema de distribución de aire climatizado (frío o calor) consistente en la instalación de una unidad exterior, y tantas unidades interiores se deseen por habitaciones. La unidad exterior distribuye un líquido refrigerante hasta cada unidad interior, que calienta o enfría el aire impulsado por dicha unidad.

Pueden ser sistemas solo frío, o frío y calor.

## 7.1.6 // Ventilación

A medida que se han desarrollado nuevos sistemas constructivos y la normativa ha obligado a mejorar las envolventes exteriores de los edificios, aumentando el aislamiento térmico empleado, han surgido nuevos sistemas de ventilación eficientes, para satisfacer la necesidad de renovar el aire viciado existente en el interior de los edificios y suministrar aire limpio.

En la medida en que ha ido evolucionando la normativa, en este caso el CTE-DB-HE (ahorro de energía), han ido evolucionando los sistemas de ventilación, de menos a más eficientes.

- ▶ Sistema A: Entrada natural y extracción natural.
- ▶ Sistema B: Entrada mecánica y extracción natural.
- ▶ Sistema C: Entrada natural y extracción mecánica.
- ▶ Sistema D: Entrada mecánica y extracción mecánica
- ▶ Sistemas combinados

### Sistema A: Entrada natural y extracción natural

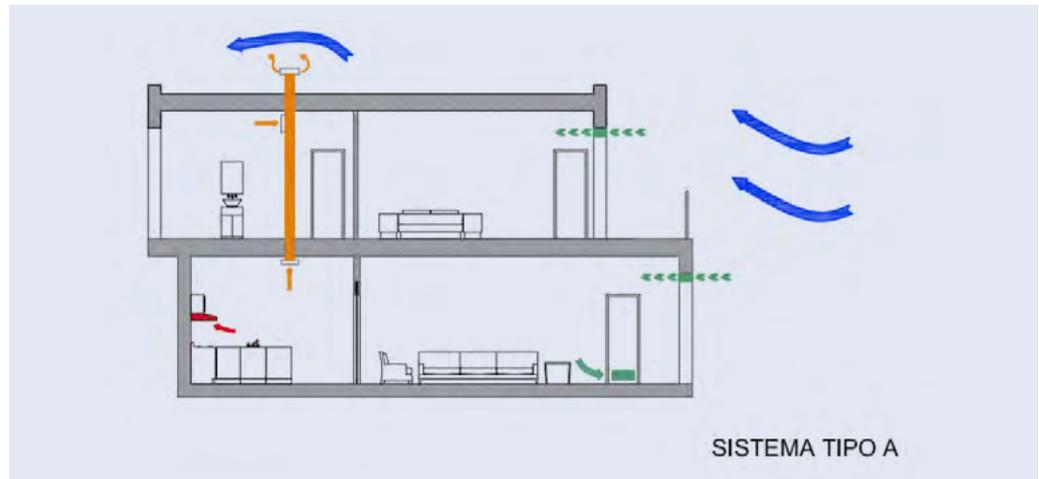
Es el sistema más sencillo al no disponer de aparatos mecánicos, ni en su entrada ni en la extracción del aire. Para realizar la renovación del aire, se basan en la presión que el aire ejerce sobre las fachadas de los edificios por las diferencias de temperatura. La entrada de aire se produce por el mal sellado de las puertas y ventanas, o por aberturas regulables en las fachadas, mientras que la extracción se producía por sub-presión mediante conductos libres al exterior.

Este sistema ya no se utiliza debido al gran desconfort generado, y al elevado consumo energético.

Como ventaja, señalar la sencillez del sistema, así como lo silencioso y barato al no disponer de maquinaria que emita ruidos y consuma electricidad.

Por otro lado, cabe destacar como desventajas, que no se pueden regular ni garantizar los caudales de entrada de aire ya que dependen de las corrientes térmicas y de la presión del viento, por otro lado, dichas aberturas de entrada, generan a su vez discomfort térmico, al introducir aire directamente a la temperatura exterior, y acústico.

**Figura 103.**  
Sistema de Ventilación Tipo A:  
Entrada natural y extracción  
natural.



### **Sistema B: Entrada mecánica y extracción natural.**

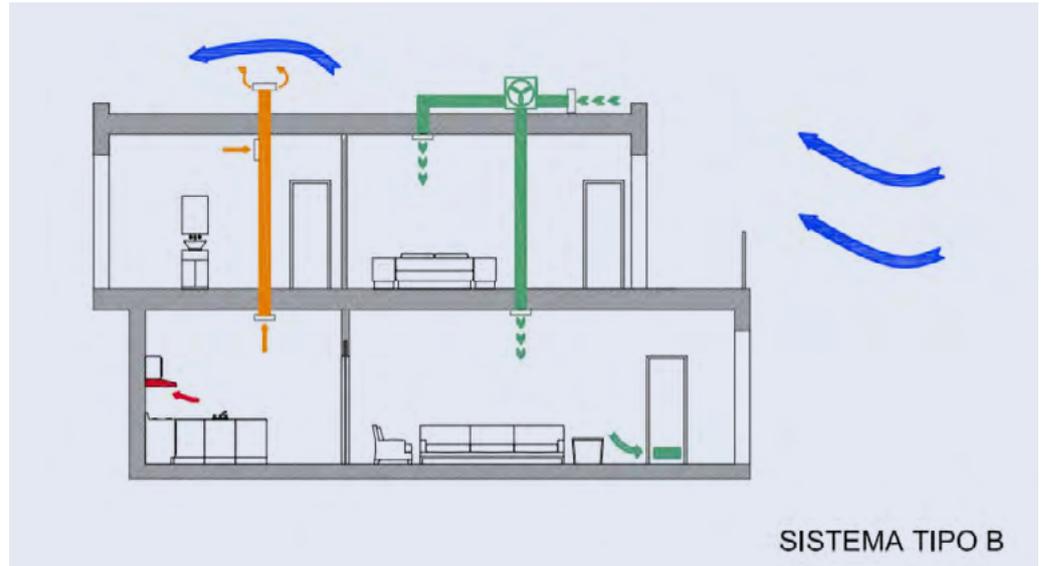
Este sistema utiliza uno o más ventiladores para realizar la entrada de aire al edificio e impulsarlo hasta los habitáculos deseados a través de conductos. Este sistema permite su regulación pudiendo quedar cerrado.

La extracción se realiza de forma natural, como en el Sistema A, de forma natural con rendijas en las zonas húmedas de forma libre al exterior.

Como ventaja, señalar la capacidad de controlar la admisión del aire, así como la posibilidad de ser filtrado y evitar la entrada de aire contaminado y polvo. Por otro lado, limita de alguna manera también la entrada de ruido.

Como desventajas, es necesario señalar que genera discomfort térmico, al introducir aire directamente a la temperatura exterior, y la posibilidad de generar niveles sonoros molestos producidos por el ventilador y los conductos, si no está calculado de forma correcta.

**Figura 104.**  
Sistema de Ventilación Tipo B:  
Entrada mecánica y extracción  
natural.



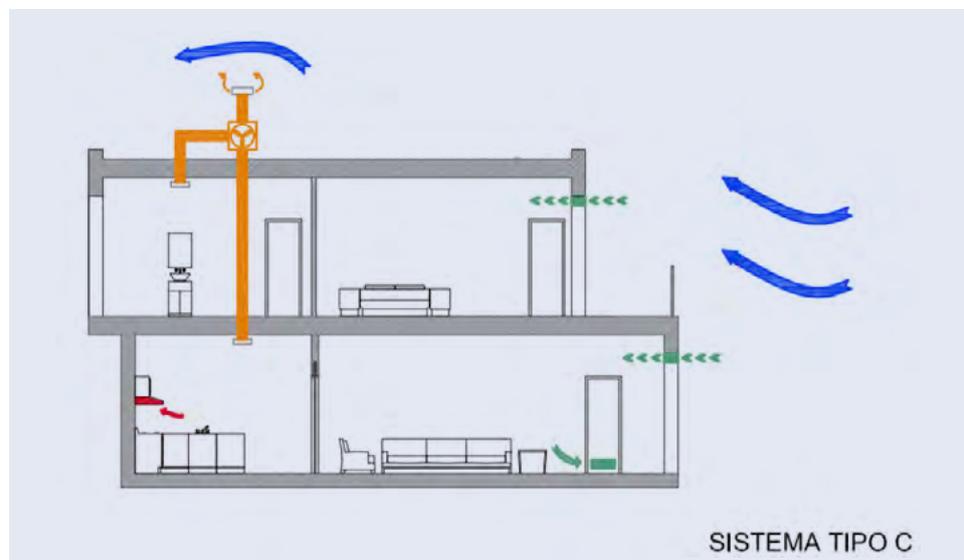
### Sistema C: Entrada natural y extracción mecánica.

El sistema de admisión de aire se realiza de forma natural por las fachadas mediante rejillas o por el mal sellado de las puertas y ventanas. Este sistema se basa en la presión que el aire ejerce sobre las fachadas de los edificios por las diferencias de temperatura. La extracción de aire viciado se realiza desde las zonas húmedas, de forma mecánica por medio de un extractor conectado a conductos por donde se extrae dicho aire al exterior.

Como ventajas señalar, que es un sistema sencillo que precisa de un mantenimiento mínimo.

Sin embargo, presenta alguna desventaja, como la existencia de discomfort, al no poder regular el caudal de aire de entrada, ni la temperatura del mismo, así como la entrada de ruido del exterior.

**Figura 105.**  
Sistema de Ventilación Tipo C:  
Entrada natural y extracción  
mecánica.



## Sistema D: Entrada mecánica y extracción mecánica.

El sistema de admisión y extracción de aire se realiza de forma mecánica por lo que los caudales quedan garantizados.

Existen dos subtipos de ventilación mecánica:

- ▶ **Sistema D1.**  
Admisión mecánica centralizado y extracción mecánica centralizada.
- ▶ **Sistema D2.**  
Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica centralizada.

### Sistema D.1: Admisión mecánica centralizada y extracción mecánica centralizada

En este sistema tanto la admisión como la extracción mecánica está centralizado; para ello, se emplea un sistema de conductos que permite conectar la admisión y la extracción con un sistema centralizado que regula los caudales de entrada y salida, funcionando de forma equilibrada.

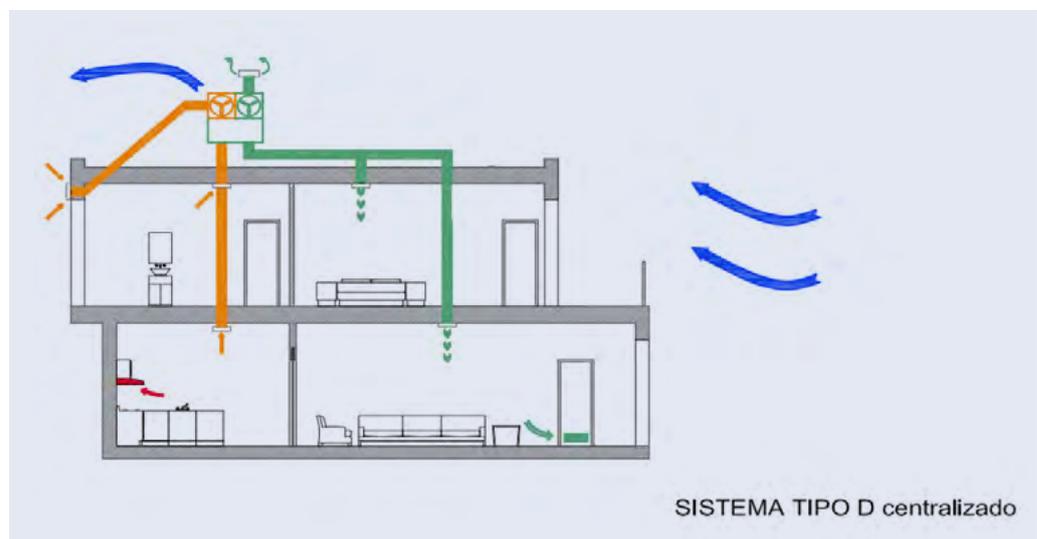
Debido al funcionamiento centralizado, la ventilación se realiza en todos los habitáculos, independientemente de su ocupación o calidad del aire interior.

La mayor ventaja que presenta este sistema, es la posibilidad de integrar en el sistema un recuperador de calor, que permite controlar los caudales y aprovechar el intercambio de temperaturas entre el aire de admisión y el de expulsión, por supuesto sin mezclarse, reduciendo de forma notable las cargas de climatización. Los recuperadores de calor están compuestos por filtros de aire, ventiladores para impulsión y extracción, así como un intercambiador de calor.

Como ventajas, señalar la garantía de los caudales, así como la posibilidad de incorporar un filtro de aire en la admisión, o un sistema de recuperación de calor.

Como desventaja, señalar la necesidad de mantenimiento de los ventiladores y conductos, así como el consumo energético de los ventiladores.

**Figura 106.**  
Sistema de Ventilación  
Tipo B: Entrada mecánica  
centralizada y extracción  
mecánica centralizada.



### Sistema D.2: Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica centralizada

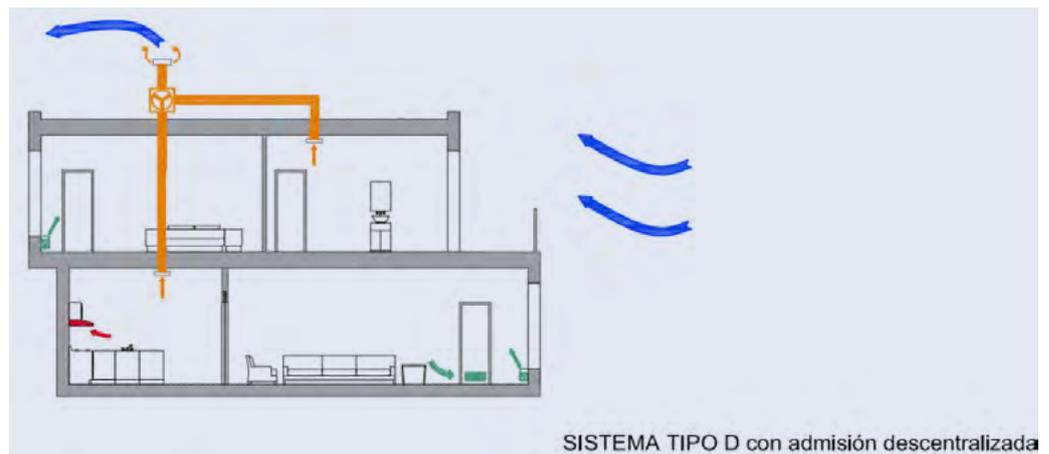
El presente sistema, incorpora las virtudes de los dos sistemas anteriores, supliendo sus inconvenientes. Dispone de distintas unidades de impulsión mecánicas descentralizadas, sin necesidad de conductos, mientras que la expulsión se realiza de forma mecánica de forma centralizada por las cocinas y aseos.

Para la admisión, se colocan distintas unidades en las habitaciones deseadas, que permiten regular el caudal de admisión de manera individualizada.

Como ventaja señalar que no requiere conductos de admisión, por lo que se reduce el mantenimiento. A destacar también su fácil implementación en rehabilitaciones y la posibilidad de filtrar el aire de admisión.

El inconveniente que presenta este sistema son los orificios generados en fachada para la admisión, y la necesidad de disponer de un punto de corriente cercano a cada unidad mecánica de admisión.

**Figura 107.**  
Sistema de Ventilación  
Tipo B: Entrada mecánica  
descentralizada y extracción  
mecánica centralizada.



## 7.2 Sistemas de generación: las energías renovables

### 7.2.1 // La energía eólica o mini-eólica

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

- ▶ Eólica terrestre
- ▶ Eólica marina
- ▶ Eólica de pequeña potencia

La energía eólica más utilizada en la edificación es la Eólica de pequeña potencia, que se define como “El aprovechamiento de los recursos eólicos mediante la utilización de aerogeneradores de potencia inferior a 100kW.” La limitación de 100kW viene marcada por el Reglamento de Baja tensión, que establece como máximo dicha potencia. A su vez, la norma IEC 61400-2 limita el área de barrido del rotor a 200m<sup>2</sup>.

Los aerogeneradores instalados en la edificación generalmente tienen una potencia instalada de en torno a 10 kW, dependiendo de la superficie de suministro, ya que para usos residenciales colectivos o grandes centros comerciales, se emplean aerogeneradores de mayor potencia.

La ventaja de instalar un aerogenerador, y beneficiarse de la energía minieólica son las siguientes:

- ▶ Producción de energía sin emisiones de CO<sub>2</sub> ni otros contaminantes.
- ▶ Producción local de electricidad reduciendo o minimizando las pérdidas de energía por transporte.
- ▶ Producción de energía donde no ha llegado la red eléctrica.
- ▶ Generación de energía con bajas velocidades de viento, desde 2,50 m/s.

#### Tipos de turbinas

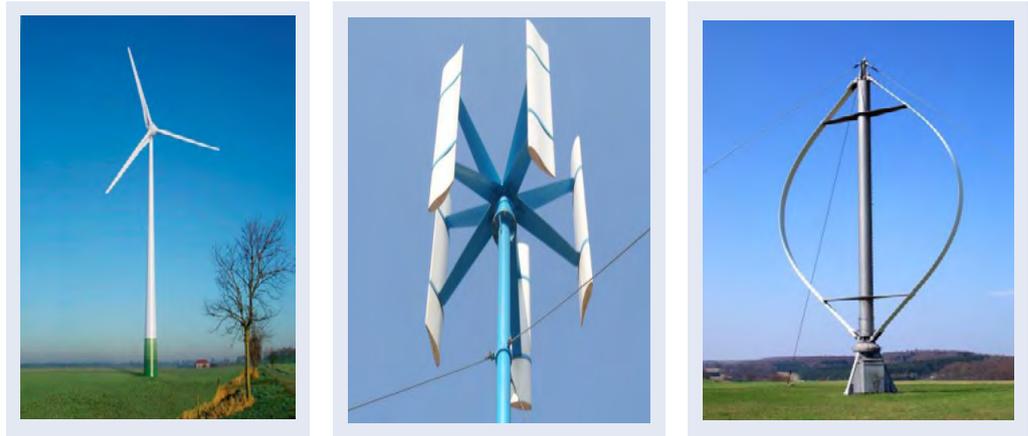
Existen diferentes tipos de aerogeneradores de pequeña potencia, que pueden clasificarse en función de la disposición de su eje.

- ▶ **Eje horizontal**  
Con el eje de rotación paralelo a la dirección del viento.
- ▶ **Eje Vertical de Sustentación (EVS): Darrieus**  
Formado por tres palas de forma ovalada con el eje de rotación perpendicular a la dirección del viento.
- ▶ **Eje Vertical de Arrastre (EVA): Savonius**  
Basado en el principio de funcionamiento de un anemómetro de cazoletas, aprovechando la diferencia de fuerza del viento entre una superficie cóncava y una convexa.

**Figura 108.**  
Aerogenerador de eje horizontal.

**Figura 109.**  
Aerogenerador de eje vertical de sustentación.

**Figura 110.**  
Aerogenerador de eje vertical de arrastre.



Para una zona urbana, los aerogeneradores de eje vertical son los más recomendables ya que aprovechan y son capaces de funcionar con vientos turbulentos cerca de la tierra, por lo que su instalación cerca de edificios o en tejados es compatible.

A mayores, la velocidad de rotación de los aerogeneradores de eje vertical, es relativamente lenta, lo que asegura un nivel sonoro más bajo en comparación con los de eje horizontal.

### Tipos de conexión

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

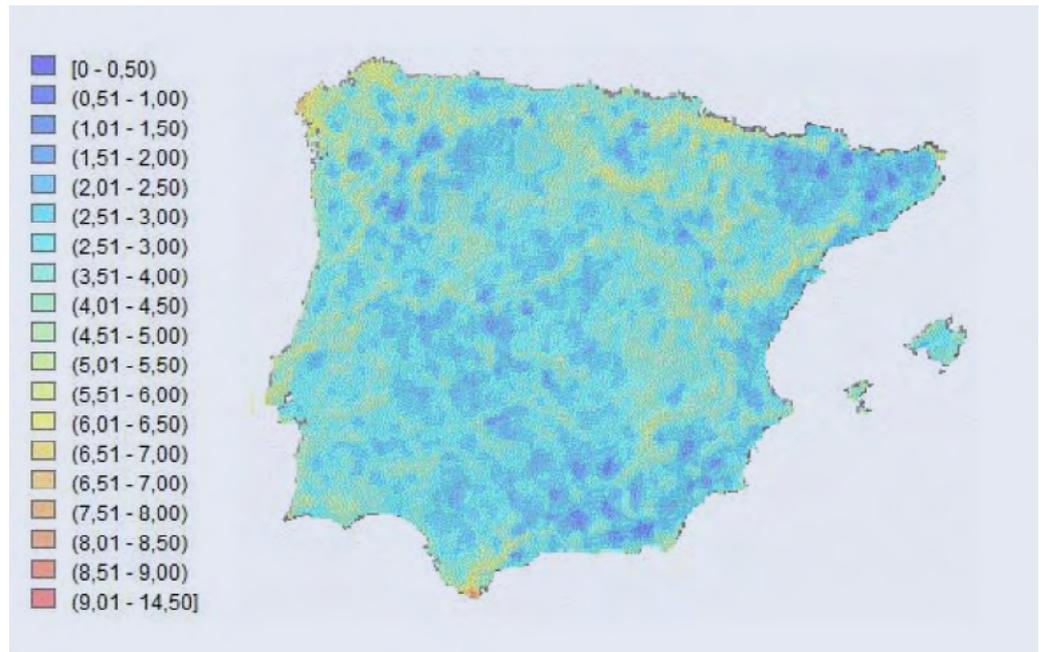
- ▶ **Sistemas conectados a la red eléctrica.**  
Se suelen conectar a la red eléctrica los aerogeneradores cuando el marco retributivo es lo suficientemente interesante y los trámites de conexión no son prohibitivamente caros y complejos.
- ▶ **Sistemas aislados.**  
Se suelen instalar cuando no hay un punto cercano de instalación de la edificación a la red, y se abastecen únicamente de la energía eólica.

### Recursos eólicos en España

A continuación, se muestra un mapa de los recursos eólicos de la península ibérica y baleares a 10m de altura, elaborado por el CENER.

En la misma página, se pueden obtener las series horarias de velocidad, dirección de viento, temperatura y presión, así como el mapa eólico a otras alturas.

**Figura 111.**  
 Recurso eólico en la península ibérica.  
 Fuente: CENER.



## Recomendaciones

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

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

## 7.2.2 // Energía solar en la edificación

La Energía Solar es una de las más empleadas en la edificación por los grandes esfuerzos e incentivos que desde los distintos gobiernos y directrices europeas se han ido implantando con el paso de los años.

### Energía solar térmica

Las instalaciones solares térmicas, basan su funcionamiento en el aprovechamiento de la radiación del sol, para calentar un fluido caloportador, de forma general agua o aceite. Para ello suelen disponer de elementos pigmentados de color oscuro, negro, que facilitan la máxima captación de la radiación como elementos absorbentes. El fluido es calentado por la radiación solar, y es transportado hasta un acumulador donde se almacena hasta su utilización. Para evitar pérdidas de temperatura del fluido caloportador, es necesario que los elementos en contacto con dicho fluido, como el acumulador, tuberías y captador estén correctamente aislados, en función del clima en que se instale.

Existe la posibilidad de aumentar el rendimiento de la instalación, aprovechando el efecto invernadero, para lo cual, en el caso de los colectores solares térmicos, bastaría con utilizar una superficie acristalada que permita el paso de la mayor cantidad posible de radiación solar directa y evita que atraviese la longitud de onda corta reflejada por el elemento absorbente, de modo que la radiación quede retenida en el interior del colector.

De esta forma, y basado en los tres principios descritos, el sistema se basa en emplear una superficie negra para absorber el máximo de radiación solar, emplear un cerramiento acristalado para beneficiarse del efecto invernadero, así como aislar todos los elementos para reducir las pérdidas. El empleo de este sistema está extendido a todo tipo de edificios, siendo más empleado en edificios residenciales debido a su obligatoriedad.

### Elementos principales de la Instalación

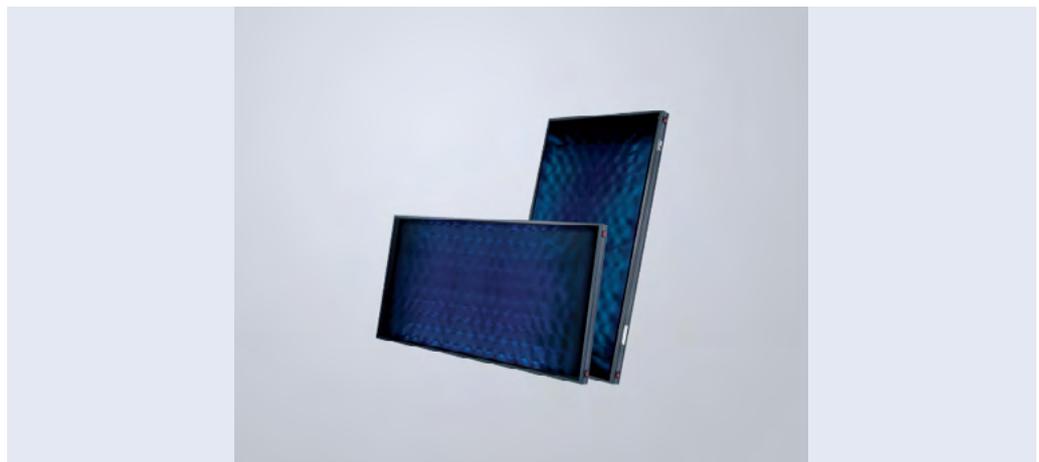
#### ▶ Captadores

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

#### ▶ Colectores Solares Planos

Son los más empleados, constan de un cajón rectangular, con una cubierta de cristal en la cara orientada al Sol, y aislado en las restantes. Por el interior del cajón se hace circular un fluido caloportador (normalmente agua), a través de un circuito en serpentín integrado en un elemento absorbente oscuro.

**Figura 112.**  
Captador Solar Plano.



#### ▶ Tubos de Vacío

Este sistema se basa en la encapsulación de la tubería que porta el fluido caloportador, haciendo el vacío, por lo que desaparecen las pérdidas por convección y conducción. Se basa en los mismos principios que los captadores solares planos, es decir, hacen circular un fluido por un circuito expuesto al sol, de modo que éste se calienta.

Los tubos de vacío a menudo ofrecen unos rendimientos mayores que los colectores solares planos, aunque tienen un mayor coste económico. Otra de las ventajas es que permiten trabajar con rendimientos óptimos en orientaciones hasta 20° distintas a la ideal.

**Figura 113.**  
Captador Solar Tubo de Vacío.



► **Colectores de polipropileno**

Este sistema se emplea para usos cuya demanda térmica no sea muy elevada, y/o cuando se exige un presupuesto más reducido. Su rendimiento es bastante más bajo que los sistemas anteriormente descritos, sin embargo, su uso está muy extendido para climatización de piscinas.

**Figura 114.**  
Captador Solar de Polipropileno.



► **Acumuladores**

Generalmente el momento de consumo de ACS no tiene por qué coincidir temporalmente con la existencia de radiación solar, y para asegurar este servicio, es necesario acumular el fluido calentado, de modo que esté disponible cuando se requiera. Para ello existen los acumuladores, que no son más que un depósito de almacenamiento del fluido calentado diseñado con aislamiento específico para evitar pérdidas de calor.

Es necesario guardar una correcta relación entre la superficie del captadora, y el volumen acumulado, ya que si es demasiado pequeño no se aprovecharía todo el potencial de la instalación, y si es demasiado grande puede que nunca se llegue a alcanzar la temperatura deseada en todo su volumen.

### ► **Sistemas de Apoyo**

Dependiendo de la dimensión del acumulador, y de los picos de demanda existentes, es posible que el consumo sea mayor que lo previsto o que durante varios días de escasa radiación no se haya alcanzado la temperatura deseada del fluido. Para estos casos, toda instalación solar térmica, debe disponer de un sistema de energía auxiliar que ayude a la instalación solar en los momentos que ésta no sea capaz de aportar todo el calor necesario. Los sistemas de apoyo pueden ser de cualquier tipo, siendo las más habituales resistencias eléctricas dentro de los acumuladores, calderas de biomasa, o calderas convencionales.

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

### ► **Sistemas de Distribución**

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

## **Instalaciones de circuito abierto y cerrado**

### **1. Circuito Abierto**

Constan de un solo circuito, por el que circula agua desde la captación hasta el acumulador. Su funcionamiento se basa en el movimiento natural del fluido al ser calentado en los captadores, ya que, en ese momento, su densidad disminuye subiendo y desplazando a su vez al fluido frío que baja.

Este sistema de circulación es el más económico de instalar y suele ser el que mejores rendimientos tiene ya que se prescinde de intercambiador de calor. Por otro lado, presenta algún inconveniente a tener en cuenta, como su exposición a las heladas, y la posibilidad de disponer de sedimentos calcáreos en su interior.

Por ello se recomienda su instalación en climas cálidos, o cuando se demande un servicio estacional en los meses en los que no se alcancen temperaturas bajo cero.

## 2. Circuito Cerrado

Los circuitos cerrados, individualizan el circuito de consumo y el circuito de circulación por el colector solar. Por el circuito primario, el que forma parte del captador, circula un fluido que puede ser diferente al agua, y tener unas propiedades especiales, como el aceite, que tiene el punto de congelación más bajo. Este circuito, entra en el acumulador en forma de serpentín, calentando el agua existente en su interior, lista para su consumo.

Esta configuración, tiene como ventaja la posibilidad de instalarse en climas con temperaturas bajo cero sin riesgo de sufrir roturas por las heladas, y al ser siempre el mismo fluido, estará libre de impurezas y se le puede añadir anticongelante. Por otro lado, al haber un intercambio de calor entre el circuito primario y el agua de consumo, existe una reducción del rendimiento del sistema, con respecto al sistema abierto.

## Instalaciones de circulación natural y forzada

### 1. Circulación natural o termosifón

Los circuitos naturales se basan en principios físicos, y se aprovechan del movimiento del fluido caliente producido de forma natural al perder densidad y tener por tanto una mayor tendencia a subir, mientras que el agua fría baja. De esta manera, si se coloca el acumulador más elevado que el captador solar, se asegura la circulación del fluido por el circuito sin necesidad de instalar un sistema de impulsión mediante bomba.

Este sistema se emplea para cubrir pequeñas demandas en sitios cálidos, mediante sistemas compacto captador-acumulador en una única pieza.

### 2. Circulación forzada

A diferencia de la circulación natural, el fluido caloportador, es impulsado por una bomba. Se suele emplear este sistema cuando la superficie del captador solar, y el volumen del acumulador son mayores, y se encuentran separados, para agilizar el transporte desde el captador hasta el acumulador, reduciendo las pérdidas en el trayecto.

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

## Energía solar fotovoltaica

En general, la energía fotovoltaica, se basa en la propiedad de determinadas células, que, al estar interconectadas entre sí, producen electricidad al incidir sobre ellas la luz solar. Se caracterizan por la denominada “potencia pico” que es la potencia máxima que puede generar dicho módulo en unas determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura.

El fenómeno físico por el cual se produce electricidad al incidir irradiación solar sobre determinadas células se conoce como “*efecto fotoeléctrico*” por el cual ciertos materiales sensibles a la luz emiten electrones cuando hay irradiación solar sobre ellos. Los electrones liberados por las distintas células conectadas en serie, se transforman en un flujo de corriente continua. El material que, por el momento, mejor se comporta ante dicho efecto, es el silicio, el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre después del oxígeno. Cabe destacar que, para mejorar el funcionamiento de este material, se recubre la superficie con una capa anti reflectante.

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

### 1. Silicio Monocristalino

Son los más eficientes. Están formados por células fotovoltaicas cuya cristalización se ha producido en una única pieza. Estéticamente su apariencia es homogénea y debido al proceso de fabricación se comercializa en formas hexagonales o circulares.

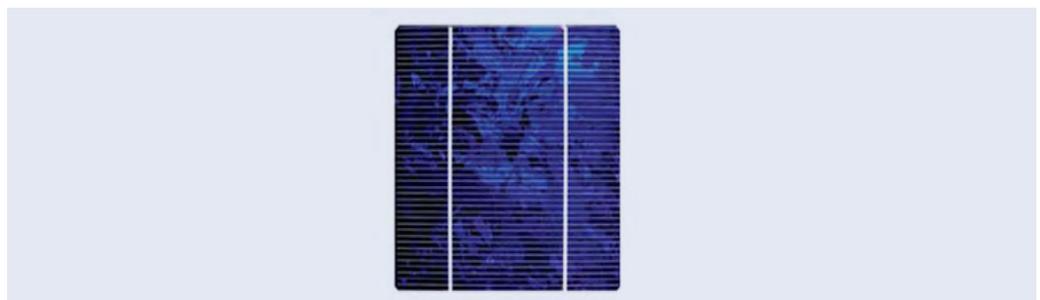
**Figura 115.**  
Silicio Monocristalino.



### 2. Silicio Policristalino

Presentan un rendimiento ligeramente inferior a las anteriores, y forman cristales desordenados. Su composición permite distinguir los distintos cristales que integran la célula.

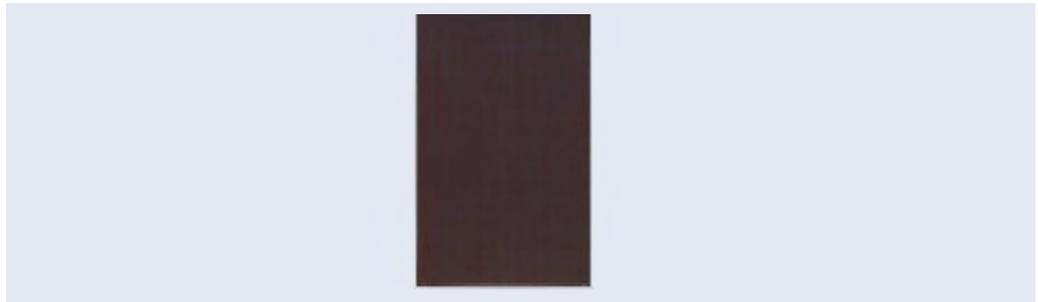
**Figura 116.**  
Silicio Polocristalino.



### 3. Amorfos o Capa fina

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

**Figura 117.**  
Silicio Amorfo.



#### Funcionamiento de las células fotovoltaicas

El funcionamiento de las células fotovoltaicas se basa en principios físicos conocidos, como que los átomos que conforman los diferentes materiales, están integrados por núcleos cargados positivamente, y electrones con carga negativa. A los materiales capaces de establecer circuitos por donde circule corriente eléctrica, que no es más que un flujo de electrones de carga negativa debido a una diferencia de potencial eléctrico, se les conoce como conductores.

Las células fotovoltaicas, únicamente generan electricidad cuando se cumplen tres de las siguientes condiciones:

- a. Al añadir a un semiconductor puro, unas dosis de átomos “dopantes”, capaces de ceder o ganar electrones, se modifica el número de cargas positivas y negativas.
- b. Si se expone una célula fotovoltaica a una radiación luminosa con energía suficiente, los fotones ceden energía a un electrón de la banda de valencia, lo que le permite pasar a la banda de conducción, lo que genera una corriente eléctrica.
- c. Para crear una diferencia de potencial, también denominado campo eléctrico, es preciso unir dos semiconductores que contengan una densidad de cargas diferente. La simple existencia de estas cargas positivas y negativas origina de manera natural un campo eléctrico.

### 7.2.3 // Bombas de calor.

Como descripción general, una bomba de calor, es una máquina que transfiere calor desde un foco frío a otro caliente utilizando en el proceso una cantidad de trabajo relativamente pequeña, siendo esta la ventaja frente a otros sistemas.

Las bombas de calor, basan su funcionamiento en aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en aire, tierra o agua, y que permite calefactar las estancias interiores con una pequeña aportación de energía eléctrica.

Permite también realizar un proceso de transferencia de calor en sentido inverso, es decir la bomba de calor extrae la energía térmica del interior y lo devuelve al exterior, refrigerando las estancias interiores, (robándolas el calor).

A menudo, la potencia calorífica o frigorífica de las bombas de calor, como la eficiencia energética (COP), sufren a menudo variaciones en función de la temperatura a la que estén sometidas, independientemente de las eficiencias de los distintos componentes de las máquinas.

Por otro lado, a mayor COP de una bomba, mayor es la proporción de energía renovable térmica empleada.

En cuanto a la refrigeración, es preciso destacar que las bombas de calor que utilizan el terreno como sumidero de calor (geotermia) tienen mejor COP que una bomba de calor basadas en aire (aerotermia).

#### Elementos de las bombas de calor.

##### ▶ Evaporador:

El evaporador es la maquinaria que se sitúa en las estancias a climatizar. Es un serpentín por el cual circula un fluido frío, el cual absorbe el calor del aire que pasa a través de él, convirtiéndose el fluido en gas.

##### ▶ Compresor:

Como su propio nombre indica, comprime el fluido refrigerante (ya sea en estado líquido o gaseoso) que proviene del evaporador a baja presión, cediéndolo a alta presión. Los gases al aumentar la presión, aumentan la temperatura.

##### ▶ Condensador:

Se trata de un serpentín que absorbe el fluido en estado gaseoso a presión que sale del compresor. En esta fase, el gas caliente, va cediendo el calor al aire externo que pasa por el serpentín, convirtiéndose en líquido (condensación) y calentando el aire exterior.

▶ **Válvula de expansión:**

El líquido templado y licuado se expande, disminuyendo la presión, y transformándose otra vez en gas y a una temperatura más baja. Los gases al reducir su presión, reducen su temperatura.

### Tipos de Bombas de Calor

Las bombas pueden clasificarse según varios criterios:

1. Según el medio con el que intercambian el calor:
  - ▶ **Aire - aire:** El intercambio de calor se produce entre el aire de distintos ambientes. Se emplean para producir climatización.
  - ▶ **Aire - agua:** El intercambio se produce entre el aire del ambiente exterior, y un circuito hidráulico. Se emplean en sistemas de ACS y producción de climatización de base agua (suelo radiante)
  - ▶ **Geotérmica:** El intercambio se produce con el terreno, ya que dispone de temperaturas más estables que el ambiente exterior, siendo por ello aún más eficiente. Por otro lado la instalación también es más costosa.
2. Según la morfología de la bomba:
  - ▶ **Compactas:** Todos los componentes pertenecen a una entidad.
  - ▶ **Split:** Los componentes se distinguen en unidades interiores y exteriores para evitar ruidos en la zona a climatizar.
  - ▶ **Multisplit:** Disponen en el interior varias entidades para climatizar distintas estancias.
3. Según la funcionalidad:
  - ▶ **Reversibles:** Pueden calefactar o refrigerar.
  - ▶ **No reversibles:** Sólo puede producir calor o frío.
  - ▶ **Termofrigobombas:** Producen ambos a la vez.

### 7.2.4 // Geotermia

La temperatura de la tierra, a una profundidad aproximadamente de 10 metros, se mantiene constante y se aproxima a la temperatura media anual del aire ambiente en la zona.

Este fenómeno es debido a la energía aportada por la radiación solar, precipitaciones, y otros fenómenos por el cual se equilibra la temperatura.

Para profundidades comprendidas entre la superficie terrestre y los 10 metros, la temperatura varía en función de la profundidad y las características físicas del suelo, como conductividad, difusividad, calor específico.

## Configuraciones posibles

Los tipos de configuraciones más usuales suelen atender a los siguientes criterios de clasificación.

### Según el tipo de instalación:

#### a. Horizontal:

- a. Simple.
- b. Doble.

#### b. Vertical:

- a. Simple U.
- b. Doble U.
- c. Coaxial.

#### c. Slinky.

### Según la trayectoria del fluido:

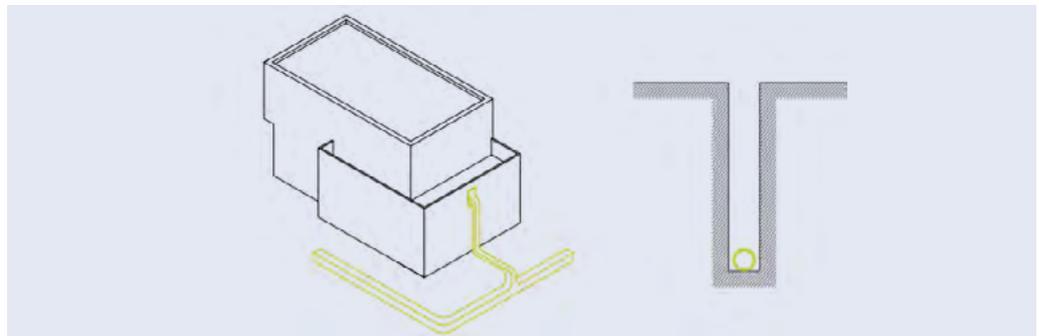
#### a. En serie.

#### b. En paralelo.

A continuación, se muestran unos esquemas del funcionamiento de los distintos sistemas

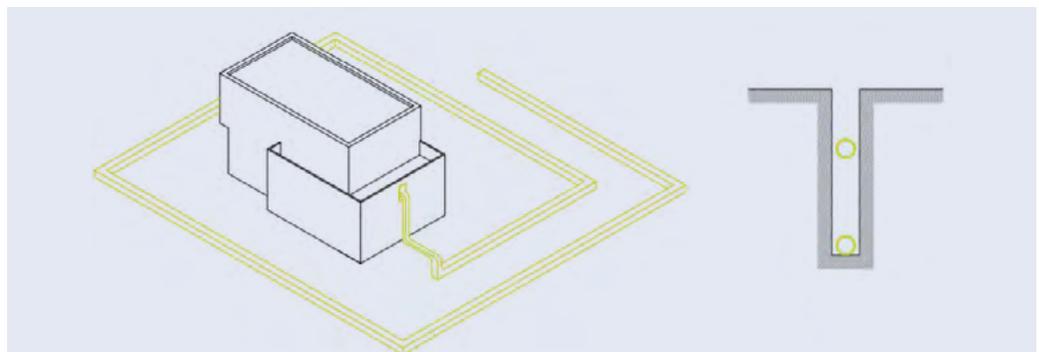
**Figura 118.**

Instalación de geotermia con sistema simple horizontal.

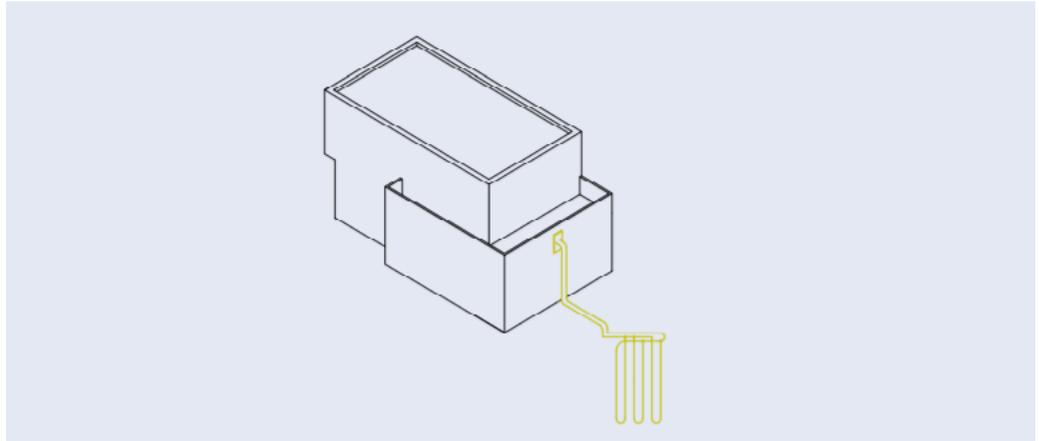


**Figura 119.**

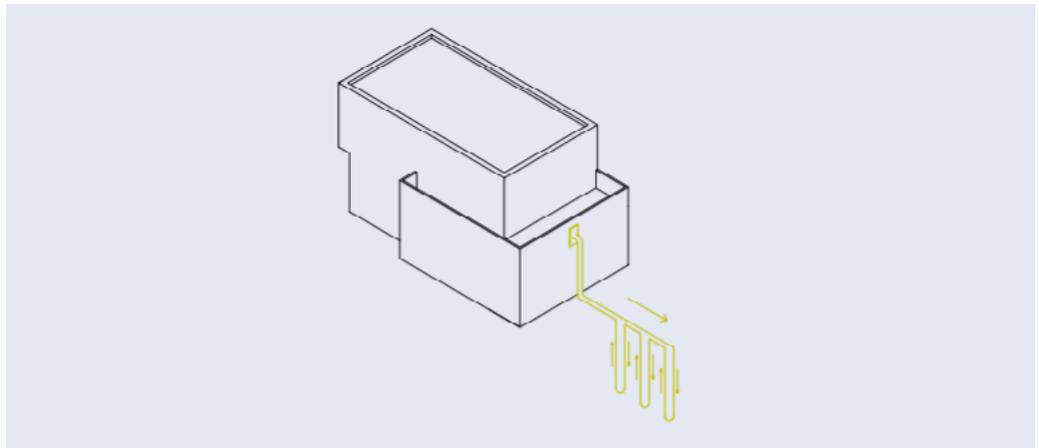
Instalación de geotermia con sistema doble horizontal.



**Figura 120.**  
Instalación de geotermia con sistema en paralelo vertical.



**Figura 121.**  
Instalación de geotermia con sistema en serie vertical.



La selección de uno u otro sistema, dependerá en gran medida de la superficie de terreno disponible, así como de la tipología de terreno (rocas, arcillas, gravas...) ya que no es lo mismo realizar una excavación profunda en uno u otro terreno.

Generalmente, los sistemas horizontales, se emplean en instalaciones de baja potencia (viviendas unifamiliares) con gran superficie disponible de terreno, mientras que los sistemas verticales, permiten abastecer a grandes instalaciones sin necesidad de disponer de grandes superficies de terreno.

Existe una variante de la instalación horizontal, llamada "Slinky", consistente en disponer tubería formando bucles, o espiras, también conocido como cestas, con lo que se consigue disponer de una mayor longitud de intercambiador en una superficie de excavación menor.

Para diseñar cada tipología de intercambiador de calor enterrado habrá que tener en cuenta lo siguiente:

### Intercambiador Horizontal

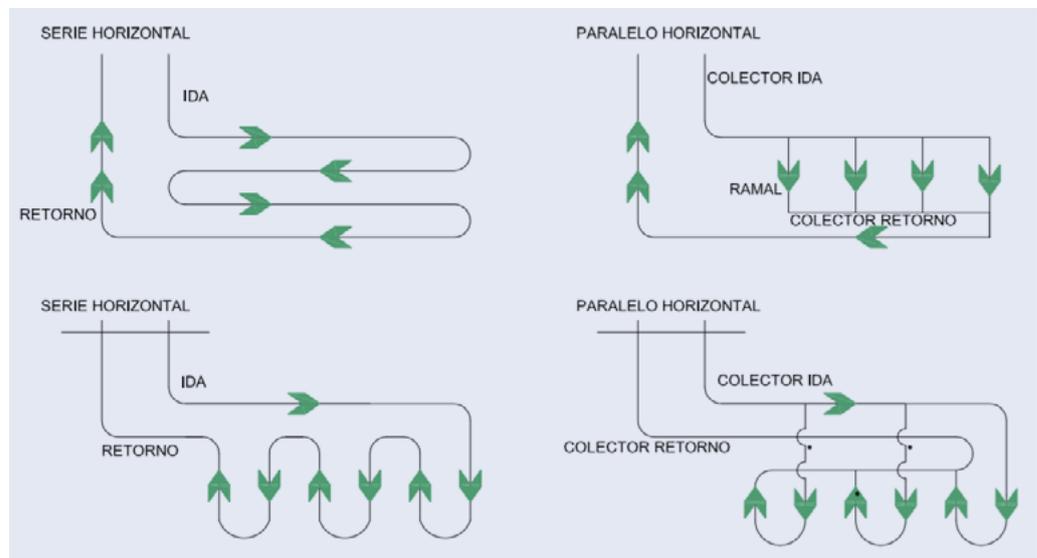
- ▶ Profundidad de la zanja.
- ▶ Número de zanjas.
- ▶ Espacio entre las sondas en cada zanja.

## Intercambiador Vertical

- ▶ Profundidad de cada perforación.
- ▶ Numero de perforaciones.
- ▶ Distancia entre perforaciones (Se recomienda que no sea menor a los 6 metros para evitar interferencias térmicas entre las perforaciones).

En los siguientes esquemas, se muestran las distintas configuraciones posibles, según la trayectoria del fluido. En las configuraciones en serie, solo existe una dirección del fluido, mientras que cuando se colocan en serie, el fluido puede tomar dos o más trayectorias en alguna parte del circuito. Para diseñar la instalación hay que tener en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada sistema.

**Figura 122.** Configuraciones posibles para una instalación de biomasa, en función de la trayectoria del fluido.



### Sistema en serie:

- ▶ **Ventajas**
  - El recorrido del fluido es continuo.
  - Este sistema permite purgar el posible aire existente en la instalación.
  - El rendimiento térmico por metro es mayor al tener que disponer de una sección mayor de tubería.
- ▶ **Desventajas**
  - A mayor tubo, mayor volumen de excavación, mayor cantidad de fluido y anticongelante, lo que se traduce en un incremento del coste.
  - La longitud de la instalación queda limitada a la pérdida de presión del fluido.

### Sistema en paralelo:

#### ▶ Ventajas

- Los diámetros necesarios para las instalaciones en paralelo son menores por lo que la cantidad de fluido y anticongelante, así como la excavación es menor, por lo que el coste de instalación también se reduce.

#### ▶ Desventajas

- Dificulta la posibilidad de purgar el aire existente en el sistema.
- Dificulta también el equilibrio de presiones del fluido en los diferentes tramos.

### 7.2.5 // Aerotermia

La aerotermia es una bomba de calor del tipo aire-aire o aire-agua; lo que quiere decir que el medio empleado para ganar o ceder calor es el aire, a diferencia de la geotermia cuyo medio es la tierra.

En la directiva 2009/28/CE, relativa al “Fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables” se define la energía aerotérmica, como “La energía almacenada en forma de calor en el ambiente”, entendiéndose como tal, el aire del medioambiente que nos rodea.

Las Bombas de calor, son equipos que gracias al empleo de un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado, intercambian calor entre focos a diferentes temperaturas, produciendo transferencias de calor del más frío al más caliente.

Resumiendo, las Bombas de Calor captan energía del aire, favoreciendo su uso para la climatización de los espacios habitables.

### Componentes de equipo aerotérmico

Los componentes de una instalación de aerotermia, son los descritos en el apartado de bombas de calor, y que a continuación se resumen.

- ▶ **Compresión:** Se eleva la presión y temperatura del refrigerante y se transfiere al mismo la energía necesaria para su movimiento a lo largo del circuito frigorífico.
- ▶ **Condensación:** Se produce la condensación del refrigerante, cediendo calor al medio externo al condensador.
- ▶ **Expansión:** La válvula de expansión genera una pérdida de carga que reduce la alta presión del refrigerante procedente del condensador.
- ▶ **Evaporación:** El refrigerante se evapora absorbiendo calor del medio externo al evaporador.

### 7.2.6 // Cogeneración

El procedimiento conocido como “Cogeneración”, es aquel en el que se genera energía eléctrica y calor de forma simultánea. En el proceso de generación de energía eléctrica, se produce calor residual, el cual se aprovecha, siendo por tanto un sistema muy eficiente.

#### Funcionamiento

Los sistemas convencionales, expulsan los humos del proceso de generación de energía eléctrica a temperaturas muy elevadas, mientras que en los procedimientos de cogeneración, el humo expulsado “caliente” se hace circular por un circuito independiente, dentro de un acumulador, realizando un intercambio de temperaturas, enfriándose antes de ser expulsado.

#### Componentes

Las unidades de cogeneración, disponen de elementos que permiten su funcionamiento, generando calor suficiente para climatización y ACS, además de producir energía eléctrica y almacenarla en un sistema de baterías.

- ▶ **Inversor:** El inversor, se encarga de garantizar una corriente alterna de 230 V/50Hz, controlando igualmente la carga y descarga del sistema de baterías, para garantizar un suministro ininterrumpido de energía eléctrica.
- ▶ **Acumulador central:** Es el encargado de satisfacer las necesidades de climatización y ACS; acumulando agua caliente cuyo calor ha sido cedido por los humos producidos durante la generación de energía eléctrica. Si existiera una demanda mayor de climatización o ACS, se generaría un exceso de electricidad y se acumula en el sistema de baterías integradas.

En el caso contrario de que la demanda de energía eléctrica fuera más elevada de lo que el acumulador pudiera absorber, dispone de un refrigerador de emergencia encargado de disipar este calor hacia el ambiente, asegurando así un suministro de energía confortable.

### 7.2.7 // Biomasa

Si tuviésemos que definir la biomasa en un amplio concepto, puede hacerse como la materia orgánica que se origina en un proceso biológico y que es propicia de utilizarse como fuente de energía para diversos fines. Estos fines incluyen la generación de energía para edificios residenciales, donde su aprovechamiento está focalizado en calefacción y agua caliente sanitaria.

En la propia definición ya se contemplan las ventajas que tiene la biomasa como fuente renovable para nuestras viviendas: pocos procesos de modificación, generación de energía y sostenibilidad implícita.

Cuando se dice que la biomasa es una energía de alta eficiencia es porque, además de los resultados energéticos, el CO<sub>2</sub> que emite una planta (base de la biomasa) durante su descomposición natural es casi el mismo que ha absorbido durante su crecimiento. En un proceso de combustión el vegetal libera la misma proporción de CO<sub>2</sub>, por lo que la biomasa para calefacción respeta el ciclo de dióxido de carbono.

A este respeto del ciclo de carbono hay que sumarle el marcado componente local de la biomasa que ahorra costes de transporte y favorece el desarrollo de la zona donde se general.

La combustión de la madera como biomasa para calefacción presenta múltiples ventajas frente a otros combustibles fósiles y se puede realizar a partir de tres tipos de materiales: pellets, las briquetas y la leña o astillas. Todos ellos son ideales para la producción de calor para calefacción y ACS de uso doméstico en edificios residenciales.

El más representativo es el combustible de pellets ya que los pellets de madera se generan a partir de la recuperación de derivados de la madera como el serrín, por lo que su fabricación es sencilla. Como ventaja para los usuarios, los pellets no huelen, no son volátiles y su almacenaje no genera peligro alguno.

## 7.3 Gestión energética Integral

### 7.3.1 // El papel de la gestión energética

Un modelo de gestión energética Integral se basa en un estudio integral que analiza situaciones energéticas en Industrias, edificios, transportes, etc., y compara cambios, acciones y modificaciones con el objeto de obtener un conjunto armónico y óptimo de soluciones que nos lleven a un gasto energético menor con una mejora de los servicios prestados, una mayor duración de los equipos y la máxima atención al impacto ambiental que se produce.

La Gestión Energética debe contribuir y ayudar a establecer unos objetivos a corto, medio y largo plazo para conseguir la optimización de los recursos energéticos y de sus técnicas. Estos objetivos son:

- ▶ Utilización de fuentes renovables.
- ▶ Sustitución de algunas fuentes energéticas.
- ▶ Análisis del Ahorro Energético de las acciones anteriores.
- ▶ Aislamiento Térmico.
- ▶ Aprovechamiento de Residuos.
- ▶ Análisis del entorno ambiental.
- ▶ Bioclimatismo.
- ▶ Estudio de técnicas nuevas de producir y ahorrar energía.
- ▶ Análisis económico de todo lo expuesto.

## Las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética

Las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética consisten en utilizar los recursos disponibles de tal modo que no se emplee más energía de la necesaria y utilizar sistemas cuyo rendimiento sea lo más elevado posible.

En materia de medidas de eficiencia energética, podemos hablar de dos vías para reducir la demanda:

- ▶ **Medidas Pasivas:** actúan sobre la demanda del edificio, reduciéndola (orientación, ventilación...) o evitando pérdidas innecesarias de la propia energía suministrada (aislamiento).
- ▶ **Medidas Activas:** actúan sobre el rendimiento y la eficiencia de los distintos sistemas e instalaciones del edificio (iluminación, calefacción, climatización...), de manera que se utilice solamente la energía estrictamente necesaria, consiguiendo el mismo nivel de confort con un menor consumo.

Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que, para conseguir un ahorro energético eficiente, es fundamental comunicar y educar a los usuarios acerca de las consecuencias de un mal uso de la energía.

### 7.3.2 // Los objetivos marcados por la Unión Europea para la Eficiencia Energética

El Parlamento Europeo busca objetivos más ambiciosos en materia de eficiencia energética y de renovables, que además sean vinculantes para los estados miembros. Es la conclusión que se desprende tras la celebración del pleno del Parlamento Europeo celebrado el pasado 19 de enero de 2018, en el que esta cámara respaldó la propuesta de la Comisión Parlamentaria de Industria para “establecer objetivos vinculantes para el conjunto de la UE para potenciar la eficiencia y las energías renovables”.

En sintonía con el Acuerdo de París, entre las principales exigencias de los eurodiputados figura elevar al 35% los objetivos de eficiencia energética y renovables, y que el 12% de la energía usada por el sector del transporte en 2030 proceda de fuentes renovables.

Ahora, el Parlamento deberá negociar con el Consejo de la UE – la institución comunitaria que representa a los Estados Miembros- que es menos ambiciosa y apuesta por mantener los objetivos de eficiencia energética y renovables en el 27%.

Además, para que los objetivos de renovables se materialicen, los países deberán fijar sus propios objetivos nacionales, que serán coordinados y supervisados en virtud de otro proyecto legislativo, también aprobado el 19 de enero por el Parlamento Europeo, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía.

Estas son las propuestas que aprobó el pleno del Parlamento Europeo celebrado el pasado 19 de enero de 2018:

▶ **Obligación de aumentar la eficiencia energética un 35%.**

El Parlamento quiere que, en 2030, el conjunto de la Unión Europea se establezca un objetivo de mejora del 35% en eficiencia energética (con umbrales orientativos para cada país). Este objetivo se calculará a partir de la proyección de consumo energético para 2030 según el modelo PRIMES, que simula el consumo y suministro de energía en la UE.

▶ **Alcanzar una cuota del 35% en energías renovables.**

El texto sobre renovables, establece que, para alcanzar el objetivo global del 35% de energías renovables en 2030, también deberán fijarse objetivos nacionales. Los países podrán desviarse hasta un 10% de esas cifras bajo determinadas circunstancias.

▶ **Autoconsumo y comunidades energéticas.**

El objetivo es asegurar que los consumidores que producen electricidad pueden consumirla, así como instalar sistemas de almacenamiento, *sin tener que pagar impuestos o tasas por ello*.

El mandato negociador también insta a los Estados miembros a evaluar los obstáculos al autoconsumo y a facilitar que los consumidores, particularmente los hogares, se unan a comunidades productoras de renovables sin exigencias o procedimientos no justificados.

▶ **Transporte: bicombustibles más avanzados, no más aceite de palma a partir de 2021.**

En 2030, cada Estado miembro deberá asegurarse de que el 12% de la energía utilizada por el sector del transporte procede de fuentes renovables. La contribución de los biocombustibles de “primera generación” (elaborados a partir de alimentos y piensos) deberá limitarse al nivel de 2017, con un máximo del 7%, en el transporte por carretera y ferrocarril.

Los eurodiputados quieren prohibir el uso de aceite de palma a partir de 2021. La cuota de biocombustibles avanzados (cuyo impacto en el uso de la tierra es menor que el de los elaborados a partir de alimentos y piensos), combustibles renovables para el transporte de origen no biológico, combustibles derivados de residuos y electricidad renovable deberá alcanzar el 1,5% en 2021, aumentando progresivamente hasta el 10% en 2030.

▶ **Estaciones de carga.**

Al final de 2022, el 90% de las gasolineras en las carreteras dentro de las redes transeuropeas deberán estar equipadas con puntos de recarga para vehículos eléctricos.

▶ **Biomasa.**

El Parlamento pide medidas específicas para evitar incentivos al uso no sostenible de la biomasa para producción de energía cuando haya alternativas industriales o materiales que aporten mayor valor añadido. Así, apuestan por el uso de desechos y residuos para producir energía.

▶ **Planes nacionales y el papel de la Comisión Europea.**

Para avanzar hacia la Unión de la Energía, antes del 1 de enero de 2019 y cada diez años a partir de esa fecha, cada Estado miembro deberá enviar a la Comisión un plan integrado sobre energía y clima. El primer plan deberá cubrir el periodo que va de 2021 a 2030. La Comisión evaluará los programas y podrá hacer recomendaciones o adoptar medidas si considera que no se han logrado los progresos suficientes o no se han adoptado todas las acciones necesarias.

### 7.3.3 // Los sistemas de gestión de eficiencia energética

Una vez tomada la decisión de realizar una gestión activa de la energía, existe un amplio abanico de tecnologías en el mercado de sistemas que permiten mejorar la eficiencia y reducir consumos, costes y emisiones asociadas sin perder o incluso mejorando el confort de las instalaciones.

Es muy común que, pese a sus importantes diferencias, se genere confusión sobre el uso que debe darse a cada una de ellas, lo que puede llevar a una toma de decisiones equivocada que nos haga perder parte del potencial de ahorro.

Las principales herramientas tecnológicas para la gestión de la eficiencia energética del edificio son:

- ▶ BMS (Sistema de Gestión de Edificios - Building Management System), que es el equivalente al SCADA<sup>4</sup> en la gestión de edificios. Instalaciones como la iluminación, los sistemas de climatización (enfriadoras, climatizadoras, calderas...), sistemas contra incendios, CCTV son habitualmente controlados por estos sistemas. Al igual que el SCADA trabajan en tiempo real y permiten realizar actuaciones sobre las infraestructuras energéticas
- ▶ EMS (Sistema de Gestión Energética – Energy Management System) tanto en ambientes industriales como en edificios se utilizan para la monitorización, análisis y seguimiento de las instalaciones energéticas utilizando datos de consumo energético y diferentes variables que afectan al mismo. Estos sistemas no están pensados para la operación de instalaciones, aunque se vuelven imprescindibles para agregar la información y facilitar la toma de decisiones.

<sup>4</sup>// SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un sistema pensado principalmente para la operación de procesos industriales, tales como la generación de energía, procesos productivos, tratamiento de aguas, elaboración o tratamiento de productos químicos, etc. La principal característica es que trabajan en tiempo real.

Aunque estos sistemas son complementarios y en algunos casos comparten funcionalidades, conviene aclarar las diferencias generales entre ellos:

- ▶ El BMS es un sistema optimizado para la operación mientras que el EMS está pensado para la gestión
- ▶ El BMS trabaja en tiempo real, mientras que el EMS trabaja con periodos de integración más altos (15 minutos, horario, diario...)
- ▶ El BMS aunque integra gran cantidad de datos, no está optimizado para su análisis y seguimiento agregado, por lo que implica mucho “procesamiento manual de la información” mientras que el EMS ofrece la gestión agrupada y automatizada de los datos, lo que facilita la toma de las decisiones
- ▶ El BMS necesita de usuarios expertos para su manejo y los cambios o ampliaciones en los sistemas llevan asociada ingeniería de diseño y configuración, mientras que los EMS están basados en la facilidad de manejo, por lo que cualquier usuario medio con una formación estándar puede manejarlos.
- ▶ El BMS tiene capacidad limitada de reporting avanzado, mientras que los EMS tienen infinidad de posibilidades al respecto.

Resumiendo, aunque son sistemas donde ciertas funcionalidades o aplicaciones pueden solaparse, son perfectamente complementarios y deberían de convivir en las organizaciones para posibilitar una mejora energética integral. Lo único que se debe tener en cuenta, es la finalidad que se persigue para escoger el sistema o sistemas que responda a nuestras necesidades y objetivos. Si lo que busca la organización es centrarse en la gestión para reducir los consumos y costes, así como mejorar la eficiencia. Si lo que busca la organización es reducir los consumos y costes, así como mejorar la eficiencia energética, es la solución.

Como avance tecnológico, aparecen los sistemas de gestión de eficiencia energética en edificios (Building Energy Management System, “BEMS”), que tienen en cuenta que la base de la Eficiencia Energética es lo que se conoce como Integración de Recursos, que analiza el edificio y su entorno para adoptar las medidas más adecuadas en cada caso.

De acuerdo con la empresa de analistas Navigant Research, se define al BEMS como un “Sistema de monitoreo y control basado en Tecnologías de la Información que se vinculan con las corrientes existentes de datos sobre la energía de la infraestructura de un edificio, tales como sus sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y permiten la visualización y análisis de dichos datos para permitir una mejor toma de decisiones sobre energía.”

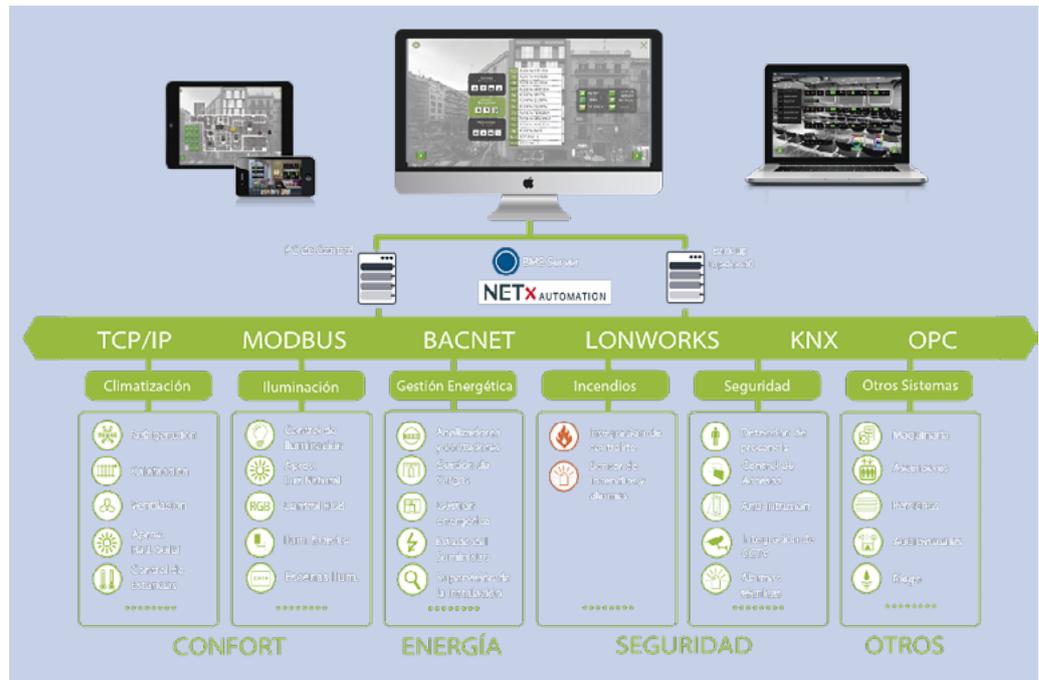
Pero el BEMS es más que un sistema de gestión de edificios que monitorea climatización, iluminación, incendios y seguridad, control de acceso y Centros de Datos. El BEMS también incluye datos sobre servicios, información sobre tarifas de la energía, eventos de respuesta ante la demanda y señales de precio dinámico. Puede haber aspectos sobre las operaciones de las instalaciones, tales como la comodidad del ocupante, facturas de servicios y datos sobre el clima local. Además, pueden entrar en juego presupuestos de capital y operaciones, emisiones de carbono y metas de sostenibilidad.

Un BEMS es la piedra angular de la tecnología del edificio inteligente. El mercado BEMS ha evolucionado en paralelo con el ecosistema de los edificios de tecnologías inteligentes, incluyendo sistemas de control, tecnologías inalámbricas y servicios. Esta categoría de software es el vehículo que puede traducir la creciente variedad de datos en información procesable.

El BEMS ayuda a los usuarios a reconocer y actuar sobre las oportunidades para mejorar el rendimiento y el comportamiento que ofrecen ahorros de costes y mejoras en el edificio.

Un BEMS puede controlar de manera eficiente hasta un 84% de consumo total de energía de un edificio.

**Figura 123.**  
Esquema de un Sistema BEMS.  
Fuente: Arquedomo Estudio.



Al analizar el potencial de implantación de un BEMS, aparecen algunas barreras. Una es que no son muchos los edificios existentes que cuentan con la infraestructura necesaria para tener un control digital. Otra es que el BEMS sigue siendo un concepto nuevo, por lo que la capacidad de estos sistemas puede ser desconocida.

Para vencer la primera barrera, existen tecnologías de automatización de edificios que integran tecnología alámbrica, inalámbrica y de Internet para mejorar interoperabilidad de los sistemas de automatización. Esto puede ser de suma utilidad, en específico, si se hace con varias normas y plataformas de red.

En cuanto a la segunda, existe una necesidad de convencer al usuario sobre la utilidad de estos sistemas, y de que las herramientas avanzadas y analíticas garantizan que la gestión alcanzará las metas de sostenibilidad. Los informes generados con los datos recopilados por el propio sistema constituyen la documentación requerida para comprobar el éxito de dichas iniciativas.

Los sistemas BEMS aportan una contribución significativa a la obtención de certificados energéticos para los edificios (LEED, BREEAM, etc.).

Los modelos y capacidades de los BEMS se encuentran en pleno proceso evolutivo, a la par que el mercado comienza el viaje hacia la maduración. Cada vez más, las soluciones que caen bajo la categoría BEMS tienen casos de uso fuera de la eficiencia y la gestión de la energía, como la eficiencia operativa, la utilización del espacio, la productividad, el compromiso de los ocupantes y la sostenibilidad.

### 7.3.4 // Monitorización de la Eficiencia Energética

En cada edificio se puede implantar con mayor o menor intensidad un BEMS (o un EMS, o un BMS) en función de las necesidades o de la importancia que suponga la energía dentro del hotel. Esta implantación requiere de un método, procedimientos y herramientas que permitan hacerlo de forma efectiva, en el menor tiempo posible y con bajo coste.

La puesta en marcha de un BEMS comprende, al menos, los siguientes pasos:

1. Diagnóstico y auditoría energética con medidas de mejora energéticas.
2. Desarrollo de indicadores energéticos y su evolución temporal.
3. Control, registro y monitorización de consumos y costes energéticos.
4. Ejecución de medidas de mejora obtenidas en la auditoría.
5. Medición y verificación de las medidas de mejora ejecutadas.

Para que un BEMS pueda ser efectivo en cualquier edificio se deben establecer las definiciones fundamentales del mismo (política, objetivos, metas), así como los procedimientos, la estructura y las responsabilidades, es decir un Manual de Gestión Energética.

Además, hay que establecer y describir el proceso de planificación energética según las nuevas herramientas que proporcione el sistema de gestión. Posteriormente habrá que detallar y establecer los procedimientos que serán utilizados para el control de los consumos y los costes de energía en las instalaciones con mayor consumo de energía (control del proceso) y seleccionar los proyectos que sean rentables a corto, medio y largo plazo que serán ejecutados para el cumplimiento de los objetivos marcados por el propio sistema de gestión (proyecto de gestión energética). No podemos olvidar incluir procedimientos eficientes para la compra de recursos energéticos y la evaluación de facturas de suministro de energía (compra de energía).

Una vez se ha llevado a cabo toda la parte conceptual y de definición, el siguiente paso es establecer los procedimientos para conocer a fondo la instalación, es decir, la medición, el análisis de los indicadores energéticos de consumo, la verificación de las medidas de eficiencia y de la gestión energética, etc. Es aquí donde entra en juego la monitorización y el control de consumos energéticos del edificio.

A partir de aquí, conociendo el funcionamiento de las instalaciones energéticas del edificio, se puede iniciar el procedimiento para la identificación y aplicación de acciones encaminadas a la mejora continua de la eficiencia energética y del propio sistema de gestión. Es decir, las acciones que impliquen un mantenimiento correctivo y un mantenimiento preventivo, y se incorporará al sistema una base de datos que permita registrar la información energética necesaria para el funcionamiento del propio sistema.

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 50001:2011, para cumplir con los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, para realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de las organizaciones, habrá que:

1. **Planificar:** Establecer un Plan Energético en la organización con acciones concretas y objetivos para mejorar la gestión de la energía.
2. **Hacer:** Implementar las acciones previstas en la planificación establecida.
3. **Verificar:** Monitorizar los resultados, estableciendo los indicadores adecuados que determinen el grado de cumplimiento de los objetivos y de la planificación establecida.
4. **Actuar:** Revisión de los resultados para tomar las acciones de corrección y mejora que se estimen oportunas.

Por tanto, una de las obligaciones fundamentales que aparecen, a la hora de empezar a aplicar medidas de eficiencia energética, es contar con mediciones y registros de los consumos energéticos en sus principales procesos, estableciendo indicadores energéticos, para los cuales deberán tener contempladas metas de cumplimiento.

Cuando hablamos de sistemas de monitorización, realmente nos estamos refiriendo a monitorización remota. Es decir, monitorización mediante sistemas telemáticos. Porque la monitorización puede no ser remota. Por ejemplo, cuando un contador mide un consumo y un operario baja todos los días al cuarto de contadores y apunta en una libreta el consumo del último día, y al final de mes o de año comprueba cómo ha evolucionado el consumo, es un sistema de monitorización. Sin embargo, es manual. Y desde luego, no es remota.

Evidentemente un sistema de monitorización que no sea remoto es más costoso que uno que lo sea, porque requiere una mayor intervención del ser humano. Por tanto, hasta hace unos años, solo se monitorizaban aquellos procesos que por su tamaño justificaban un alto gasto en recursos humanos para monitorizar. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones ha hecho disminuir el coste de monitorizar y ha permitido que muchos procesos puedan ser monitorizados. Si a esto añadimos la capacidad de análisis que aportan las herramientas informáticas al tratar datos, el resultado son unos sistemas de medición remota que permiten recoger y analizar datos de modo cómodo y relativamente barato.

## Ventajas de los sistemas de monitorización

Podemos citar muchas ventajas, pero las agrupamos en tres:

### ▶ **Mejor control del consumo energético**

Al monitorizar el consumo de energía, una de las opciones más rentables es tener bajo control aquellas variables por las que pagamos en la factura: energía activa, potencia y energía reactiva. Tener controladas estas tres variables, mediante sistemas de alarmas y herramientas de optimización de factura nos permitirá mantener a raya el dinero que pagamos por la energía que consumimos. Para esto, lo más aconsejable es medir el contador fiscal.

### ▶ **Mejor análisis de los costes energéticos**

Cuando los procesos cuyos consumos deseamos medir son relativamente complejos es importante entender cuánta energía consume cada parte del proceso. Si se instalan instrumentos de medida en los circuitos (o equipos) en cuestión podremos tener una contabilidad de costes con el detalle que necesitamos. Además, algunas herramientas incluyen funcionalidades de análisis muy potentes que permiten sacar conclusiones a partir de una gran cantidad de datos.

### ▶ **Mejor entendimiento de las implicaciones ambientales de nuestras instalaciones**

Cada vez es más común que las organizaciones se preocupen por el impacto ambiental que su actividad produce en el medio ambiente. Un sistema que monitorice consumos energéticos y los segmente debidamente (por uso, por zona geográfica o por cualquier otro criterio relevante) permite entender el impacto ambiental de cada parte de la actividad. Además, permitirá la creación de indicadores de desempeño energético de fácil seguimiento, muy útil para los sistemas ISO 50.001.

Las ventajas de implantar un sistema de monitorización remota de energía parecen claras, pero la clave no es esa, sino entender qué tipo de sistema es más adecuado para cada consumidor y cuál es el retorno que se conseguirá en cada caso. Tal retorno puede ser puramente económico (ya sea por reducción de costes de energía o del personal que gestiona la energía) o puede consistir en conseguir más información o de mejor calidad sobre nuestro consumo de energía. Así pues, debe entenderse bien qué utilidad se requiere al sistema de monitorización antes de invertir.

### 7.3.5 // Telegestión energética

La tecnología de la telegestión nos ayuda a llevar un control más exhaustivo de lo que nos rodea. Registra la información con el fin de analizarla y optimizarla. Esta tecnología es de gran ayuda en el sector energético, concretamente para el control de los consumos energéticos y para los distintos suministros.

#### **Funcionamiento de la telegestión energética.**

La telegestión energética es un conjunto de productos basados en las tecnologías informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones, que permiten el control a distancia de instalaciones técnicas aisladas o distribuidas geográficamente.

Por ejemplo, si consideramos el sistema de telegestión utilizado para la gestión del consumo eléctrico, los elementos principales serían:

- ▶ **Datalogger:** Dispositivo electrónico que se instala en el cuadro eléctrico de las instalaciones que queremos analizar. Se puede comunicar con un ordenador personal, utilizando un software específico y puede tener un dispositivo en el que se pueden ver directamente los datos registrados.
- ▶ **Software de monitorización:** Software específico para analizar los datos recogidos por el datalogger. Dicho software se puede programar según el objetivo que se persiga. Este sistema informático también puede controlar el encendido y apagado de los equipos de la instalación.

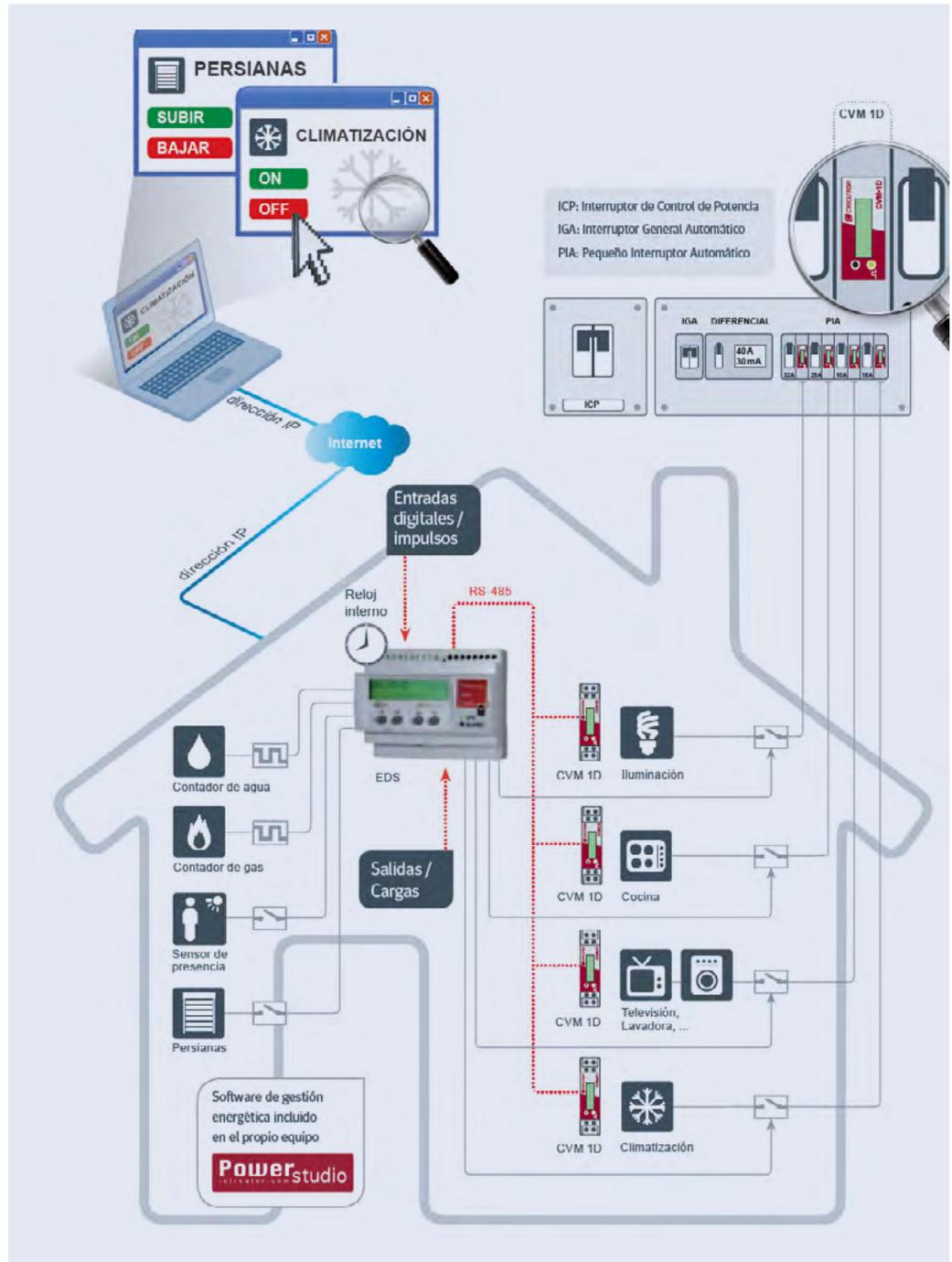
Dependiendo del tipo de datalogger la información obtenida se graba en su sistema o se transfiere a un ordenador que tiene instalado el software de monitorización.

#### **Aplicaciones y ventajas**

La telegestión se puede aplicar a aquellos campos que necesiten un seguimiento exhaustivo de sus datos, consiguiendo un mayor control de la actividad y unos resultados más fiables.

En las auditorías energéticas, la telegestión es una herramienta bastante útil al conseguir información más detallada de las instalaciones auditadas y de los hábitos de consumo del personal de la empresa.

**Figura 124.**  
Esquema de Sistema de Telegestión Energética.  
Fuente: Circutor, S.A.



La telegestión energética nos presenta, entonces, las siguientes ventajas:

- ▶ **Facilita las lecturas.** Podemos saber cuánto se consume y en qué momento, cuándo se inicia la actividad, cuánto dura, etc. Todo con la mayor precisión. También conocemos las incidencias en tiempo real. Esto permite solucionarlas mucho más rápido.
- ▶ **Facilita la facturación.** El conocimiento detallado de los consumos permite una facturación más precisa. Así tomamos mejores decisiones respecto a los posibles cambios en el uso de la red.

En el caso de la electricidad, dicha información permite adaptar la potencia eléctrica a nuestras necesidades o localizar los consumos mayores de lo esperado.

Con la telegestión se conocen también los hábitos de consumo y se obtiene ayuda para tomar las medidas oportunas para reducir las facturas o localizar irregularidades.

- ▶ **Se opera de forma remota.** La actividad se conoce y gestiona a distancia. Esto, que ya es cómodo de por sí, es especialmente útil en las instalaciones situadas en zonas apartadas.

El uso de la energía en el edificio puede programarse, por ejemplo, indicando las horas de encendido y apagado de las instalaciones en un área del edificio, como ocurre, por ejemplo, en polideportivos u oficinas. Incluso pueden añadirse otros elementos adicionales: electrodomésticos, persianas, sistemas de alarma, etc.

- ▶ **Es versátil.** Sirve para controlar máquinas, procesos, instalaciones o edificios, tanto en el ámbito doméstico como en el profesional. Los sistemas de telegestión se pueden aplicar a viviendas, edificios públicos y administrativos, hoteles, industrias, o incluso a las infraestructuras, como, por ejemplo, el alumbrado público.

En definitiva, con la telegestión energética nos informamos mejor del uso que hacemos de la energía, y por lo tanto podemos tomar mejores decisiones de ahorro y eficiencia energética.

### 7.3.6 // Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas dónde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los indicadores de eficiencia energética pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía.

La eficiencia energética de un edificio se determina calculando o midiendo el consumo de energía necesaria para satisfacer anualmente la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, y se expresa de forma cualitativa o cuantitativa mediante indicadores, índices y calificación, o letras de una escala determinada convencionalmente y que varía de mayor a menor eficiencia.

Los indicadores deberían ser desarrollados utilizando la demanda de energía final. Los indicadores deberían ser calculados en el nivel más desagregado posible del uso final, a efectos de representar mejor las mejoras en eficiencia energética.

En general, los individuos no pueden influir en la eficiencia de las conversiones de una fuente primaria de energía en energía útil para los consumidores, proceso donde participan sectores como el refinado y la generación eléctrica. Por ello, los indicadores de eficiencia energética se centran en la demanda final de energía. Desarrollar indicadores de eficiencia energética de energía primaria tiene valor si existen los datos y recursos para hacerlo, a fin de poder calcular la eficiencia global del sistema energético.

De forma similar, los indicadores de emisiones de CO<sub>2</sub> vinculados a la energía pueden ser desarrollados tanto para el consumo de energía primaria como final. Para cada nivel donde exista información de consumo energético por fuente de energía, es posible desarrollar indicadores de emisiones de CO<sub>2</sub>. El propósito y las limitaciones identificados para los indicadores energéticos también se aplican a los indicadores de emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Los indicadores de eficiencia energética y la calificación energética del edificio

La calificación energética se expresa a través de varios indicadores que permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento energético del edificio y proporcionan información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer recomendaciones que mejoren dicho comportamiento.

Estos indicadores, en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio, se obtendrán de la energía consumida por el edificio para satisfacer, en unas condiciones climáticas determinadas, las necesidades asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, que incluirá la energía consumida en: calefacción, refrigeración, ventilación, producción de agua caliente sanitaria y, en su caso, iluminación; a fin de mantener las condiciones de confort térmico y lumínico así como la calidad del aire interior.

Los indicadores principales o globales de eficiencia energética son:

- ▶ Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub><sup>i</sup>.<sup>5</sup>
- ▶ El consumo anual de energía primaria no renovable.

Estos indicadores principales incluyen el impacto de los servicios de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria y, en usos distintos al residencial privado (vivienda), de iluminación, así como la reducción de emisiones o consumo de energía primaria no renovable derivada del uso de fuentes de energía renovables.

Los indicadores complementarios de eficiencia energética son:

- ▶ La demanda energética anual de calefacción.
- ▶ La demanda energética anual de refrigeración.
- ▶ El consumo anual de energía primaria no renovable desagregada por servicios.
- ▶ Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> desagregada por servicios.
- ▶ Las emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> desagregada por consumo eléctrico y por otros combustibles.

Los servicios considerados en los indicadores complementarios son los de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria y, en edificios de uso distinto al residencial privado (vivienda), también el de iluminación.

<sup>5</sup> // CO<sub>2</sub> equivalente. En el contexto de la certificación energética las referencias a emisiones de CO<sub>2</sub> se corresponden a emisiones de CO<sub>2e</sub>.

Las unidades empleadas para expresar estos indicadores serán: el kWh por m<sup>2</sup> de superficie útil del edificio, para valores de demanda o consumo, y el kgCO<sub>2e</sub> por m<sup>2</sup> de superficie útil del edificio, para valores de emisiones.

El cálculo de la calificación de eficiencia energética se realizará considerando unas solicitudes exteriores y unos perfiles de uso que se establecen en el Documento Básico DB HE de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE) en función de los distintos usos de los edificios.

- ▶ **Para la consideración de los datos relacionados con las solicitudes exteriores:** Se adoptarán los valores disponibles en los ficheros climáticos incluidos en la última versión de Código Técnico de la Edificación (CTE).
- ▶ **Para seleccionar los perfiles de uso:** Se emplearán los disponibles en el Apéndice C de la Sección HE1 del DB-HE (perfiles de uso normalizados de los edificios) del CTE. En uso terciario se podrán adoptar perfiles diferentes a los normalizados, cuando reflejen adecuadamente el uso del edificio y se documenten adecuadamente en un anexo al certificado de eficiencia energética.

El procedimiento de cálculo de la demanda energética, el consumo energético y otros indicadores de eficiencia energética del edificio se ajustará a lo establecido en el Documento Reconocido de Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios.

Los edificios destinados a uso residencial privado (vivienda) se clasificarán, para cada uno de los indicadores de eficiencia energética, dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente), de acuerdo con la Tabla 10.

**Tabla 10.**

Calificación energética e índices para edificios de uso residencial privado (vivienda).  
Fuente: "Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento."

Calificación		Índice	
A		C1	< 0,15
B	0,15 ≤	C1	< 0,50
C	0,50 ≤	C1	< 1,00
D	1,00 ≤	C1	< 1,75
E	1,75 ≤	C1	
		C2	< 1,00
F	1,75 ≤	C1	
	1,00 ≤	C2	< 1,50
G	1,75 ≤	C1	
	1,50 ≤	C2	

Los índices  $C_1$  y  $C_2$  que permiten obtener, para cada indicador, la calificación energética de viviendas unifamiliares y de viviendas en bloque, se obtienen mediante las formulas siguientes:

$$C_1 = \frac{(R \cdot I_o / \bar{I}_r) - 1}{2(R - 1)} + 0,6$$

$$C_2 = \frac{(R' \cdot I_o / \bar{I}_s) - 1}{2(R' - 1)} + 0,5$$

Donde:

- ▶  **$I_o$ :** Es el valor del indicador analizado (emisiones anuales de  $CO_{2e}$ , consumo anual de energía primaria no renovable, demanda de calefacción, etc.) del edificio objeto.
- ▶  **$\bar{I}_r$ :** Es el valor medio del indicador del parque de referencia de edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda).
- ▶  **$R$ :** Es el ratio entre el valor de  $\bar{I}_r$  y el valor del indicador correspondiente al percentil del 10 % del parque de referencia de edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda).
- ▶  **$\bar{I}_s$ :** Es el valor medio del indicador del parque de referencia de edificios existentes de uso residencial privado (vivienda).
- ▶  **$R'$ :** Es el ratio entre el valor de  $\bar{I}_s$  y el valor del indicador correspondiente al percentil del 10 % del parque de referencia de edificios existentes de uso residencial privado (vivienda).

Los valores de  $I_p$ ,  $R$ ,  $I_s$ ,  $R_t$  correspondientes a las diferentes zonas climáticas se incluyen en el Anexo III del Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento:

**Para edificios nuevos:**

**Tabla 11.**

Valores de referencia para edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda) y tipo unifamiliar.  
Fuente: Anexo III del “Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

Zona climática	Demanda [kWh/m <sup>2</sup> · año]		Consumo de EP <sub>nr</sub> [kWh/m <sup>2</sup> · año]			Emisiones [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	23,60	21,70	34,20	22,10	9,63	7,50	5,40	2,33
A4	23,60	30,30	34,20	30,90	7,82	7,50	7,60	1,89
B3	33,50	21,70	48,50	22,10	11,39	10,70	5,40	2,76
B4	33,50	30,30	48,50	30,90	8,77	10,70	7,60	2,12
C1	53,30	-	77,20	-	19,54	17,00	-	4,73
C2	53,30	10,70	77,20	10,90	19,29	17,00	2,70	4,67
C3	53,30	21,70	77,20	22,10	11,05	17,00	5,40	2,68
C4	53,30	30,30	77,20	30,90	9,42	17,00	7,60	2,28
D1	78,00	-	113,10	-	20,16	25,00	-	4,88
D2	78,00	10,70	113,10	10,90	15,49	25,00	2,70	3,75
D3	78,00	21,70	113,10	22,10	11,16	25,00	5,40	2,70
E1	103,30	-	149,80	-	15,41	33,10	-	3,73
<i>Climas de las Islas Canarias</i>								
α1	-	-	-	-	8,08	-	-	2,20
α2	-	10,70	-	14,00	8,08	-	4,10	2,20
α3	-	21,70	-	28,40	8,08	-	8,20	2,20
α4	-	30,30	-	39,60	8,08	-	11,50	2,20
A1	23,60	-	36,60	-	8,08	9,00	-	2,20
A2	23,60	10,70	36,60	14,00	8,08	9,00	4,10	2,20
A3	23,60	21,70	36,60	28,40	8,08	9,00	8,20	2,20
A4	23,60	30,30	36,60	39,60	8,22	9,00	11,50	2,24
B1	33,50	-	51,90	-	9,85	12,70	-	2,69
B2	33,50	10,70	51,90	14,00	9,85	12,70	4,10	2,69
B3	33,50	21,70	51,90	28,40	9,85	12,70	8,20	2,69
B4	33,50	30,30	51,90	39,60	9,68	12,70	11,50	2,64
C1	53,30	-	82,60	-	11,73	20,20	-	3,20
C2	53,30	10,70	82,60	14,00	11,58	20,20	4,10	3,16
C3	53,30	21,70	82,60	28,40	11,62	20,20	8,20	3,17
C4	53,30	30,30	82,60	39,60	11,32	20,20	11,50	3,09
D1	78,00	-	120,90	-	12,10	29,60	-	3,30
D2	78,00	10,70	120,90	14,00	11,96	29,60	4,10	3,26
D3	78,00	21,70	120,90	28,40	11,73	29,60	8,20	3,20
E1	103,30	-	160,10	-	12,34	39,30	-	3,37

**Tabla 12.**

Valores de referencia para edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda) y tipo en bloque.

Fuente: Anexo III del

“Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

Zona climática	Demanda [kWh/m <sup>2</sup> · año]		Consumo de EP <sub>nr</sub> [kWh/m <sup>2</sup> · año]			Emisiones [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	13,80	14,90	20,00	15,20	7,08	4,40	3,70	1,71
A4	13,80	21,00	20,00	21,40	5,70	4,40	5,20	1,38
B3	20,90	14,90	30,30	15,20	8,32	6,70	3,70	2,01
B4	20,90	21,00	30,30	21,40	6,45	6,70	5,20	1,56
C1	35,20	-	51,00	-	14,31	11,30	-	3,46
C2	35,20	7,10	51,00	7,20	14,18	11,30	1,80	3,43
C3	35,20	14,90	51,00	15,20	8,10	11,30	3,70	1,96
C4	35,20	21,00	51,00	21,40	6,92	11,30	5,20	1,68
D1	53,00	-	76,80	-	14,75	17,00	-	3,57
D2	53,00	7,10	76,80	7,20	11,37	17,00	1,80	2,75
D3	53,00	14,90	76,80	15,20	8,17	17,00	3,70	1,98
E1	71,20	-	103,20	-	11,29	22,80	-	2,73
<i>Climas de las Islas Canarias</i>								
α1	-	-	-	-	5,91	-	-	1,61
α2	-	7,10	-	9,30	5,91	-	2,70	1,61
α3	-	14,90	-	19,50	5,91	-	5,70	1,61
α4	-	21,00	-	27,50	5,91	-	8,00	1,61
A1	13,80	-	21,40	-	5,91	5,20	-	1,61
A2	13,80	7,10	21,40	9,30	5,91	5,20	2,70	1,61
A3	13,80	14,90	21,40	19,50	5,91	5,20	5,70	1,61
A4	13,80	21,00	21,40	27,50	5,99	5,20	8,00	1,63
B1	20,90	-	32,40	-	7,22	7,90	-	1,97
B2	20,90	7,10	32,40	9,30	7,22	7,90	2,70	1,97
B3	20,90	14,90	32,40	19,50	7,22	7,90	5,70	1,97
B4	20,90	21,00	32,40	27,50	7,12	7,90	8,00	1,94
C1	35,20	-	54,50	-	8,59	13,40	-	2,34
C2	35,20	7,10	54,50	9,30	8,51	13,40	2,70	2,32
C3	35,20	14,90	54,50	19,50	8,51	13,40	5,70	2,32
C4	35,20	21,00	54,50	27,50	8,32	13,40	8,00	2,27
D1	53,00	-	82,10	-	8,86	20,10	-	2,42
D2	53,00	7,10	82,10	9,30	8,78	20,10	2,70	2,39
D3	53,00	14,90	82,10	19,50	8,59	20,10	5,70	2,34
E1	71,20	-	110,30	-	9,04	27,00	-	2,47

En lo que se refiere a las dispersiones (R) de los indicadores de demanda, consumo de energía primaria no renovable (R<sub>CEPnr</sub>) y emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> (R<sub>E</sub>), totales y desagregadas por servicios, para edificios nuevos y uso residencial privado (vivienda), en función de su tipo (unifamiliar o bloque) y la zona climática de invierno (ZCI) y/o de verano (ZCV), los valores que se contemplan son los siguientes:

**Tabla 13.**

Dispersiones en edificios nuevos de uso residencial privado (vivienda).  
Fuente: Anexo III del “Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

ZCI	$R_{E,total}, R_{CEPnr,total}$ ZCV			
	1	2	3	4
$\alpha$	1,60	1,60	1,60	1,60
A	1,60	1,60	1,60	1,60
B	1,60	1,60	1,60	1,55
C	1,50	1,50	1,55	1,55
D	1,45	1,50	1,50	-
E	1,45	-	-	-

### Para edificios existentes:

**Tabla 14.**

Valores de referencia para edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo unifamiliar.  
Fuente: Anexo III del “Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

Zona climática	Demanda [kWh/m <sup>2</sup> · año]		Consumo de EP <sub>nr</sub> [kWh/m <sup>2</sup> · año]			Emisiones [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	62,50	36,67	118,13	37,40	26,27	28,75	9,17	6,36
A4	62,50	50,93	118,13	51,95	26,06	28,75	12,73	6,31
B3	83,56	36,67	165,45	37,40	26,75	39,27	9,17	6,48
B4	83,56	50,93	165,45	51,95	26,32	39,27	12,73	6,37
C1	125,68	-	226,22	-	27,91	51,53	-	6,76
C2	125,68	18,33	226,22	18,70	27,55	51,53	4,58	6,67
C3	125,68	36,67	226,22	37,40	27,63	51,53	9,17	6,69
C4	125,68	50,93	226,22	51,95	26,93	51,53	12,73	6,52
D1	178,33	-	310,29	-	28,79	67,77	-	6,97
D2	178,33	18,33	310,29	18,70	28,45	67,77	4,58	6,89
D3	178,33	36,67	310,29	37,40	27,89	67,77	9,17	6,75
E1	232,15	-	413,23	-	29,36	95,18	-	7,11
<i>Climas de las Islas Canarias</i>								
$\alpha 1$	-	-	-	-	26,94	-	-	7,35
$\alpha 2$	-	18,33	-	24,01	26,94	-	6,97	7,35
$\alpha 3$	-	36,67	-	48,04	26,94	-	13,93	7,35
$\alpha 4$	-	50,93	-	66,72	26,94	-	19,35	7,35
A1	62,50	-	124,38	-	26,94	33,75	-	7,35
A2	62,50	18,33	124,38	24,01	26,94	33,75	6,97	7,35
A3	62,50	36,67	124,38	48,04	26,94	33,75	13,93	7,35
A4	62,50	50,93	124,38	66,72	27,39	33,75	19,35	7,47
B1	83,56	-	166,28	-	28,38	45,12	-	7,74
B2	83,56	18,33	166,28	24,01	28,38	45,12	6,97	7,74
B3	83,56	36,67	166,28	48,04	28,38	45,12	13,93	7,74
B4	83,56	50,93	166,28	66,72	27,66	45,12	19,35	7,54
C1	125,68	-	250,10	-	29,34	67,87	-	8,00
C2	125,68	18,33	250,10	24,01	28,96	67,87	6,97	7,90
C3	125,68	36,67	250,10	48,04	29,04	67,87	13,93	7,92
C4	125,68	50,93	250,10	66,72	28,30	67,87	19,35	7,72
D1	178,33	-	354,88	-	30,26	96,30	-	8,25
D2	178,33	18,33	354,88	24,01	29,90	96,30	6,97	8,15
D3	178,33	36,67	354,88	48,04	29,32	96,30	13,93	8,00
E1	232,15	-	461,98	-	30,86	125,36	-	8,41

**Tabla 15.**

Valores de referencia para edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo en bloque.

Fuente: Anexo III del

“Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

Zona climática	Demanda [kWh/m <sup>2</sup> · año]		Consumo de EP <sub>nr</sub> [kWh/m <sup>2</sup> · año]			Emisiones [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	46,56	26,34	87,99	26,86	19,31	21,42	6,58	4,67
A4	46,56	36,89	87,99	37,63	19,00	21,42	9,22	4,60
B3	64,30	26,34	127,31	26,86	19,56	30,22	6,58	4,73
B4	64,30	36,89	127,31	37,63	19,36	30,22	9,22	4,69
C1	99,78	-	179,60	-	20,44	40,91	-	4,95
C2	99,78	12,76	179,60	13,02	20,25	40,91	3,19	4,90
C3	99,78	26,34	179,60	26,86	20,25	40,91	6,58	4,90
C4	99,78	36,89	179,60	37,63	19,78	40,91	9,22	4,79
D1	144,13	-	250,79	-	21,07	54,77	-	5,10
D2	144,13	12,76	250,79	13,02	20,88	54,77	3,19	5,05
D3	144,13	26,34	250,79	26,86	20,44	54,77	6,58	4,95
E1	189,47	-	337,25	-	21,51	77,68	-	5,21
<i>Climas de las Islas Canarias</i>								
α1	-	-	-	-	19,68	-	-	5,37
α2	-	12,76	-	16,72	19,68	-	4,85	5,37
α3	-	26,34	-	34,50	19,68	-	10,01	5,37
α4	-	36,89	-	48,33	19,68	-	14,02	5,37
A1	46,56	-	92,65	-	19,68	25,14	-	5,37
A2	46,56	12,76	92,65	16,72	19,68	25,14	4,85	5,37
A3	46,56	26,34	92,65	34,50	19,68	25,14	10,01	5,37
A4	46,56	36,89	92,65	48,33	19,96	25,14	14,02	5,45
B1	64,30	-	127,95	-	20,79	34,72	-	5,67
B2	64,30	12,76	127,95	16,72	20,79	34,72	4,85	5,67
B3	64,30	26,34	127,95	34,50	20,79	34,72	10,01	5,67
B4	64,30	36,89	127,95	48,33	20,35	34,72	14,02	5,55
C1	99,78	-	198,56	-	21,48	53,88	-	5,86
C2	99,78	12,76	198,56	16,72	21,29	53,88	4,85	5,80
C3	99,78	26,34	198,56	34,50	21,29	53,88	10,01	5,80
C4	99,78	36,89	198,56	48,33	20,79	53,88	14,02	5,67
D1	144,13	-	286,82	-	22,14	77,83	-	6,04
D2	144,13	12,76	286,82	16,72	21,95	77,83	4,85	5,99
D3	144,13	26,34	286,82	34,50	21,48	77,83	10,01	5,86
E1	189,47	-	377,04	-	22,61	102,31	-	6,17

En lo que se refiere a las dispersiones (R) de los indicadores de demanda, consumo de energía primaria no renovable ( $R_{CEPnr}$ ) y emisiones anuales de CO<sub>2e</sub> ( $R_E$ ), totales y desagregadas por servicios, para edificios existentes y uso residencial privado (vivienda), en función de su tipo (unifamiliar o bloque) y la zona climática de invierno (ZCI) y/o de verano (ZCV), los valores que se contemplan son los siguientes:

**Tabla 16.**

Dispersiones en edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo unifamiliar.

Fuente: Anexo III del

“Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

ZCI	$R'_{E,total}$ ZCV				$R'_{CEPnr,total}$ ZCV			
	1	2	3	4	1	2	3	4
$\alpha$	1,20	1,20	1,25	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10
A	1,20	1,20	1,25	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10
B	1,25	1,20	1,20	1,30	1,20	1,20	1,20	1,25
C	1,35	1,25	1,40	1,30	1,25	1,20	1,35	1,35
D	1,30	1,45	1,25	-	1,30	1,40	1,35	-
E	1,20	-	-	-	1,20	-	-	-

**Tabla 17.**

Dispersiones en edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo en bloque.

Fuente: Anexo III del

“Documento de Calificación de la eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Fomento.”

ZCI	$R'_{E,total}$ ZCV				$R'_{CEPnr,total}$ ZCV			
	1	2	3	4	1	2	3	4
$\alpha$	1,15	1,15	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
A	1,15	1,15	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
B	1,15	1,15	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
C	1,25	1,20	1,15	1,15	1,15	1,15	1,10	1,15
D	1,25	1,20	1,25	-	1,20	1,20	1,15	-
E	1,20	-	-	-	1,20	-	-	-

El Anexo IV del mencionado Documento recoge los valores de las escalas de eficiencia energética para distintos indicadores en uso residencial privado (vivienda), obtenidas mediante este procedimiento.

# 8

## La certificación energética del proyecto

### 8.1 Sistema de certificación energética en España. El RD 235/2013

La Certificación Energética de los Edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE, en lo referente a la certificación energética, esta Directiva y la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 235/2013 de 5 de abril, por el que se aprueba el Procedimiento básico para **la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción, como existentes.**

Según este Real Decreto, la presentación o puesta a disposición de los compradores ó arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, es exigible para los contratos de compra-venta o arrendamiento.

En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

**Fig. 125.**

Etiqueta energética de un edificio existente anterior al CTE-79.



El citado RD 235/2013 establece el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios. Éste procedimiento será desarrollado por el órgano competente en esta materia de la Comunidad Autónoma correspondiente, encargado también del registro de las certificaciones en su ámbito territorial, el control externo y la inspección.

Para la realización de la certificación energética el Estado proporciona herramientas de software con dos características fundamentales:

- ▶ Son de carácter gratuito.
- ▶ Aunque permiten el cálculo de demandas térmicas, consumos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub> asociados, su misión principal es la calificación energética de los edificios mediante su encuadre en una escala de 7 valores que se corresponden con los colores de la etiqueta asignada, esta calificación ha de realizarse con medios relativamente sencillos y proporcionar unos resultados robustos, es decir, las simplificaciones de cálculo no han de suponer una variación significativa en el encuadramiento del inmueble en una determinada etiqueta.

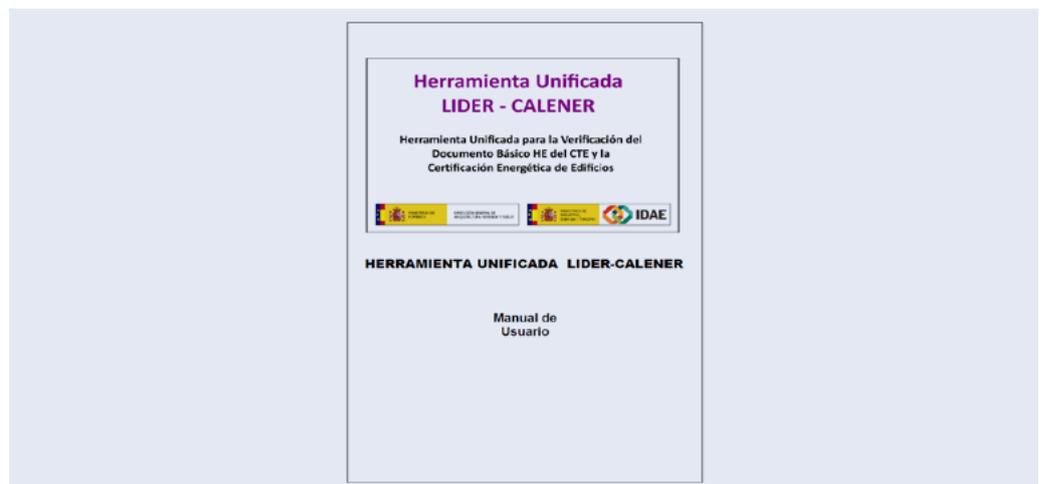
Las herramientas por tanto, permiten un “afinado” de cálculos en la medida en que la introducción de datos sea más precisa, pero su misión es fundamentalmente la robustez en la asignación de la etiqueta más que la precisión y el detalle de cada uno de los consumos.

Con todo sí puede plantearse su utilización, especialmente en el caso de las herramientas simplificadas, como una primera criba para la viabilidad técnico-económica de determinadas soluciones, para posteriormente modelizar el comportamiento y repercusiones energéticas de las soluciones viables con softwares específicos que permiten la obtención de resultados mucho más precisos y detallados, como los mencionados en el capítulo 3.

## 8.2 El método general: Herramienta Unificada LIDER-CALENER

### Procedimiento General para la Certificación Energética de edificios en proyecto y terminado.

**Figura 126.**  
Manual de Usuario de la  
Herramienta Unificada  
LIDER-CALENER



El Programa informático HULC es una herramienta informática promovida por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del IDAE, y por el Ministerio de Fomento, que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado.

El programa está disponible para su descarga desde la web:

<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener>

A febrero de 2018, su última versión disponible es la versión 1.0.1564.1124 (fecha de actualización 03 de marzo de 2017).

El propio programa en su botón de ayuda incluye un documento extenso que explica de forma detallada los pormenores de funcionamiento del programa, se trata del Manual del usuario.

**Figura 127.**

Pantalla de la herramienta visor CTE, que permite la visualización del archivo XML generado en la certificación.

**visor CTE XML** Certificación de Eficiencia Energética - Informe Complementario

Espacio	Potencia instalada [W/m²]	VEE [W/m²-100h/a]	Iluminancia media [lux]	Modo de iluminación
ILUM_ASEOS	65,12	1,79	150,00	Estimado
ILUM_PASILLOS	65,12	1,79	150,00	Estimado
ILUM_RESTO	4312,48	1,52	500,00	Estimado
<b>TOTALES</b>	<b>7,40</b>			

**5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)**

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
ZONA_PASILLOS	20,50	noresidencial-15h-media
ZONA_ILUM RESTO	565,66	noresidencial-15h-media
Edificio completo	0,04	noresidencial-15h-media

**6. ENERGÍAS RENOVABLES**

**Térmica**

Nombre	Consumo de Energía Final cubierto, en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
TOTAL	0,00	0,00	0,00	0,00

**Eléctrica**

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]
TOTAL	0,00

**ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO**

Zona Climática: D2      Uso: Local/UsoTerciario

**1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES**

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
A 12,85 B 20,46 - 17,96 (E) C 27,08 - 24,12 (E) D 33,70 - 31,22 (E) E 40,32 - 37,84 (E) F 46,94 - 44,46 (E) G 53,56 - 51,08 (E)	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> e/m²-año] 45,51	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> e/m²-año] 9,87
	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> e/m²-año] 4,15	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> e/m²-año] 11,54

Relaciones globales [kgCO<sub>2</sub>e/m²-año]

	kgCO <sub>2</sub> e/m²-año	kgCO <sub>2</sub> e/año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	65,583	3887,7

Además, existen una serie de complementos como el visor CTE, que permite la visualización y edición de los archivos XML generados por los programas de certificación energética.

El programa comienza por la pantalla de descripción del edificio, su tipo y el caso que se pretende certificar, que pueden ser los dos siguientes:

**Figura 128.**

Ficha de Datos generales del programa Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC).

**Datos generales**

Datos administrativos | Datos generales | Fuentes de energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

**Definición del caso**

**Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética**

- Edificio NUEVO
- Edificio EXISTENTE: Ampliación
- Edificio EXISTENTE: Intervención importante
- Edificio EXISTENTE: Cambio de uso característico

**Solo Certificación de Eficiencia Energética**

- Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

**Localidad, Datos Climáticos**

Comunidad autónoma: Castilla y León

Provincia: Valladolid

Localidad: Medina del Campo

Altitud: 719,00

Zona climática: [dropdown]

Peninsular  
 Extrapeninsular

**Tipo de edificio**

- Vivienda unifamiliar
- Viviendas en bloque
  - Una Vivienda de un bloque
- Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)
  - Un local de un Edificio PMT
- Gran Edificio Terciario (GT)
  - Un local de un Edificio GT

**Ventilación del edificio residencial**

Se acepta el valor de ventilación por defecto (0,63 renovaciones por hora)

Caudal de ventilación del edificio o vivienda [litros/s]: 0,63

**Valores por defecto de los espacios habitables**

Tipo de Uso: Residencial

Aceptar Cancelar

**Verificación CTE y Certificación de Eficiencia Energética** que corresponderían a edificios nuevos, ampliación de edificios existentes, intervenciones importantes en edificios existentes, o edificio existente al que se cambia su uso característico.

**Solo Certificación de Eficiencia Energética**, únicamente para el caso de edificios ya existentes, solo se pretende obtener su certificación energética.

Por tanto, podría indicarse que la Herramienta Unificada (HULC) es de aplicación siempre que haya un proyecto, bien para un edificio nuevo o bien un proyecto de intervención en un edificio existente, pudiéndose certificar el proyecto y posteriormente el edificio terminado con arreglo a ese proyecto. Mientras que para el caso de certificación de un edificio ya existente (no es preciso verificar cumplimiento del CTE-HE) la herramienta unificada comparte su validez con las distintas herramientas simplificadas: CEX, CE3X y CERMA.

En cuanto a la verificación del cumplimiento de exigencias del CTE-HE, esta herramienta informática (HULC) permite la verificación de las exigencias 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE. La exigencia establecida para edificios de nueva construcción de uso distinto al residencial privado en el apartado 2.2.2 de la sección HE0 debe verificarse, tal como establece el DB-HE, según el procedimiento básico para la certificación energética de edificios. Otras exigencias de las secciones HE0 y HE1 que resulten de aplicación deben verificarse por otros medios.

### Descripción y estructura de la Herramienta Unificada (HULC)

Al iniciar la aplicación aparece en la pantalla el formulario principal. En él se encuentra una barra de herramientas, que da acceso a los distintos módulos del programa, y una zona inferior, en la que se visualizarán los distintos formularios de trabajo.

**Figura 129.**

Pantalla inicial de la Herramienta, cuando no se han introducido datos del edificio que permitan calcular su demanda. A continuación, pantalla con datos del edificio, pero no aún de sus equipos, pendiente de comprobación de consumos (botón CTE HE-0 apagado).



Los botones de la parte superior dan acceso a cada una de las partes de la aplicación, encontrándose ordenados de manera que la secuencia a seguir en el proceso de definición del edificio sea ir utilizándolos de izquierda a derecha.

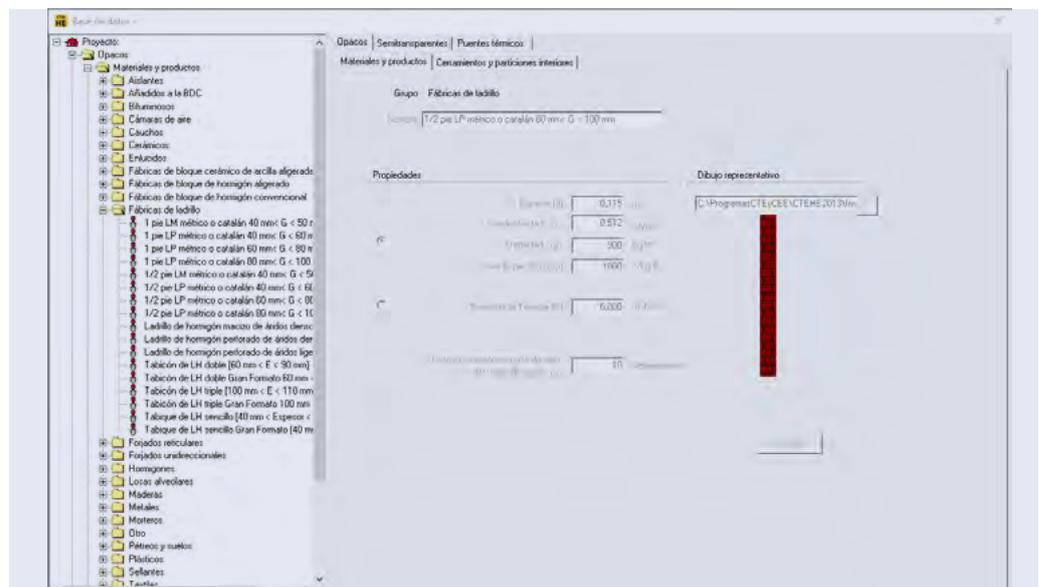
La forma sistemática de proceder para la verificación de la normativa DB-HE de un edificio mediante el programa **HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER Y CALENER (HULC)** es la siguiente:

1. Análisis del edificio y recopilación de la información necesaria para la ejecución de la aplicación.
  - 1.1. Selección de la zona climática a la que pertenece el edificio, de acuerdo con el DB-HE1.
  - 1.2. Partiendo de los planos del edificio y del proyecto, realizar las simplificaciones y divisiones pertinentes en plantas y espacios para su introducción en el programa.

- 1.3. Clasificación de los espacios del edificio de acuerdo con las consideraciones del DB-HE1 y con el apartado espacios del presente manual.
  - 1.4. Recopilación de todas las propiedades higrotérmicas de todos los materiales y productos de construcción que conforman los cerramientos, huecos y particiones interiores, así como la información relativa a los puentes térmicos del edificio.
2. Iniciar la aplicación y crear un proyecto Nuevo, indicar el tipo de verificación de la que se trata el proyecto (ver tabla de validaciones incluida en el formulario datos generales), así como la ubicación, orientación y los datos del proyecto en el formulario Datos Generales y las cuatro pestañas que lo componen.
  3. Abrir de la base de datos del edificio los materiales y productos, para establecer la composición de los cerramientos y particiones interiores pudiendo definir aquellos materiales que sean nuevos. Eventualmente incorporar los en la base de datos del usuario.
  4. En el formulario Def. Geométrica, Constructiva y Operacional, asignar la composición constructiva por defecto a los distintos cerramientos y particiones interiores del edificio, incluyendo los puentes térmicos.

**Figura 130.**

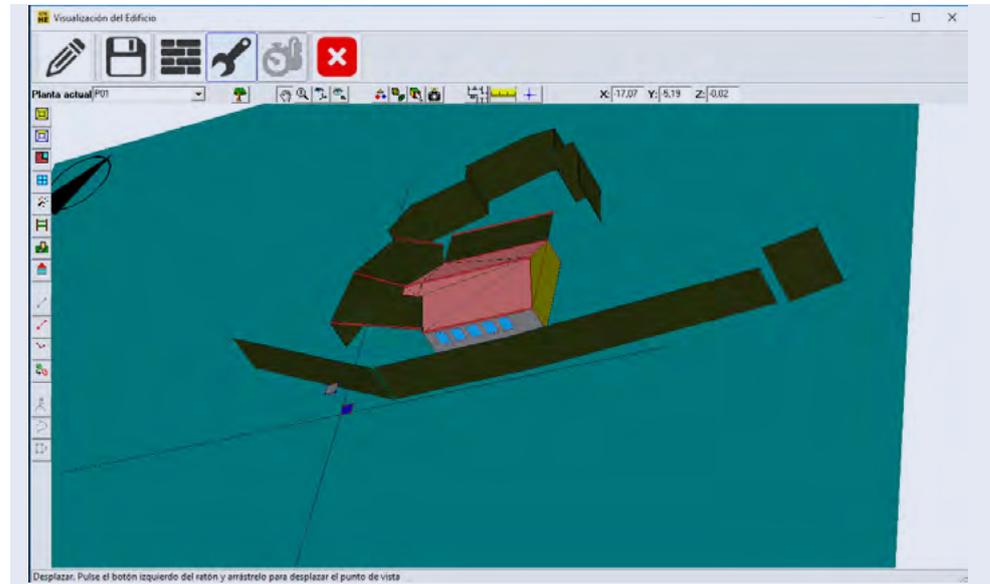
Base de datos del programa HULC que permite definir los elementos de la envolvente del edificio.



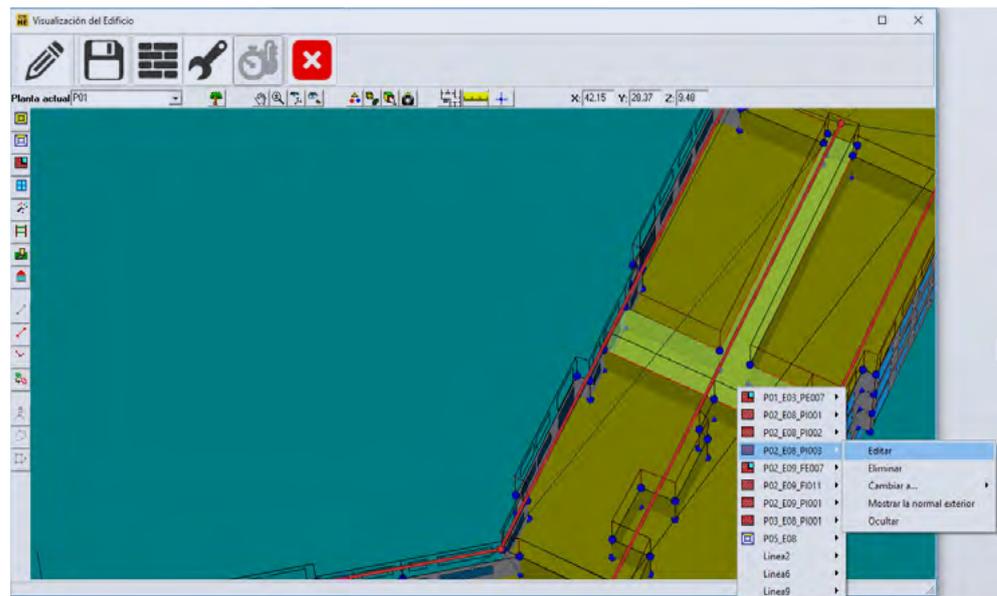
5. Definición de la geometría 3D del edificio. El proceso de definición geométrica se realizará sucesivamente planta por planta y de abajo a arriba repitiendo los siguientes pasos:
  - 5.1. Si se dispone de planos, cargar el archivo de la planta .DXF o .BMP a la cota correspondiente (icono Gestión de planos).
  - 5.2. Crear la planta especificando su cota, y su relación con las plantas anteriores. Definir el polígono de la planta (Crear planta).

- 5.3. Definir los espacios mediante la orden Crear espacio, ayudado si es preciso de líneas auxiliares (Línea auxiliar 2D) o bien mediante la orden Dividir espacios.

**Figura 131.**  
HULC. Pantalla de definición gráfica de la geometría del edificio.



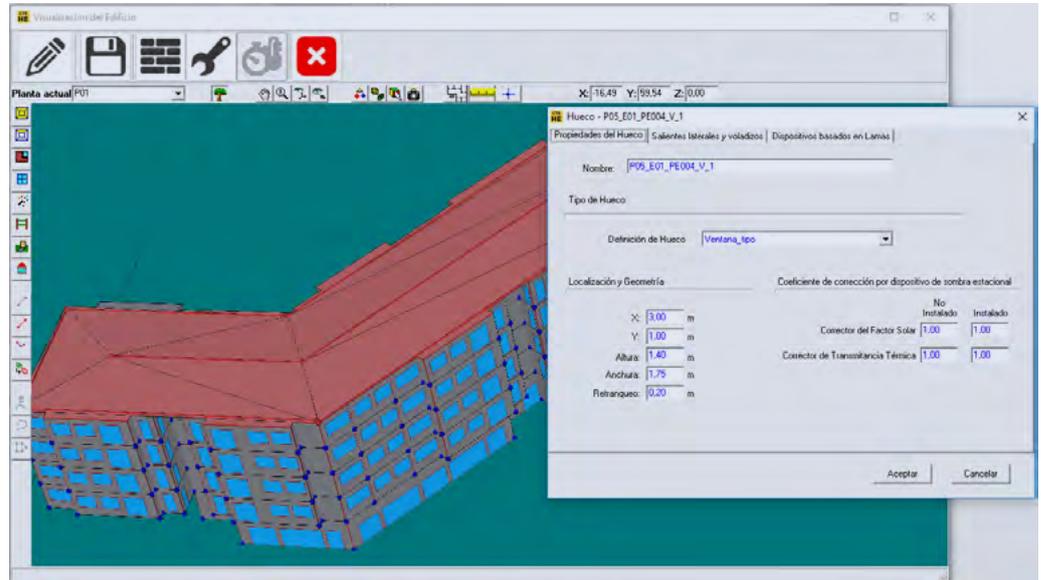
**Figura 132.**  
HULC. Detalle de la edición gráfica de elementos de cerramiento y particiones.



- 5.4. Modificar las condiciones de operación de aquellos espacios cuyas características sean diferentes a las definidas por defecto. (En la pantalla de visualización Tipo de espacio y Editar).
- 5.5. Definir las particiones horizontales y/o suelos mediante la orden Crear forjados automáticos o bien Crear forjados.
- 5.6. Levantar automáticamente los cerramientos y particiones interiores verticales (Crear muro) y si alguno de ellos no fuera un cerramiento en contacto con el aire exterior (medianería, cerramiento en contacto con el terreno, etc.) editar y modificar el tipo de muro en la visualización de la geometría.

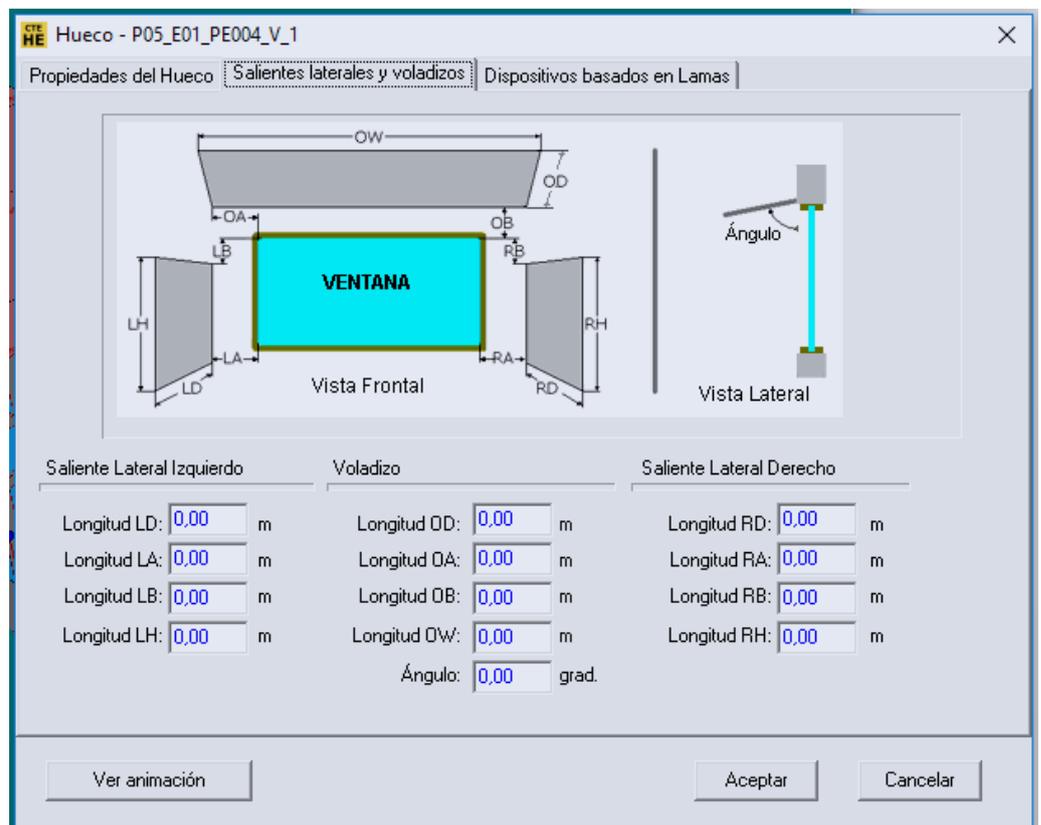
- 5.7. Definir los huecos (Crear hueco) de los cerramientos, asegurándose de que Definen las cubiertas planas (con la orden Crear forjados) o inclinadas (Crear cerramiento singular), en su caso.

**Figura 133.**  
HULC. Detalle de la edición de huecos en cerramientos.



6. En el caso de que existan obstáculos que generen sombras sobre el edificio (por ejemplo, otros edificios existentes) introducirlos mediante la orden Crear sombra. Si existen elementos de sombra del propio edificio, (aleros, salientes no pertenecientes a ningún espacio, etc.) definirlos como Elementos singulares.

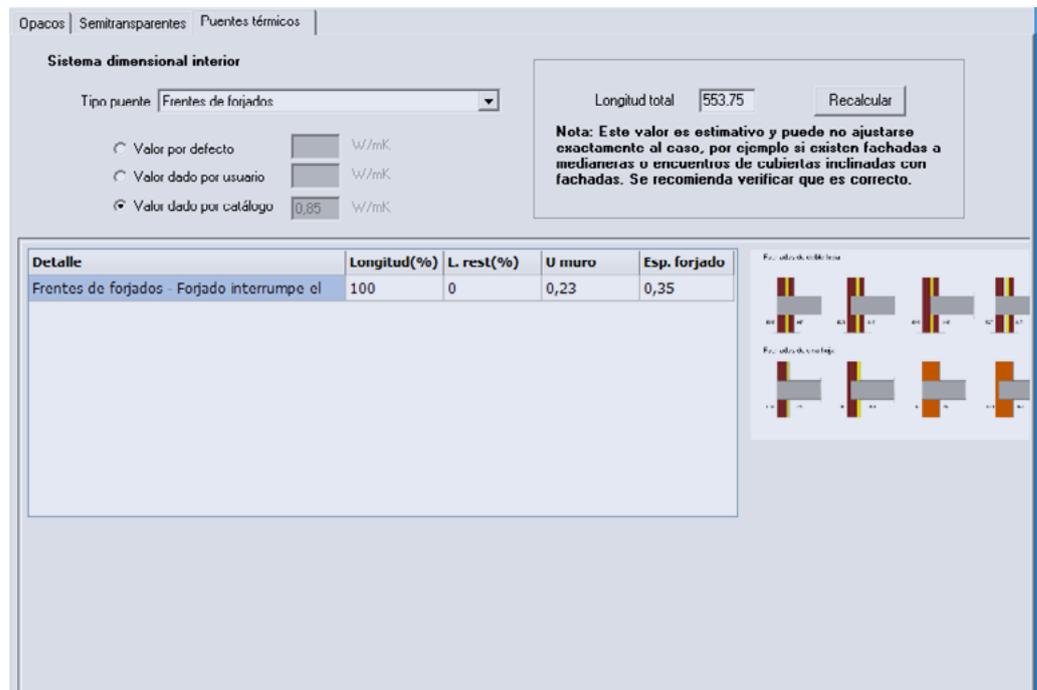
**Figura 134.**  
HULC. Detalle de la edición de huecos. Viseras y resguardos laterales.



## 7. Incluir los puentes térmicos

**Figura 135.**

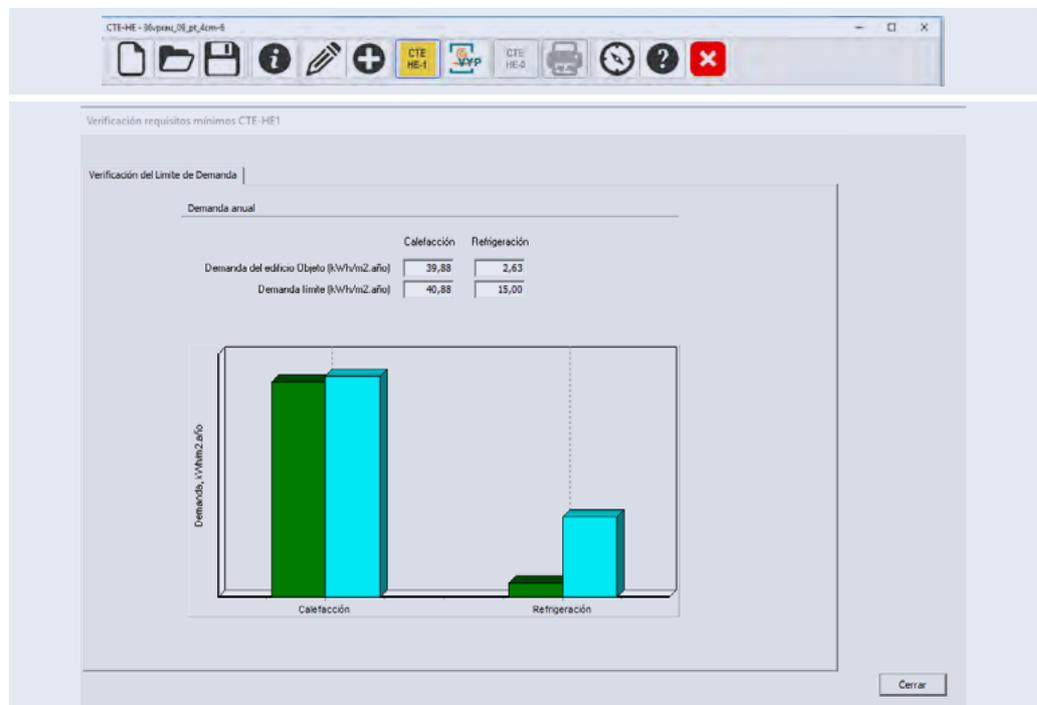
HULC. Detalle de la edición de puentes térmicos en la envolvente.



## 8. Calcular. El programa verificará, en los casos en los que resulte aplicable, el cumplimiento de las exigencias del apartado 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1.

**Figura 136.**

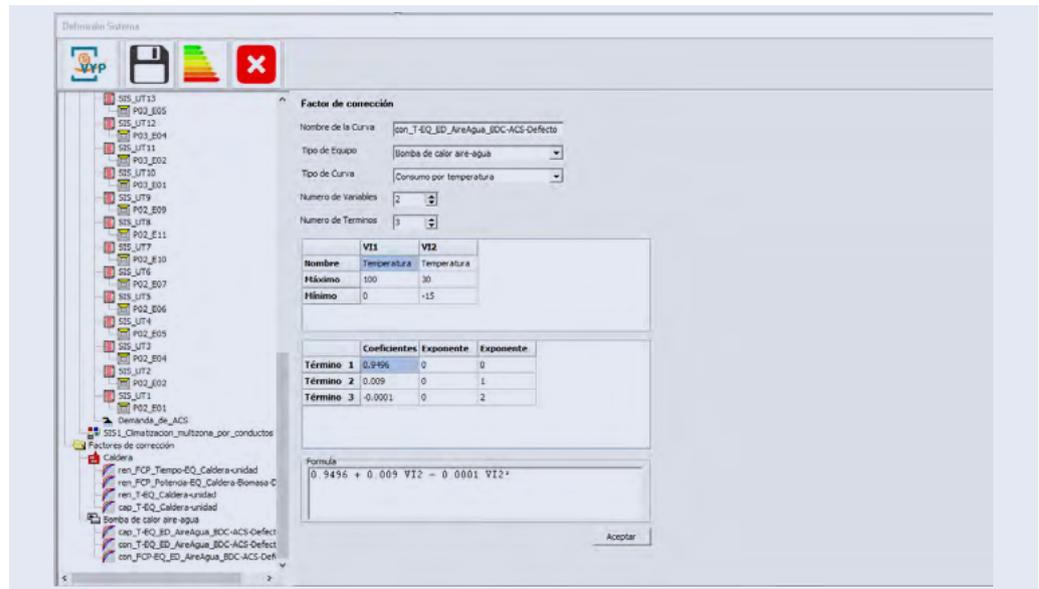
HULC. Arriba botón CTE HE-1, activa el cálculo de demanda anual del edificio. Abajo gráficas comparativas de la demanda de calefacción y de refrigeración del edificio objeto, comparadas con los correspondientes límites de demanda establecidos por CTE.



Se muestran la demanda conjunta de calefacción y refrigeración, la del edificio de referencia aparece siempre en color azul mientras que la del edificio objeto aparecerá en verde si cumple con el apartado de limitación de la demanda del HE1 o en rojo si no lo cumple.

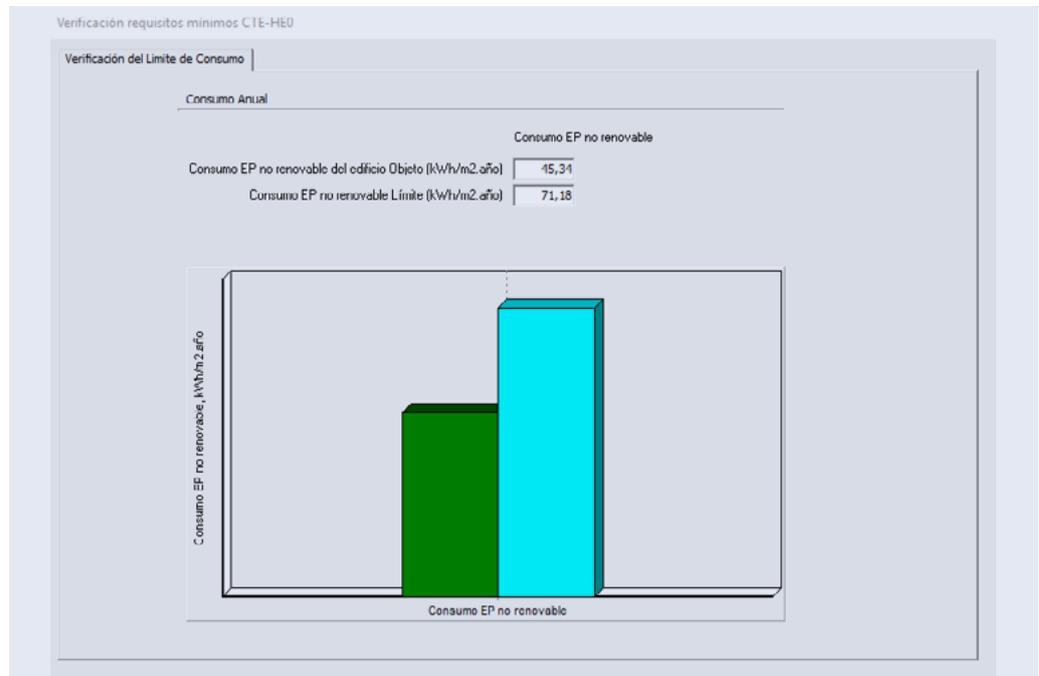
- Incluir los sistemas de climatización y producción de ACS (además de iluminación para edificios terciarios).

**Figura 137.** HULC. Pantalla de definición de sistemas y factores de corrección en función de las curvas de rendimiento de los equipos, datos necesarios para que el programa pueda calcular los consumos de cada sistema y el total del edificio.



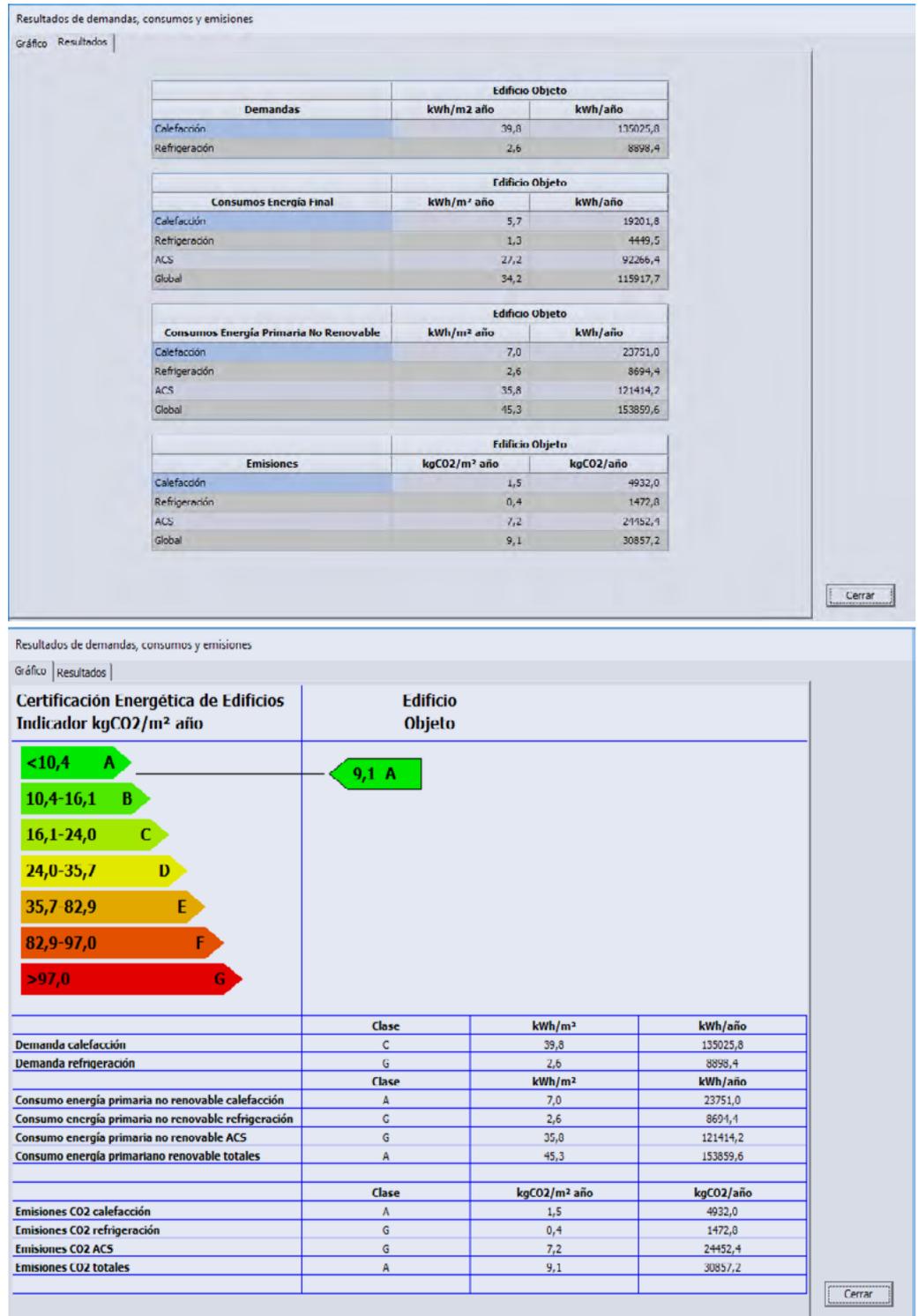
- Calcular (botón CTE HE-0). El programa verificará, en los casos en los que resulte aplicable, el cumplimiento de la exigencia del apartado 2.2.1 de la sección HE0.

**Figura 138.** HULC. Comparativa de consumo de energía no renovable entre el edificio objeto y el límite de consumo establecido por el CTE HE-0.



Finalmente, se emite la certificación energética del edificio con los datos correspondientes a demandas, consumos y emisiones.

**Figura 139.**  
HULC. Pantallas de datos de demandas, consumos y emisiones anuales del edificio y etiquetado correspondiente a tales datos.



## 8.3 Procedimientos simplificados para la certificación energética de edificios existentes.

Los Programas informáticos CE3, CE3X y CERMA son herramientas informáticas promovidas por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del IDAE, y por el Ministerio de Fomento, que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio existente.

El certificado de eficiencia energética de un edificio existente lleva implícitas medidas de mejora, tal como se cita en el Real Decreto 235/2013 (procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios). Textualmente, el artículo 6 dice que el certificado de eficiencia energética de edificios existentes deberá contener un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este, a menos que no exista ningún potencial razonable para una mejora de esa índole en comparación con los requisitos de eficiencia energética vigentes. Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética abordarán:

1. Las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio, y
2. Las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio.

Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.

Contendrá información dirigida al propietario o arrendatario sobre dónde obtener información más detallada, incluida información sobre la relación coste-eficacia de las recomendaciones formuladas en el certificado. La evaluación de esa relación se efectuará sobre la base de una serie de criterios estándares, tales como la evaluación del ahorro energético, los precios subyacentes de la energía y una previsión de costes preliminar.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de los tres procedimientos de certificación energética para edificios existentes se ha orientado a facilitar lo que se considera el objetivo fundamental de la calificación de eficiencia energética de los edificios existentes, que consiste en promover la implementación de medidas de mejora de la eficiencia energética.

### 8.3.1 // Programa CE3

El procedimiento simplificado de certificación de edificios existentes y el programa informático que lo acompaña CE3 es aplicable a todo tipo de edificio existente excepto para aquellos que dispongan de componentes, elementos equipos o sistemas no incluidos en el programa de referencia CALENER.

El programa (versión actual V 20160906), su manual de usuario y su manual de fundamentos técnicos, la guía de medidas de mejora y otra información complementaria se descargan gratuitamente de la web del ministerio:

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>

**Figura 140.**

CE3. Guías de CE3: Manual del usuario, Manual de fundamentos técnicos y Guía de recomendaciones de eficiencia energética.



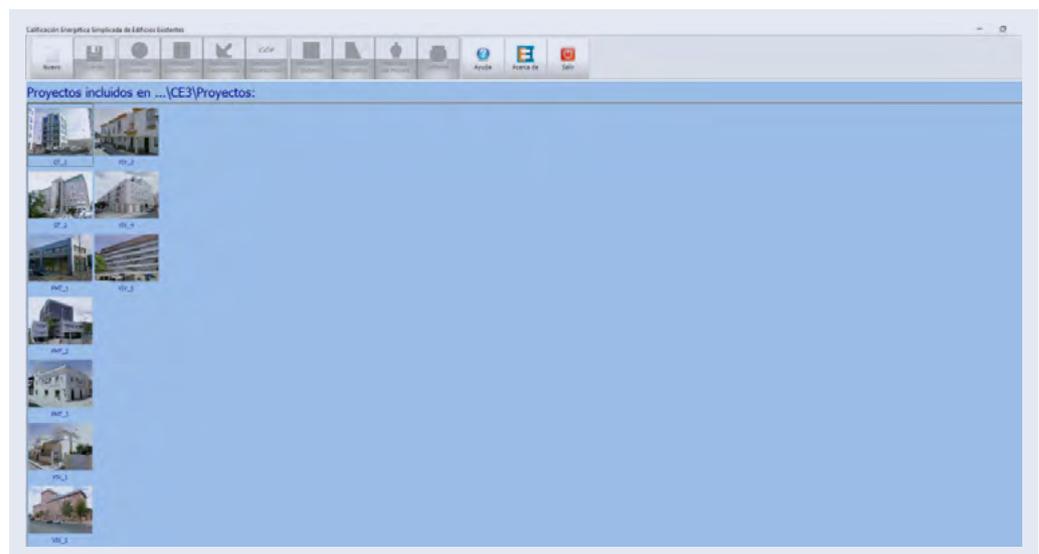
### Estructura del programa. Secuencia de acciones

Como se indicó anteriormente, el programa informático se estructura en tres módulos:

- ▶ Módulo 1 de entrada de datos.
- ▶ Módulo 2 de resultados y calificación.
- ▶ Módulo 3 de medidas de mejora.

**Figura 141.**

CE3. Pantalla de inicio del programa.



**Figura 142.**

CE3. Pantalla de introducción de datos generales, datos del proyecto.

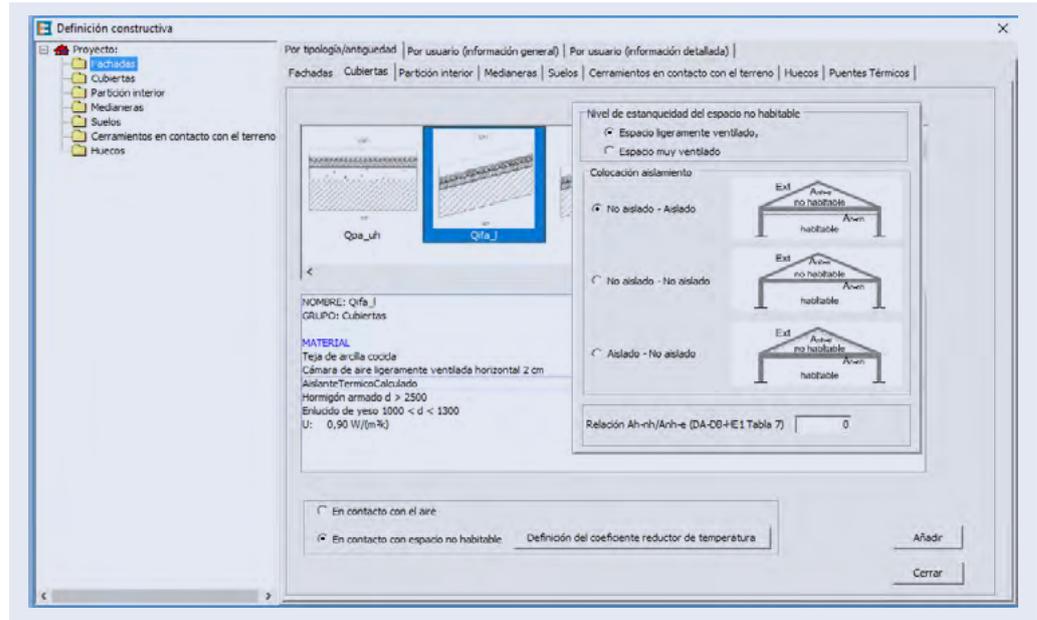
- **Módulo 1 de entrada de datos.** Definición geométrica, constructiva y de instalaciones.

**Figura 143.**

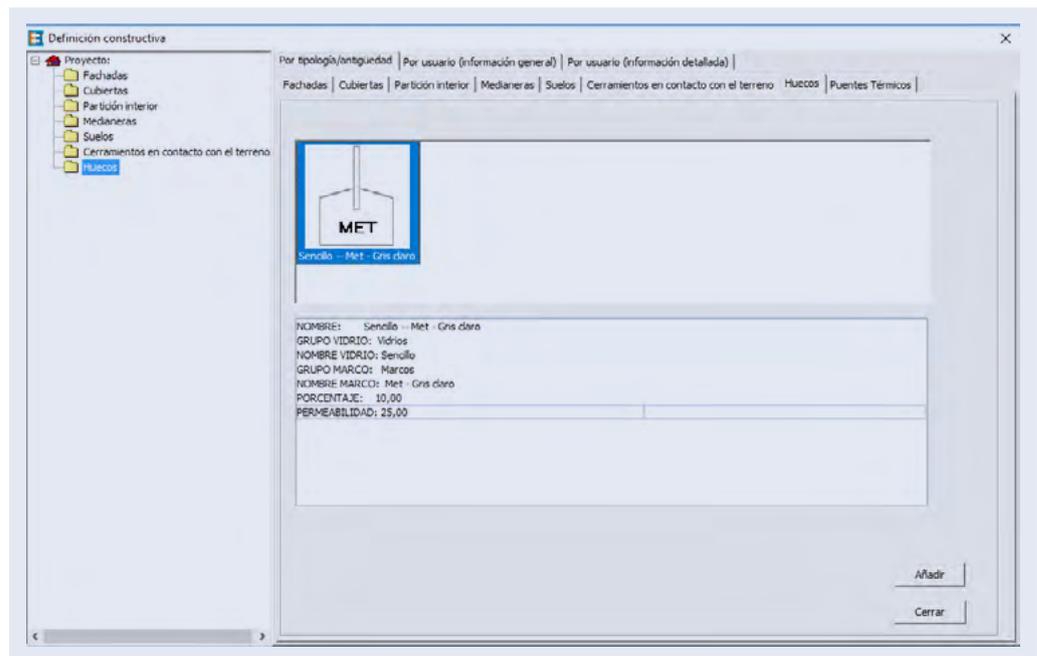
CE3. Pantalla del módulo de definición constructiva del edificio. Apartado correspondiente a definición de fachadas, se pueden utilizar las establecidas por defecto por el programa o bien definir las por el usuario con sus componentes, en este caso el programa calculará la U del cerramiento.

**Figura 144.**

CE3. Pantalla del módulo de definición constructiva del edificio. Apartado correspondiente a definición de cubiertas, en el caso de espacios no habitables bajo cubierta, facilita el cálculo del coeficiente de transmisión conjunto según el método del DA-DB-HE1


**Figura 145.**

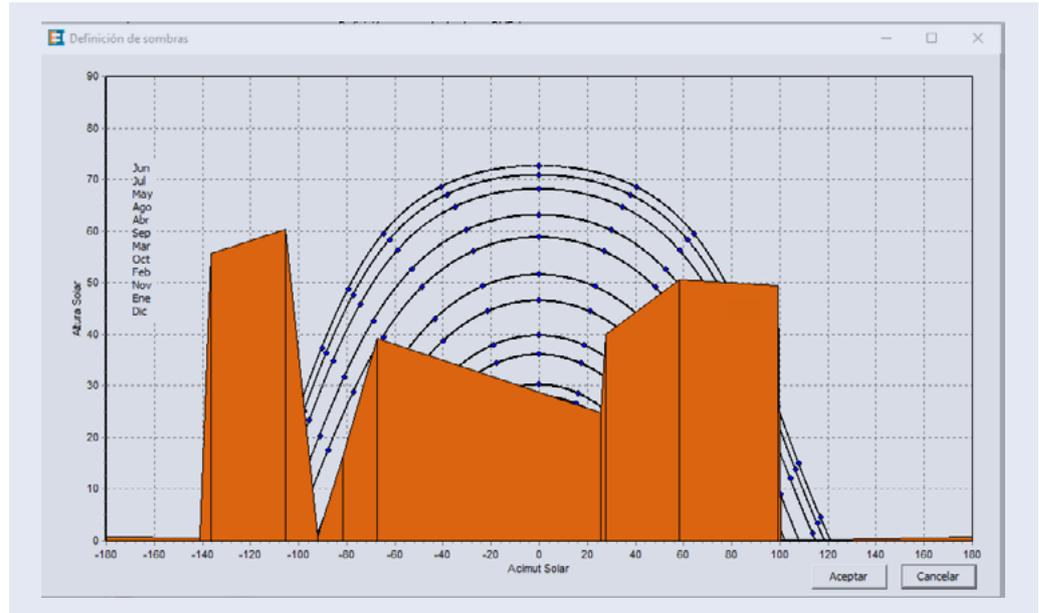
CE3. Pantalla de definición constructiva correspondiente a huecos.



A continuación, definiremos las condiciones de ubicación en el entorno, orientación y sombreados correspondientes a la orientación del cerramiento y su entorno:

**Figura 146.**

CE3. Pantalla de definición de sombras, con representación gráfica en una carta.



Definiremos igualmente las condiciones de operación: ocupación, iluminación y equipos (edificios de uso distinto a vivienda)

**Figura 147.**

CE3. Ficha de definición de condiciones operacionales para los espacios o zonas del edificio, con definición de condiciones de ocupación, de iluminación y de equipos asignados.

Finalmente definiremos de los sistemas de acondicionamiento, sencillos en el caso de vivienda, pero más completos en edificios terciarios pequeños y medianos y detallados para el caso de grandes terciarios.

**Figura 148.**  
CE3. Ficha de definición de sistemas de acondicionamiento, en este caso de viviendas.

**Definición de sistemas de acondicionamiento**

Sistemas para viviendas | Sistemas para Tercerarios Pequeños y Medianos | Sistemas para Grandes Tercerarios

Sistema principal de calefacción

Equipo principal: Caldera mixta combustión estándar  
 Combustible: Gas Natural  
 Potencia Nominal (kW): 250,00  
 Año instalación o última renovación: 1999 Rendimiento Nominal (%): 90,00  
 Rend. Estacional (RITE ITD-4) (%): 0,00  
 Porcentaje de sup.acondicionada: 100,00

Sistema secundario de calefacción

Equipo secundario: Caldera calefacción combustión estándar  
 Combustible: Gas Natural  
 Potencia Nominal (kW): 0,00  
 Año instalación o última renovación: 2000 Rendimiento Nominal (%): 0,00  
 Rend. Estacional (RITE ITD-4) (%): 0,00  
 Porcentaje de sup.acondicionada: 0,00

Sistema principal de refrigeración

Equipo principal: Equipo(s) tipo split/multisplit  
 Combustible: Electricidad  
 Potencia Nominal (kW): 0,00  
 Año instalación o última renovación: 2000 EER Nominal: 0,00  
 EER Estacional (RITE ITD-4): 0,00  
 Porcentaje de sup.acondicionada: 100,00

Sistema secundario de refrigeración

Equipo secundario: Equipo(s) tipo split/multisplit  
 Combustible: Electricidad  
 Potencia Nominal (kW): 0,00  
 Año instalación o última renovación: 2000 EER Nominal: 0,00  
 EER Estacional (RITE ITD-4): 0,00  
 Porcentaje de sup.acondicionada: 0,00

Sistema principal de ACS

Equipo principal: Caldera mixta combustión estándar  
 Combustible: Gas Natural  
 Potencia Nominal (kW): 250,00  
 Año instalación o última renovación: 1990 Rendimiento Nominal (%): 90,00  
 Rend. Estacional (RITE ITD-4) (%): 0,00  
 Porcentaje de energía solar: 0,00  
 Demanda diaria de ACS a 60°C: 1362,62 litros/día

Aceptar Cancelar

**Figura 149.**  
CE3. Ficha de definición de sistemas de acondicionamiento primarios y de condensación.

**Definición de sistemas de acondicionamiento**

Sistemas para viviendas | Sistemas para Tercerarios Pequeños y Medianos | Sistemas para Grandes Tercerarios

Primarios / Condensación | Secundarios | Asociaciones primarios y secundarios | Sistemas de iluminación

Primarios

Grupo de primarios001

Única bomba para todos los equipos  Una bomba para cada equipo  Única Bomba en Secundarios

Existencia recirculación en el primario

Sistemas de condensación

Descripción General

Cap. Inversión: Estacional  
 Despreciar pérdidas:

Bomba

Tipo de Bomba: Caudal Constante  
 Caudal Nominal (l/h): 7200,00  
 Factor de transporte W(l/h): 0,10

Control Periodo Calefacción

Fecha Inicio: 1 Noviembre  
 Fecha Final: 31 Marzo

Control Periodo Refrigeración

Fecha Inicio: 1 Abril  
 Fecha Final: 31 Octubre

Pérdidas tuberías agua caliente

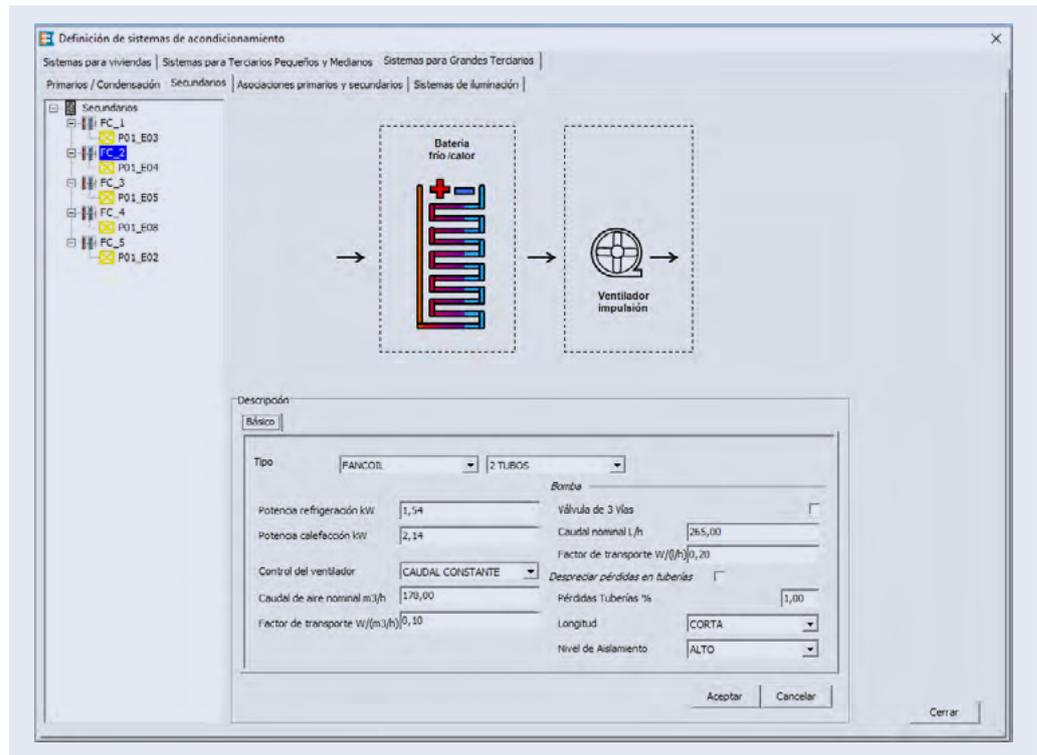
Longitud tubería: Cortos  
 Aislamiento tubería: Alto  
 Porcentaje pérdidas %: 0

Pérdidas tuberías agua fría

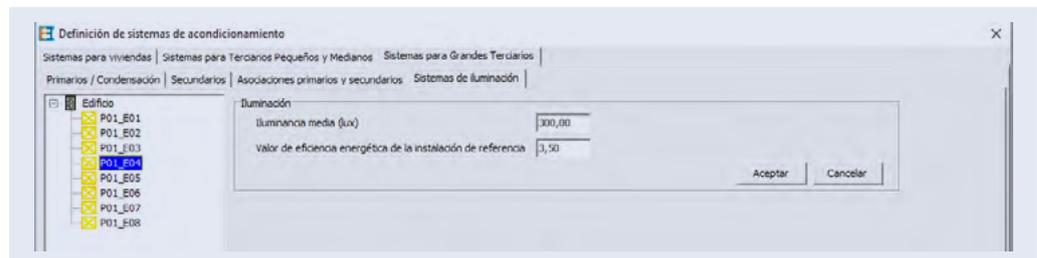
Longitud tubería: Cortos  
 Aislamiento tubería: Alto  
 Porcentaje pérdidas %: 0

Aceptar Cancelar Error

**Figura 150.**  
CE3. Ficha de definición de sistemas de acondicionamiento secundarios.



**Figura 151.**  
CE3. Ficha de definición de sistemas de acondicionamiento secundarios.



### ► Módulo 2 de resultados y calificación.

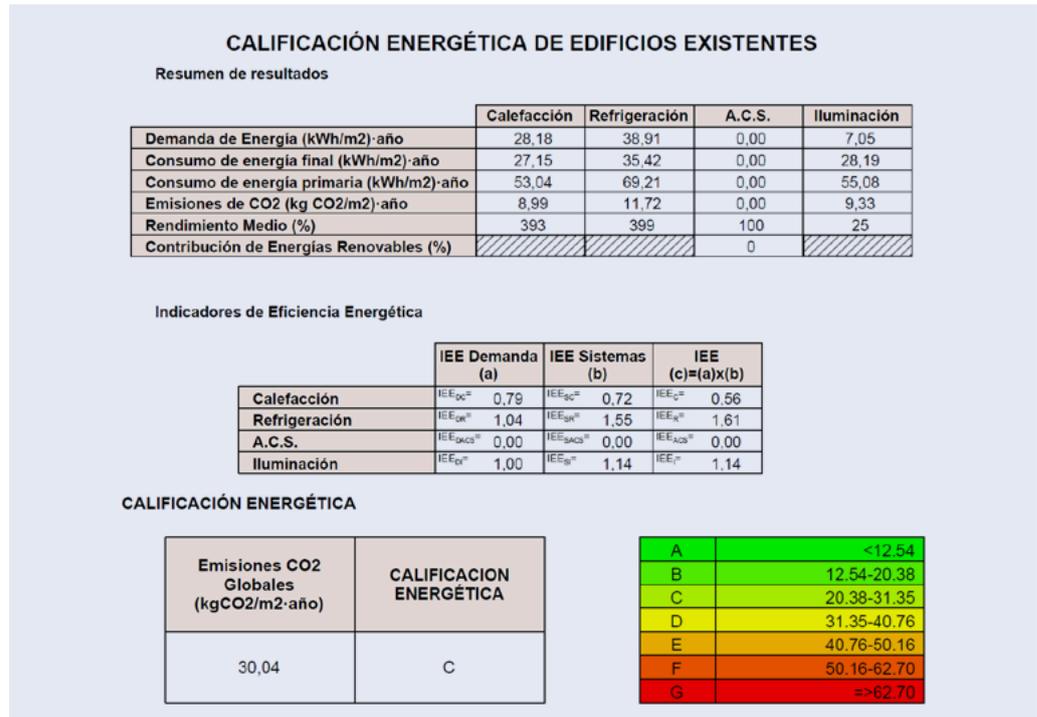
La cumplimentación de los datos solicitados en cada pantalla permitirá al usuario ir completando los siguientes análisis:

#### Situación energética inicial.

El proceso que se propone incluye una primera fase en la que se trata de evaluar de manera aproximada la situación energética inicial del edificio e identificar el potencial de mejora que éste presenta. Para la evaluación inicial del edificio no es necesaria la toma de datos pormenorizada de las características de la envolvente térmica del edificio y de sus instalaciones, ya que los procedimientos cargarán valores orientativos por defecto en función de la tipología edificatoria y año de construcción (para las soluciones constructivas de la envolvente) y en función del tipo de sistema o equipo y año de instalación de éstos.

**Figura 152.**

CE3. Pantallas de datos de demandas, consumos y emisiones anuales del edificio y etiquetado correspondiente a tales datos.



### Desglose de resultados.

Una vez evaluada la situación inicial se procede al desglose de todos los términos que la determinan. Este desglose es inicialmente por usos y, en segunda instancia, identificando (y valorando) las demandas y los rendimientos de cada uso. Selección de medidas de ahorro energético y del nivel de mejora de cada una de ellas. Cuando el técnico calificador conoce los consumos energéticos del edificio y la causa de los mismos, se le ofrece una relación de medidas de mejora para que elija de entre ellas las que serán objeto del estudio paramétrico posterior, en forma de Medidas de ahorro precuantificadas, tanto para mejora de la demanda como para mejora de los sistemas.

Los niveles de ahorro que respondan favorablemente a criterios de coste-beneficio serán propuestos al usuario si decide explorar la medida en cuestión. Obviamente, el técnico calificador podrá o no hacer uso de estas propuestas.

La idoneidad de los niveles de ahorro dependerá en principio del clima y de la situación inicial del edificio o sus instalaciones. Siempre que sea pertinente, el primer nivel de mejora que se propondrá será el que lleve al componente, al equipo o a la instalación a la eficiencia prescrita por el CTE-HE.

**Figura 153.**  
CE3. Pantallas medidas de mejora preestablecidas por el sistema.

Orientación	Superficie (m2)	U Actual (W/m2K)	U1 (W/m2K)	U2 (W/m2K)	U3 (W/m2K)
<input checked="" type="checkbox"/> Norte	352,17	2,01	0,60	0,27	
<input checked="" type="checkbox"/> Noreste	0,00	0,00	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Este	245,70	2,01	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Sureste	105,53	2,01	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Sur	226,38	2,01	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Suroeste	0,00	0,00	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Oeste	275,73	2,01	0,60	0,27	
<input type="checkbox"/> Noroeste	0,00	0,00	0,60	0,27	
<input checked="" type="checkbox"/> Cubierta	589,9	1,68	0,40	0,34	
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	2359,5	2,47	0,40	0,34	

### ► Módulo 3 de medidas de mejora

Evaluación de medidas de mejora. Con la relación de medidas que haya seleccionado el usuario y con los diferentes niveles de mejora que haya elegido para cada una de ellas, la aplicación informática realizará un estudio paramétrico automático que permitirá la exploración sin intervención del técnico calificador de todas las variaciones sucesivas y/o simultáneas que originan las medidas seleccionadas.

**Figura 154.**  
CE3. Pantallas medidas de mejora preestablecidas por el sistema.

DESCRIPCIÓN	Combustibles		Rendimiento Generación (%)	Relación de Demandas	% Reducción Demanda por Renovables
	Cble.	%			
<b>CALEFACCIÓN</b>					
<b>Situación Inicial</b>			<b>70,73</b>	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>
3/4 de biomasa	Gas Natural	25,0	Biomasa densificada	75,0	91,0
Descripción de la Alternativa 2					
<b>REFRIGERACIÓN</b>					
<b>Situación Inicial</b>			<b>200,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>
aeroterma	Electricidad	100		450,0	
Descripción de la Alternativa 2					
<b>A.C.S.</b>					
<b>Situación Inicial</b>			<b>70,73</b>	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>
paneles solares térmicos					90,0
Descripción de la Alternativa 2					

El estudio paramétrico proporciona para cada variación los nuevos indicadores

de eficiencia (y la nueva clase) que le corresponde al edificio completo.

**Figura 155.** CE3. Pantallas de medidas de ahorro. Mejoras conseguidas por combinación de varias medidas.

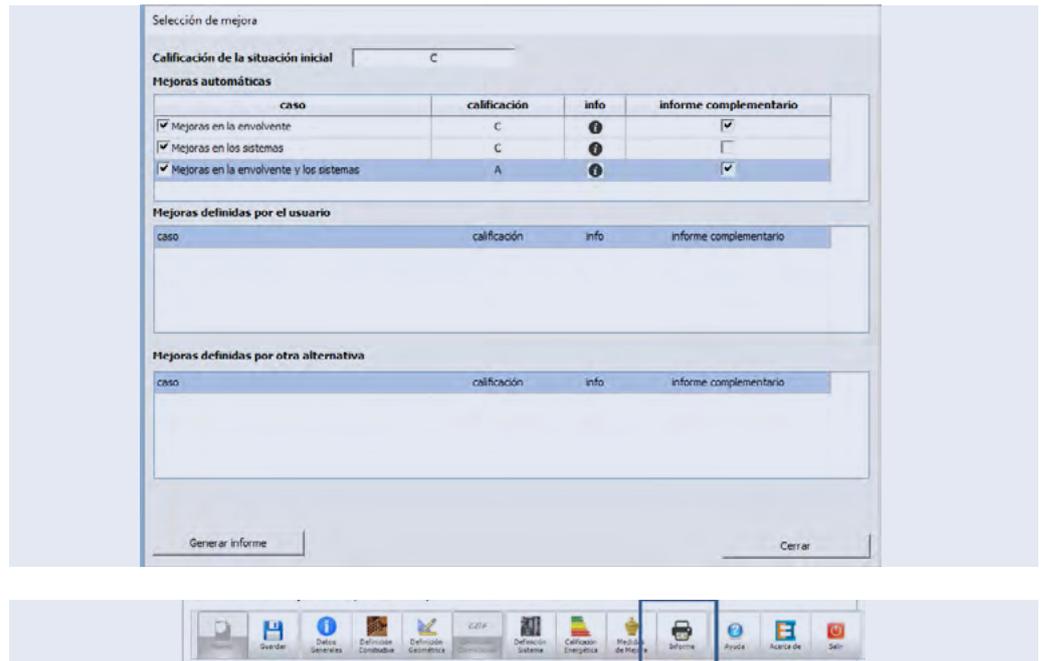
Numero de Caso	Medidas de Mejora							Ahorros Consumo Energía Final (kWh/m2)				IIE Emisiones	Clase Energética				
	D1 OPA	D2 CUB	D3 SUE	D4 VID	D5 LUC	D6 SVD	D7 SLU	S1 CAL	S2 REF	S3 ACS	S4 ILLU			Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Iluminación
15	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	167.85	3.88	0.00	0.00	1.471	E
16	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	167.85	3.88	13.44	0.00	1.314	D
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	145.87	-3.71	0.00	0.00	1.846	E
18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	145.87	-3.71	13.11	0.00	1.688	E
19	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	145.87	2.23	0.00	0.00	1.754	F
20	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	145.87	2.23	13.44	0.00	1.597	E
21	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	224.54	-3.71	0.00	0.00	0.923	C
22	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	224.54	-3.71	13.44	0.00	0.765	C
23	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	224.54	2.23	0.00	0.00	0.832	C
24	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	224.54	2.23	13.11	0.00	0.671	C
25	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	145.87	-3.71	0.00	0.00	1.846	E
26	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	145.87	-3.71	13.44	0.00	1.688	F
27	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	145.87	2.23	0.00	0.00	1.754	E
28	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	145.87	2.23	13.44	0.00	1.597	E
29	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	224.54	-3.71	0.00	0.00	0.923	C
30	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	224.54	-3.71	13.11	0.00	0.765	C
31	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	224.54	2.23	0.00	0.00	0.832	C
32	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	224.54	2.23	13.44	0.00	0.674	C
33	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	150.10	-3.82	0.00	0.00	1.799	E
34	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	150.10	-3.82	13.44	0.00	1.640	E
35	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	150.10	2.18	0.00	0.00	1.706	E
36	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	150.10	2.18	13.11	0.00	1.518	E
37	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	206.18	-3.82	0.00	0.00	0.905	C
38	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	206.18	-3.82	13.44	0.00	0.743	C

**Situaciones mejoradas definitivas.** A la vista de los resultados obtenidos, el técnico calificador elegirá una o más combinaciones de las propuestas de mejora. Para que cada una de estas combinaciones sea formalizada, el técnico calificador deberá volver a introducir en el programa las modificaciones en componentes, equipos o sistemas que haya elegido, revisar y corregir los datos de partida que se tomaron por defecto y volver a calificar el edificio.

**Figura 156.** CE3. Tabla de resultados de la combinatoria de conjuntos de medidas de ahorro.

Numero de Caso	Medidas de Mejora							Ahorros en Emisiones CO2 (kg CO2/m2)				IIE Emisiones	Clase Energética				
	D1 OPA	D2 CUB	D3 SUE	D4 VID	D5 LUC	D6 SVD	D7 SLU	S1 CAL	S2 REF	S3 ACS	S4 ILLU			Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Iluminación
361	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	47.04	-1.11	0.00	0.00	1.362	D
362	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	47.04	-1.11	3.59	0.00	1.204	D
363	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	47.04	0.79	0.00	0.00	1.274	D
364	2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	47.04	0.79	3.59	0.00	1.116	D
365	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	60.58	-1.11	0.00	0.00	0.732	C
366	2	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	60.58	-1.11	3.59	0.00	0.574	B
367	2	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	60.58	0.79	0.00	0.00	0.643	C
368	2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	60.58	0.79	3.59	0.00	0.485	B
369	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	48.10	-1.14	0.00	0.00	1.314	D
370	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	48.10	-1.14	3.59	0.00	1.156	D
371	2	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	48.10	0.78	0.00	0.00	1.225	D
372	2	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	48.10	0.78	3.59	0.00	1.067	D
373	2	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	60.99	-1.14	0.00	0.00	0.714	C
374	2	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	60.99	-1.14	3.59	0.00	0.556	B
375	2	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	60.99	0.78	0.00	0.00	0.625	C
376	2	1	2	0	0	0	0	1	1	1	0	60.99	0.78	3.59	0.00	0.467	B
377	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	48.10	-1.14	0.00	0.00	1.314	D
378	2	1	2	0	1	0	0	0	0	1	0	48.10	-1.14	3.59	0.00	1.156	D
379	2	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	48.10	0.78	0.00	0.00	1.225	D
380	2	1	2	0	1	0	0	0	1	1	0	48.10	0.78	3.59	0.00	1.067	D
381	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	60.99	-1.14	0.00	0.00	0.714	C
382	2	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	60.99	-1.14	3.59	0.00	0.556	B
383	2	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	60.99	0.78	0.00	0.00	0.625	C
384	2	1	2	0	1	0	0	1	1	1	0	60.99	0.78	3.59	0.00	0.467	B

**Figura 157.** CE3. Activación del botón “Informe” y pantalla de configuración del mismo con selección de mejoras.



Con las mejoras seleccionadas y guardadas podemos ya emitir el informe de certificación. Para ello configuraremos el informe final, incorporando además de la calificación del edificio y sus datos de demanda y emisiones, el estudio correspondiente de mejoras.

**Figura 158.** CE3. Modelo del informe de certificación emitido mediante el uso del programa.

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

**IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:**

<b>Nombre del edificio</b>				Edificio GT 2			
<b>Dirección</b>				C/ s/n - ----			
<b>Municipio</b>		Alcázares, Los		<b>Código Postal</b>		Código Postal	
<b>Provincia</b>		Murcia		<b>Comunidad Autónoma</b>		Murcia	
<b>Zona climática</b>		E3		<b>Año construcción</b>		1979-2006	
<b>Normativa vigente (construcción / rehabilitación)</b>				- Selección de la lista -			
<b>Referencia/s catastrales</b>				Ref. Catastral			

**Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:**

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción		<input type="checkbox"/> Edificio Existente	
<input type="checkbox"/> Vivienda		<input checked="" type="checkbox"/> Tercio	
<input type="checkbox"/> Individual		<input type="checkbox"/> Fracción completa	
<input type="checkbox"/> Bloque		<input type="checkbox"/> Local	
<input type="checkbox"/> Bloque completo			
<input type="checkbox"/> Vivienda individual			

**DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:**

<b>Nombre y Apellidos</b>		Autor Apellido1 Apellido2		<b>NIF/NIE</b>		CIF	
<b>Razón social</b>		APPLUS		<b>NIF</b>		-	
<b>Domicilio</b>				C/ s/n - ----			
<b>Municipio</b>		Alcázares, Los		<b>Código Postal</b>		Código Postal	
<b>Provincia</b>		Murcia		<b>Comunidad Autónoma</b>		Murcia	
<b>e-mail.</b>		-		<b>Teléfono</b>		-	
<b>Titulación habilitante según normativa vigente</b>				-			
<b>Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:</b>				CE3 v2.0.2387.1049; Fecha: 3-mar-2016			

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

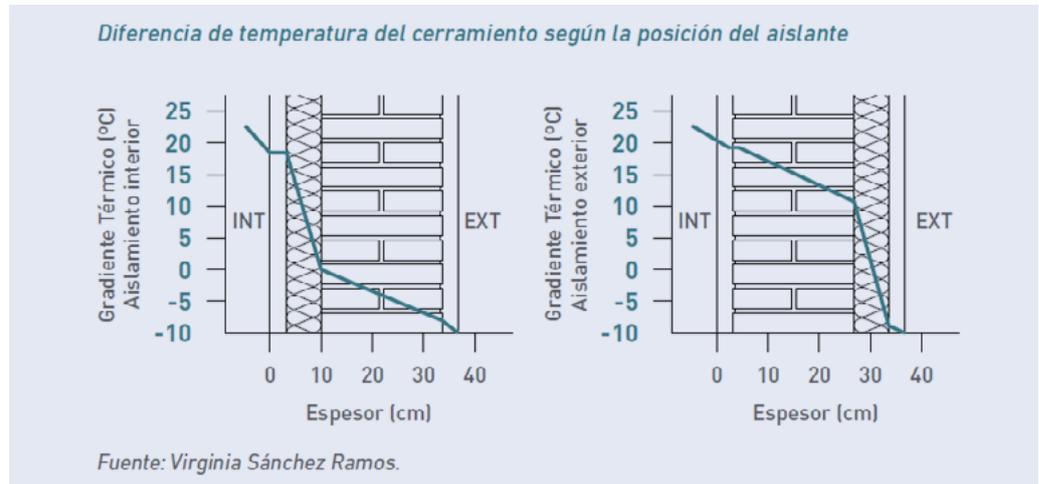
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<80.50 A		+12.54 A	
80.50-88.48 B		12.54-20.3 B	
88.48-151.48 C		20.38-31.35 C	
151.48-198.00 D		31.35-40.76 D	
198.00-242.34 E		40.76-50.16 E	
242.34-302.82 F		50.16-62.70 F	
>302.82 G		>62.70 G	
177.33 D		30.04 C	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Podemos decir que el apartado de mejoras es el punto fuerte del programa, destacando la abundante información técnica y gráfica relativa a la batería de mejoras que incorpora el programa y que se incluye con información detallada en la Guía de recomendaciones de eficiencia energética; certificación de edificios existentes CE3.

**Figura 159.**

Gráfico explicativo incluido en la Guía de recomendaciones de eficiencia energética.



### 8.3.2 // Programa CE3X.

Este procedimiento de certificación y la aplicación informática asociada CE3X, consiste en un sistema de evaluación y calificación energética de edificios existentes, que permite la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, incluida en el documento de certificación generado automáticamente por la herramienta informática.

**Figura 160.**

CE3X. Portada del Manual de usuario.



Incorpora también una serie de conjuntos de medidas de mejora de eficiencia energética, la nueva calificación que la aplicación de cada conjunto de medidas de mejora supondría y la posibilidad de realizar un análisis económico del impacto de dichas medidas basado en los ahorros energéticos estimados por la herramienta o las facturas de consumo de energía.

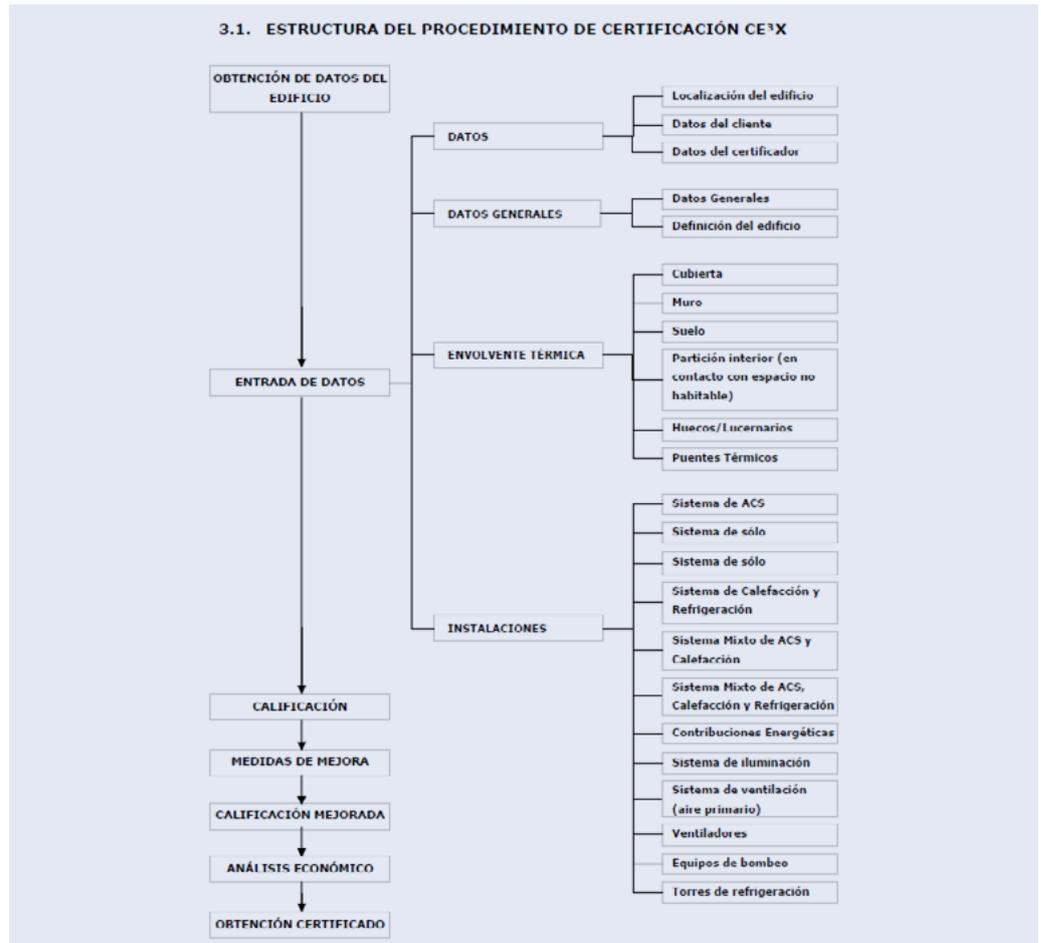
El programa, (versión actual V 2.3) su manual de usuario y su manual de fundamentos técnicos, la guía de medidas de mejora y otra información complementaria se descargan gratuitamente de la web del Ministerio:

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/Procedimientos simplificados para edificios existentes.aspx>

El programa se fundamenta en la comparación del edificio objeto de la certificación y una base de datos que ha sido elaborada para cada una de las ciudades representativas de las zonas climáticas, con los resultados obtenidos a partir de realizar un gran número de simulaciones con CALENER. La base de datos es lo suficientemente amplia para cubrir cualquier caso del parque edificatorio español. Cuando el usuario introduce los datos del edificio objeto, el programa parametriza dichas variables y las compara con las características de los casos recogidos en la base de datos.

El software busca las simulaciones con características más similares a las del edificio objeto e interpola respecto a ellas las demandas de calefacción y refrigeración, obteniendo así las demandas de calefacción y refrigeración del edificio objeto a partir de los datos introducidos por el técnico certificador. Se obtienen así sus variables adimensionalizadas para compararlas con las de la base de datos. A partir de esta comparación se obtienen las demandas energéticas del edificio y su calificación energética final. Se incluye a continuación el esquema gráfico de la estructura del procedimiento de certificación CE3X:

**Figura 161.**  
CE3X. Flujo de trabajo de la certificación CE3X, extraído del Manual del usuario.



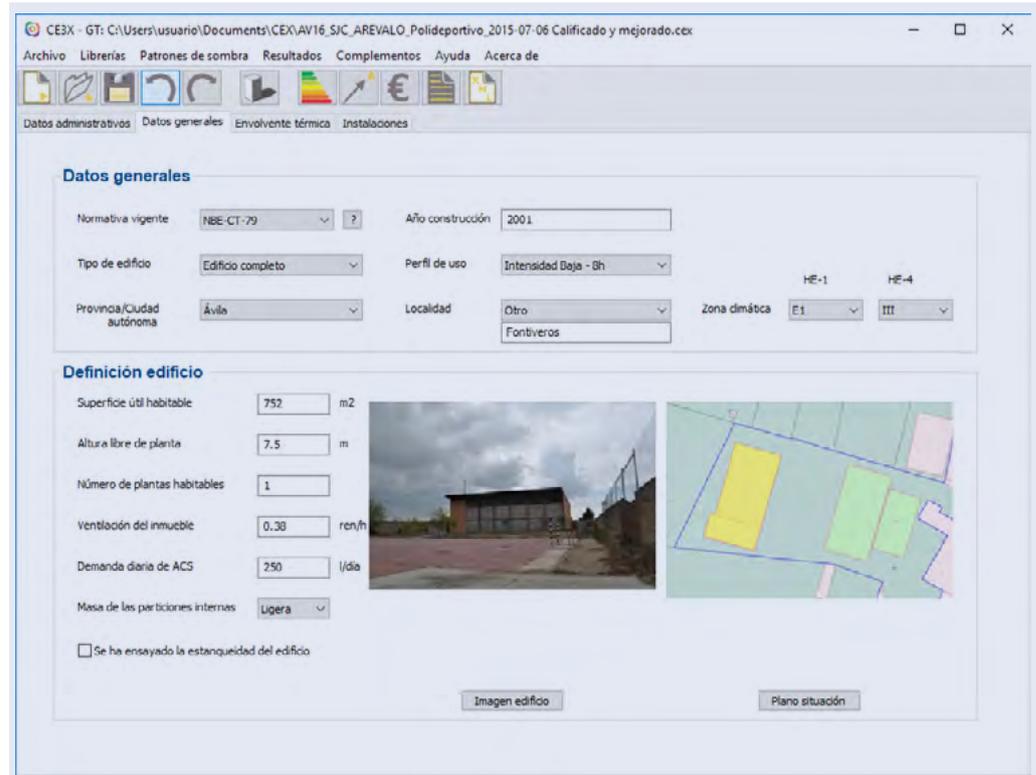
Al arrancar el programa aparece la pantalla de inicio que nos pide seleccionar el tipo de edificio a certificar, pudiendo elegir entre Residencial, Pequeño terciario o Gran terciario.

**Figura 162.**  
CE3X. Pantalla de inicio del programa.



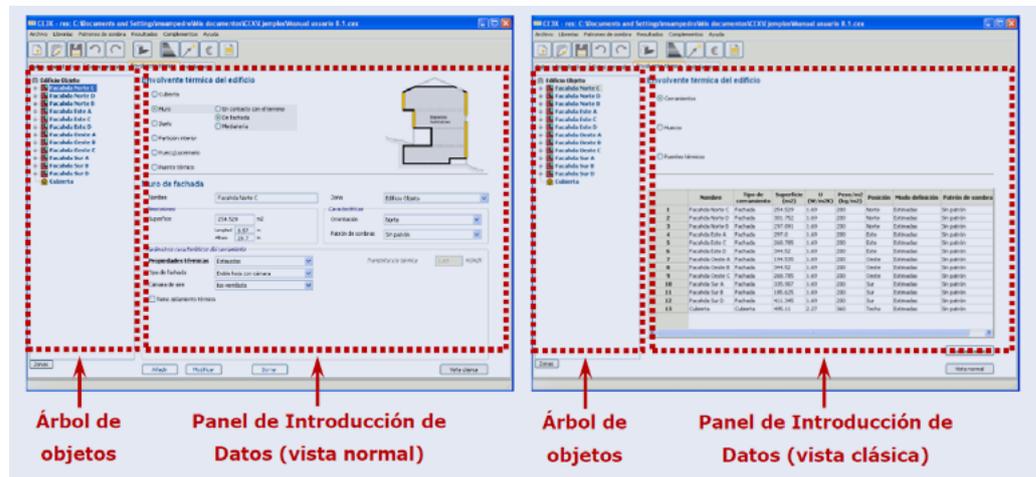
Una vez seleccionado el tipo aparece la pantalla de introducción de datos, en la que deberemos aportar los administrativos, los generales, los correspondientes a la envolvente térmica, los patrones de sombra y las instalaciones con que cuenta el edificio.

**Figura 163.**  
CE3X. Pantalla de Datos generales del edificio.



Cada pestaña despliega una tabla de introducción con una estructura semejante: Árbol de objetos en la zona derecha y el panel de introducción de datos a la derecha

**Figura 164.**  
Configuraciones posibles para una instalación de biomasa, en función de la trayectoria del fluido.



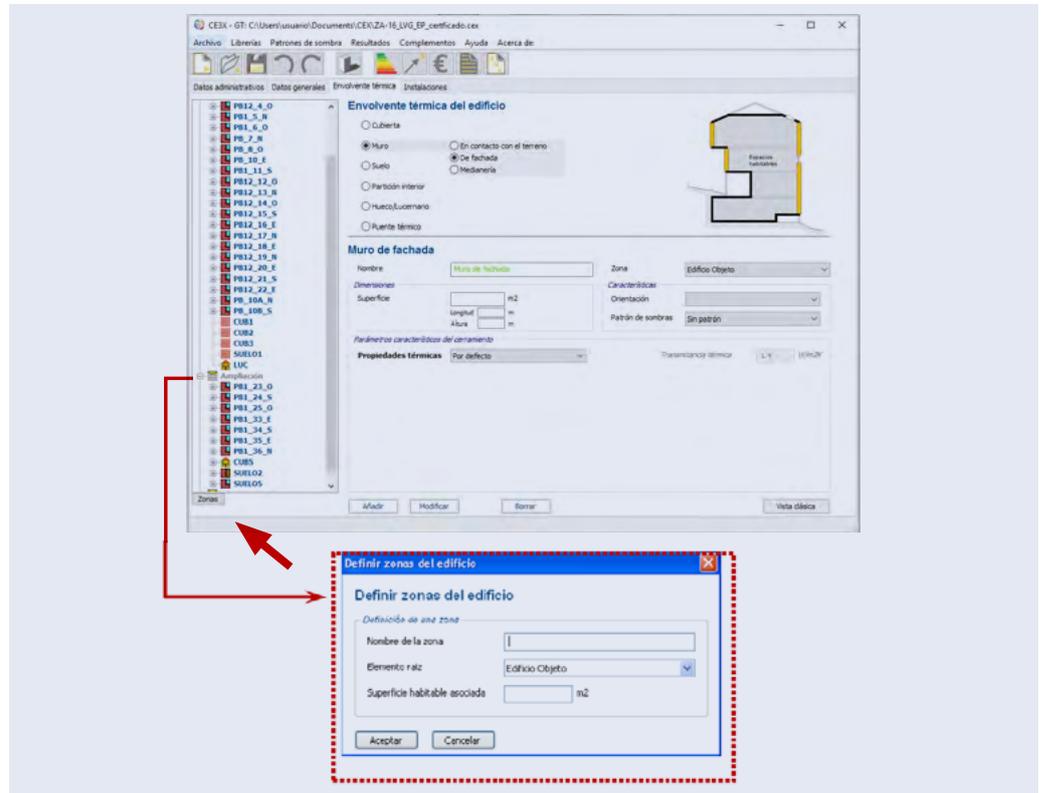
Es importante señalar que en la pantalla de la envolvente térmica es posible activar zonificación en el edificio. Ésta será opcional en residencial y en pequeño terciario, no así en aquellos casos de gran terciario en los cuales exista o pretenda instalarse algún equipo de iluminación con control de aprovechamiento de la iluminación natural, que se implante en determinadas zonas.

El programa tiene estructurados los distintos tipos de cerramientos que pueden conformar la envolvente térmica del edificio: cubiertas, muros, suelos, particiones interiores,

huecos y lucernarios y puentes térmicos, a su vez distingue una subestructura basada fundamentalmente en la posición que mantienen estos cerramientos respecto del entorno, siguiendo la clasificación inicial establecida en la primera versión del CTE DB HE.

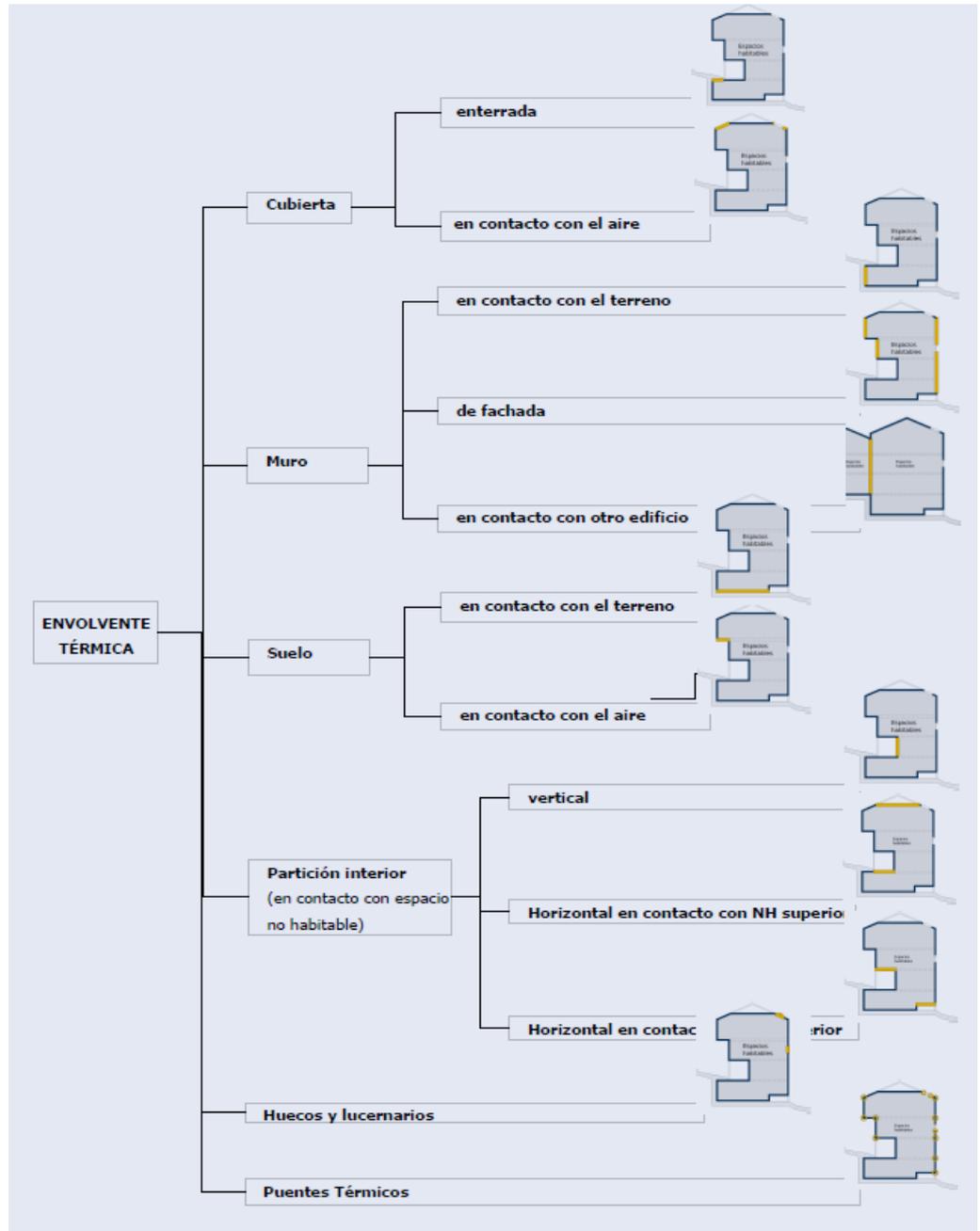
**Figura 165.**

CE3X. Configuración de Zonas en el árbol de objetos de la envolvente térmica. Las zonas se insertan en un elemento raíz y ha de asignárseles una superficie habitable.



Podemos encontrar esa estructura y la representación esquemática de cada tipo de cerramiento en el siguiente cuadro:

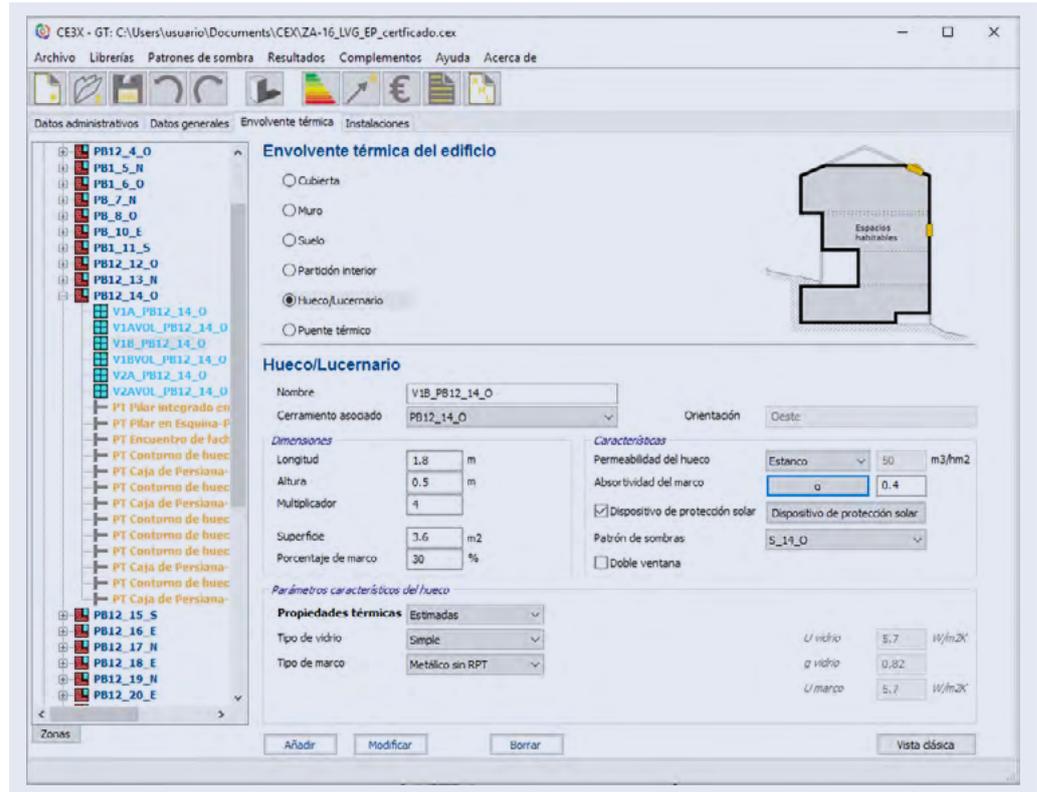
**Figura 166.**  
CE3X. Organigrama de componentes de la envolvente térmica de un edificio. Manual del usuario de CE3X.



Será preciso alimentar el programa con los datos de cada uno de estos elementos con los que cuente el edificio a certificar, esto se hace en una subpantalla de datos que sirve para introducir y editar los elementos del árbol de objetos, todo ello mediante los botones Añadir, Modificar o Borrar.

**Figura 167.**

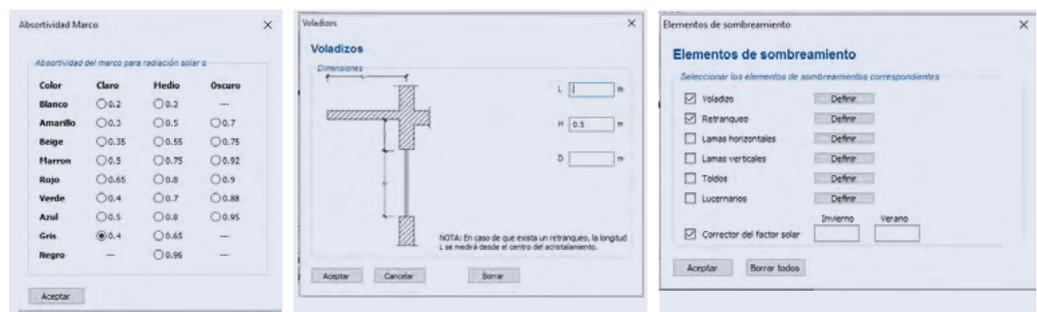
CE3X. Pantalla de edición principal de cada uno de los elementos constitutivos de la envolvente térmica del edificio, que permite incorporar las características principales de cada uno de ellos.



Es interesante la pantalla de huecos y lucernarios, así como las subpantallas asociadas destinadas a la definición precisa de estos elementos.

**Figura 168.**

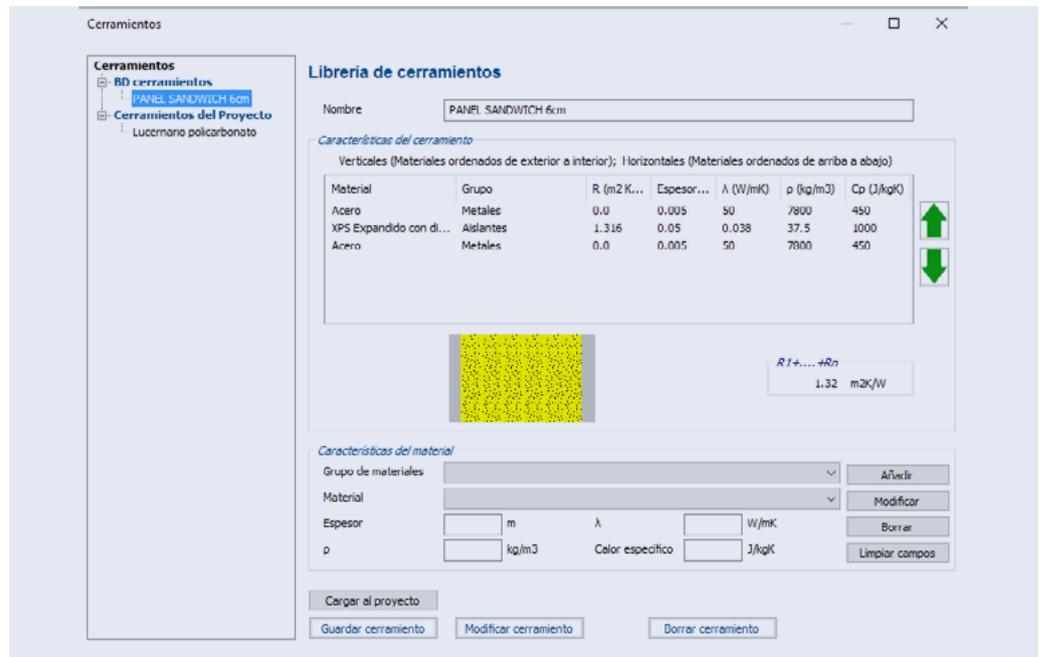
CE3X. Capturas de las subpantallas que se abren para introducir distintas características de un hueco del cerramiento del edificio. En primer lugar la absorbtividad del marco, a continuación la selección de los elementos de sombreado y finalmente la definición de un sombreado mediante voladizo.



El programa cuenta también con una extensa librería de materiales que pueden utilizarse en la pantalla de edición de cerramientos:

**Figura 169.**

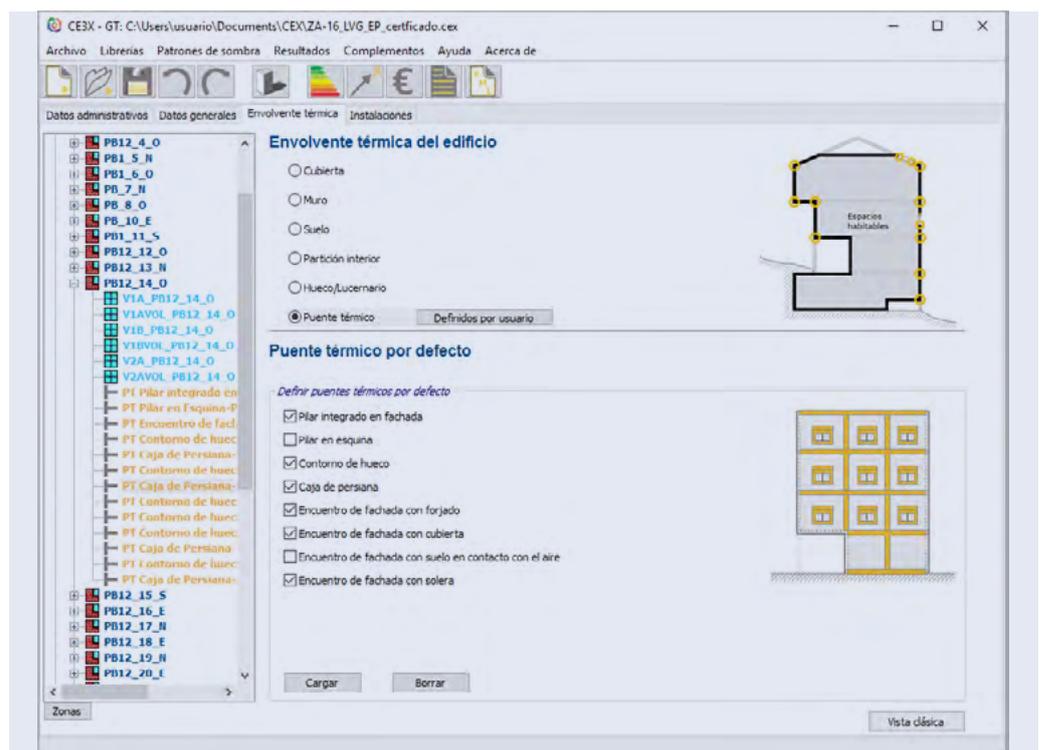
CE3X. Pantalla de la Librería de cerramientos, que pueden componerse mediante la base de datos que incorpora el programa y que además puede ser ampliada por el usuario.



Muy importante también a efectos de los resultados finales de cálculo, es la correcta adopción de los puentes térmicos atribuidos al edificio. El programa permite definirlos por defecto o por el usuario.

**Figura 170.**

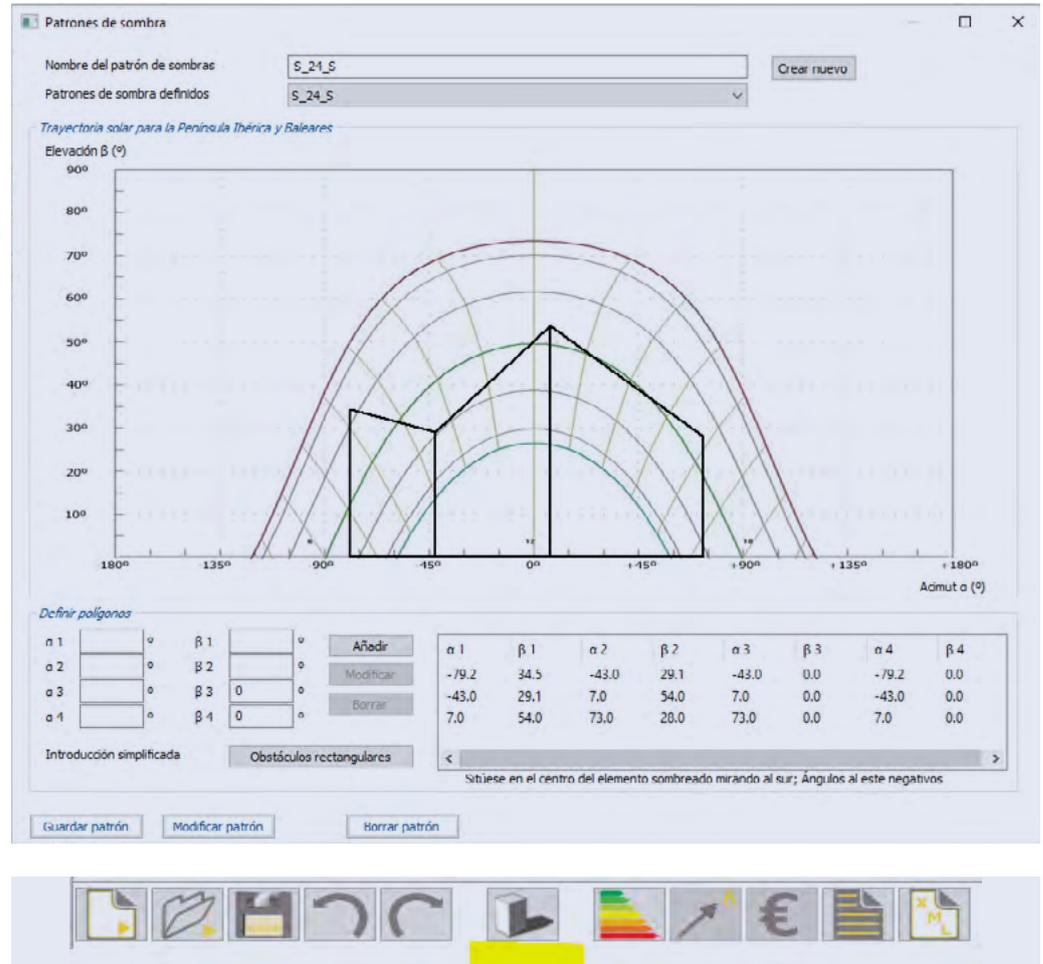
CE3X. Pantalla de Edición de puentes térmicos. Permite su introducción automatizada o definida por el usuario, e incluso la edición de cada uno de ellos.



El botón de patrones de sombra nos abre una pantalla en la que se pueden editar los elementos de sombreado en la carta de trayectoria solar, introduciendo los ángulos de elevación y de acimut, de forma semejante a CE3.

**Figura 171.**

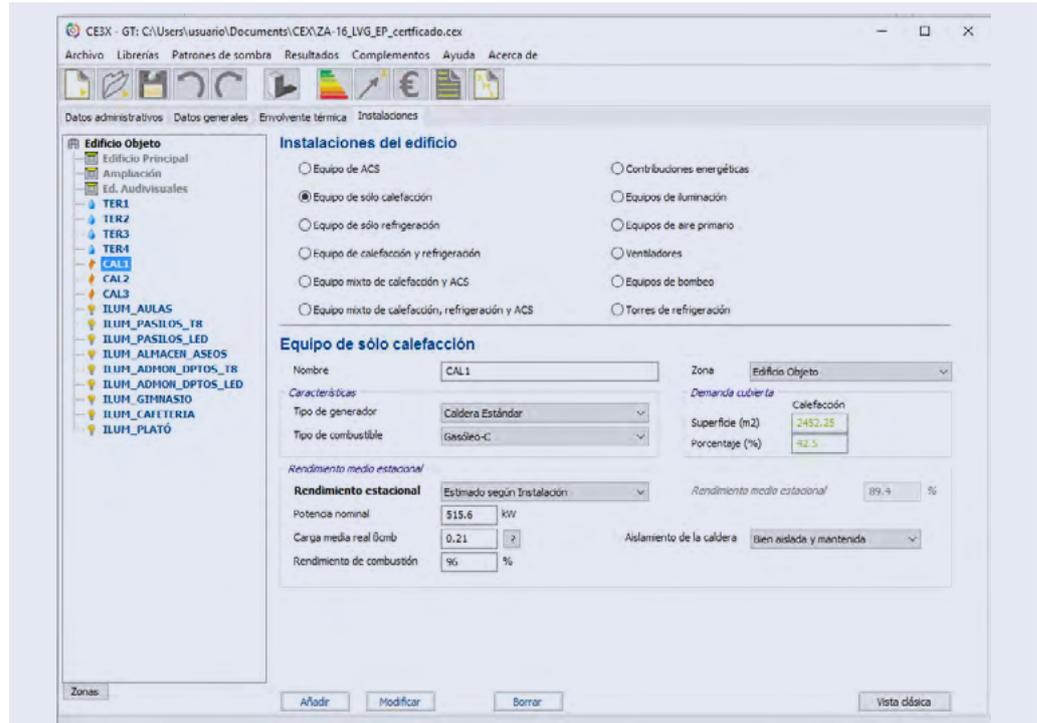
Botón de Sombras y Pantalla de Definición de definición de patrones de sombra que corresponden a determinados cerramientos, el sistema se basa en la definición de los vértices de los elementos que generan sombra sobre el cerramiento en función de sus ángulos de elevación y de acimut.



A continuación, introducimos todas las instalaciones térmicas con que cuente el edificio, si es terciario introducir también el alumbrado, que se habilitará y no olvidar introducir las contribuciones energéticas en el caso de que existan (energías renovables y/o cogeneración con su porcentaje de cobertura de la demanda y/o porcentaje de recuperación energética conseguido).

**Figura 172.**

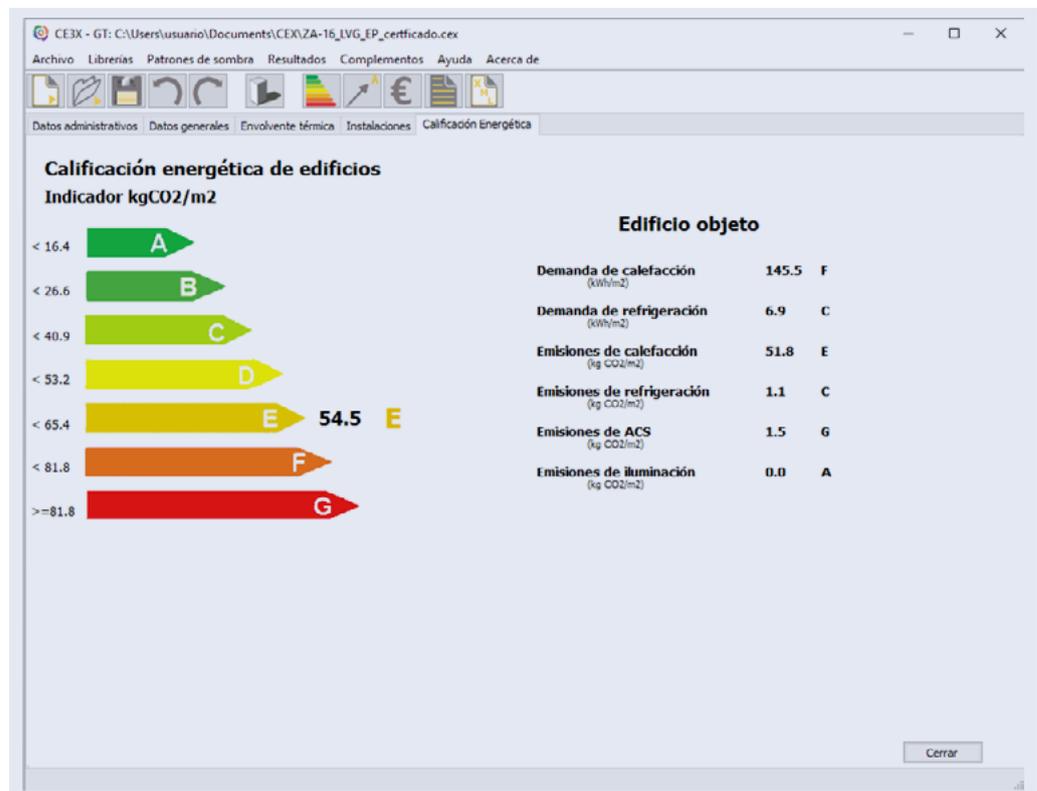
CE3X. Pestaña de Instalaciones, a la izquierda el árbol en el que aparecen todas las instalaciones del edificio (pueden aparecer vinculadas zonalmente) y a la derecha la pantalla de introducción de las características principales de cada instalación seleccionada, permitiendo su incorporación, modificación o borrado.



Finalmente, el botón con los colores de la etiqueta nos da la calificación del edificio y sus datos de demandas y emisiones asociados.

**Figura 173.**

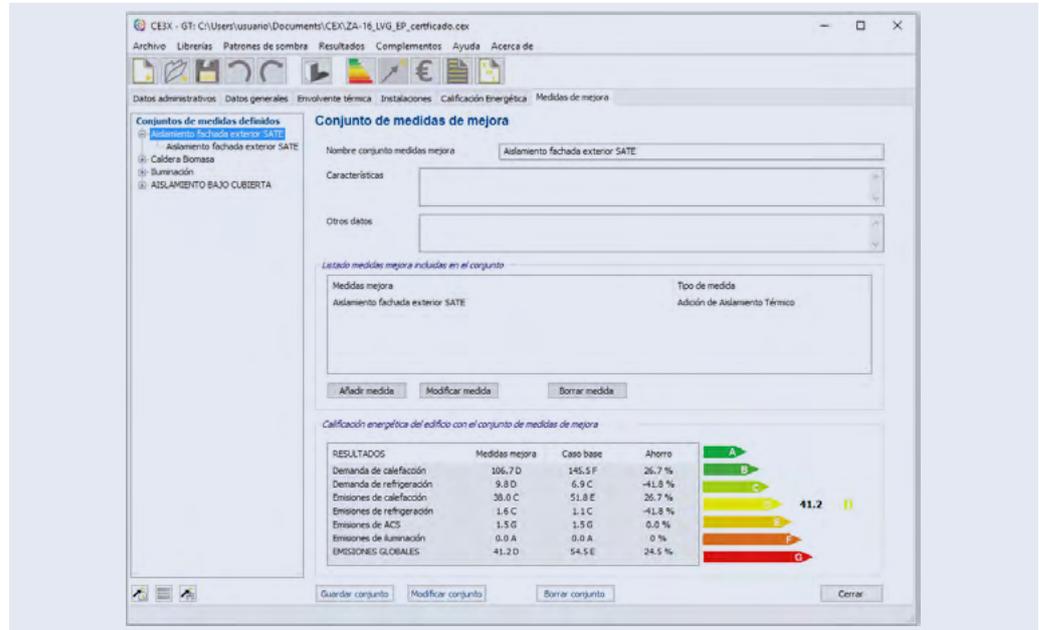
CE3X. Pantalla de Calificación energética con datos de demanda, consumo y emisiones, así como la etiqueta energética asociada.



Con la calificación base del edificio objeto podemos definir medidas de mejora individuales o conjuntos de medidas de mejora, para cada una de ellas (por defecto y definidas por el usuario) el programa nos hace la comparativa de datos y la calificación resultante del edificio con esa medida o conjunto de medidas.

**Figura 174.**

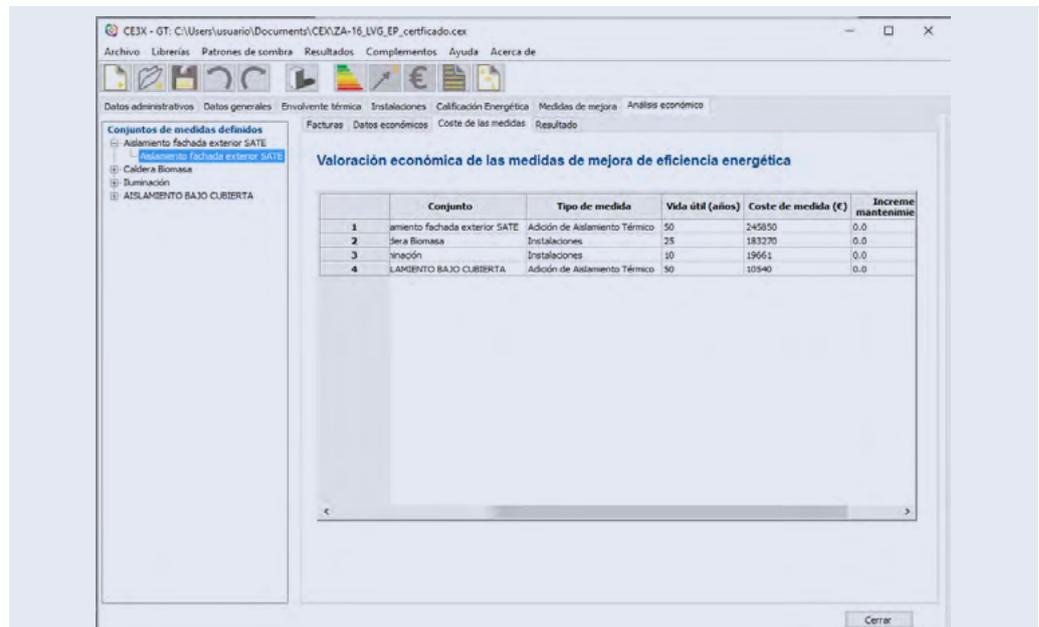
CE3X. Pantalla de Medidas de mejora, en la que se pueden seleccionar individualmente o agrupar por conjuntos de medidas que actúen simultáneamente, obteniendo los nuevos datos de demanda, consumo y emisiones para esa medida o conjunto de medidas y su correspondiente etiqueta energética.



Finalmente, el botón de análisis económico [€], nos abre una pantalla en la que incorporar los datos reales de gasto de energía via facturas, o bien los precios de la energía para a partir de ellos sacar los ahorros derivados de cada medida de mejora; en la pestaña coste de las medidas introducimos el coste de implantación de cada una, su vida útil en años y el incremento (si es que lo hay) que supone en el mantenimiento del edificio.

**Figura 175.**

CE3X. Pantalla de Valoración económica de las medidas de mejora de eficiencia energética. Para hacer el estudio económico, el programa requiere que se introduzcan datos relativos a coste de las medidas, su vida útil y el posible incremento en los costes anuales de mantenimiento.



En la pestaña resultados podemos calcular tanto el periodo de retorno simple de la inversión (en años) de la inversión derivada de cada medida, así como su valor actual neto (VAN). Este análisis económico es una herramienta importante en la toma de decisiones sobre las medidas o conjuntos de medidas mas convenientes para implantar, al menos las de mejor amortización.

**Figura 176.**

CE3X. Pantalla de Resultado del análisis económico de cada conjunto de medidas de mejora.

Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis técnico)	VAN (€) (Técnico)
1 Aislamiento fachada exterior SATE	13,8	644212,5		
2 Caldera Biomasa	15,7	108508,7		
3 Iluminación	-286,9	-20323,2		
4 AISLAMIENTO BAJO CUBIERTA	3,5	141030,6		

Finalmente, el botón de opciones del informe nos permite configurar hasta tres conjuntos de mejora que queremos que aparezcan en el informe (genera un archivo PDF separado del informe de certificación energética propiamente dicho), permite incorporar datos sobre pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador y definir la documentación auxiliar que se acompañará al mismo.

**Figura 177.**

CE3X. Botón de Generar informe. Abajo pantalla de Configuración del informe de certificación energética. Una vez configuradas las mejoras e incorporados los textos que se desee que aparezcan en el apartado de pruebas comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador, e incluir el índice de la documentación que se adjuntará al informe podemos activar el botón Generar informes para que se generen dos archivos en formato PDF, uno el del informe de certificación propiamente dicho y otro el de las medidas de mejora seleccionadas.

**Opciones del Informe**

**Configuración del informe de certificación energética**

¿Qué conjuntos desea incluir en el informe?

Conjuntos de medidas	Calificación	Opción
MEJORA DEL AISLAMIENTO DE FACHADA	73.2 D	MEJORA DEL AISLAMIENTO DE FACHADA
MEJORA DEL AISLAMIENTO DE SUELO	77.6 D	FALSO TECHO DE AISLAMIENTO
BOMBA DE CALOR	32.2 B	BOMBA DE CALOR
FALSO TECHO DE AISLAMIENTO	78.7 D	

Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador

plata polidérmica y el cuerpo de vestuarios-instalaciones.  
 - Visitas de campo realizadas con fecha: 16/04/2017 y 14/05/2017. Toma de datos relativa información geométrica, constructiva y de instalaciones.

**CARACTERÍSTICAS DE CERRAMIENTOS**  
 - Mediciones de espesor de cerramientos realizadas in situ, en zonas de mochetas o dinteles de huecos. A partir de esas mediciones y de los acabados visibles al interior y exterior se ha estimado la composición de estos cerramientos.

**CARACTERÍSTICAS RESERVABLES DE LAS INSTALACIONES**  
 - El cuarto de instalaciones llega uno de los cinco oroscos de la caldera del edificio principal, con una longitud de unos 150 m, que entra en los dos termos eléctricos como primario y que es calentada respectivamente para ACS y para calefacción a través

**Documentación**

- Ficha descriptiva Mejora de Aislamiento de Fachada
- Ficha descriptiva Mejora de Falso techo de aislamiento (incluye la ficha de inclusión de placas de policarbonato).
- Ficha descriptiva Sustitución del actual sistema térmico por Bomba de calor.
- Documento de estudio económico de mejoras
- Documento de Citas mejoras estudiadas.
- Documento de informe de seguridades.

Configuración del informe

Fecha elaboración certificado: 06 / 06 / 2017      Fecha visita inmueble: 16 / 04 / 2017

Generar informes      Cancelar

## 8.4 Registro de certificados de eficiencia energética de edificios

### 8.4.1 // Castilla y León

#### Objeto:

La inscripción en el Registro Público de Castilla y León de los certificados de eficiencia energética de:

- ▶ Edificios de nueva construcción.
- ▶ Edificios o partes de edificios existentes que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario, siempre que no dispongan de un certificado en vigor.
- ▶ Edificios o partes de edificios en los que una Autoridad Pública ocupe una superficie útil total superior a 250 m<sup>2</sup> y que sean frecuentados habitualmente por el público.

Edificios excluidos del ámbito de aplicación: los referidos en el Art. 2.2 RD 235/2013.

#### Agentes obligados a registrar:

- ▶ En edificios de nueva construcción, el promotor o el propietario.
- ▶ En edificios o partes de edificios existentes, el propietario que venda o alquile a un nuevo arrendatario.

#### Documentación necesaria para el registro:

- ▶ «Solicitud de Inscripción» según modelo normalizado, a la que acompañarán la siguiente documentación:
  - a. Certificado de eficiencia energética de proyecto o edificio terminado según proceda y conforme al modelo disponible, el cual deberá ser firmado digitalmente por técnico competente.
  - b. Justificante de pago de la tasa.
  - c. Documentación en formato y soporte digital: Hojas de cálculo y/o archivos de cálculo y resultados de programas utilizados para la obtención de la calificación energética; además se incluirán planos en formato compatible con el programa de cálculo utilizado.

## Lugar y Forma de presentación:

Exclusivamente por **Internet** desde esta misma página. Aplicación **CEREN**.

<https://servicios3.jcyl.es/seye/login.jsp>

Entrando en la página (es preciso el acceso con certificado electrónico) y pulsando en el botón de nueva solicitud, se abre la ficha de selección del tipo de trámite, que permite registrar un certificado de proyecto o un certificado de edificio terminado.

**Figura 178.**

CE3X. Pantalla de la web de EREN para registro de certificados energéticos en Castilla y León.



**Figura 179.**

CE3X. Pantalla de tramitación de la solicitud de inscripción de un certificado energético en el registro oficial de Castilla y León. Informa y guía sobre el estado de la solicitud y los siguientes pasos a efectuar para proceder al registro telemático.

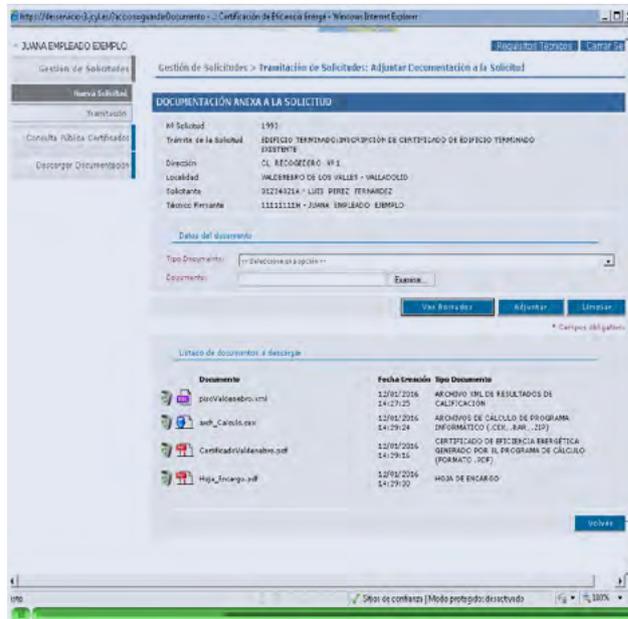


**Es preciso incluir varios documentos:** Hoja de encargo, certificado de eficiencia energética en formato PDF. Archivos de cálculo del programa informático reconocido utilizado para realizar la certificación y el archivo XML de resultados de calificación.

Además, ha de incluirse el justificante de pago de tasas para el registro (modelo 046), a partir de entonces la solicitud de inscripción del certificado, firmada digitalmente, queda oficialmente registrada y en un plazo que en la práctica suele ser mucho menor a los 3 meses fijados como máximo, se comunicará la resolución de inscripción o bien se notificarán los errores o incidencias detectados en la documentación aportada.

**Figura 180.**

CE3X. Pantalla de para subida de documentación a la plataforma. Permite igualmente la descarga de la documentación que se haya subido o su eliminación en caso de error.



**Organismo Responsable:**

Consejería de Economía y Empleo. Dirección General de Energía y Minas .

Gestor: Departamento de Ahorro y Eficiencia Energética.

**Plazo de resolución:**

El plazo máximo para notificar la resolución de inscripción será de **3 meses** a contar desde el día de presentación de la solicitud.





# Fase de construcción



C

# 9

## Control en obra de puntos críticos para el desempeño energético de los EECN

### 9.1 Fase de construcción

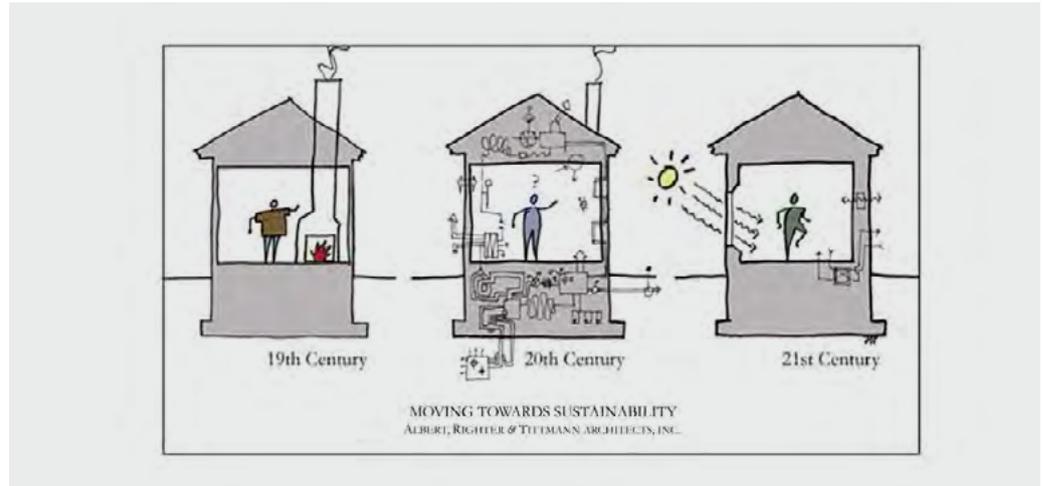
#### 9.1.1 // Las fases de un EECN

La fase de construcción se refiere a la vida útil de un material de construcción. Esta fase comienza en el punto del ensamblaje del material en una estructura, incluye el mantenimiento y la reparación del material, y se extiende a lo largo de la vida del material dentro o como parte del edificio.

- ▶ **Construcción:** los residuos materiales generados en un sitio de construcción de edificios pueden ser considerables. La selección de materiales de construcción para desechos de construcción reducidos y desechos que pueden reciclarse es fundamental en esta fase del ciclo de vida del edificio.
- ▶ **Uso / Mantenimiento:** La exposición a largo plazo a ciertos materiales de construcción puede ser peligrosa para la salud de los ocupantes de un edificio. Incluso con un conocimiento cada vez mayor de los problemas de salud ambiental relacionados con la exposición a ciertos productos, en la práctica o en las escuelas se pone poco énfasis en elegir materiales en función de su potencial para desgasificar sustancias químicas peligrosas, requerir mantenimiento frecuente con dichos químicos o requerir reemplazos frecuentes que perpetúen el ciclo de exposición

La construcción de un edificio de consumo casi nulo enfatiza la calidad y simplicidad como estrategia fundamental la hora de ejecutar esta tipología de edificios y optimizar los costes de inversión y operación sin penalizar el confort térmico interior. La Figura 125 muestra una evolución del concepto energético de las viviendas en los últimos dos siglos con una derivación a la simplicidad en los sistemas mecánicos como primer desarrollo.

**Figura 181:**  
Simplicidad como estrategia  
en EECN.  
Fuente: Albert, Righter and  
Tittmann architects, US.



Un edificio de bajo consumo energético es inteligente, no por toda la tecnología desarrollada e implementada en este tipo de edificios sino por su control. Comúnmente, sólo se requiere un sistema de ventilación mecánica (VMC) para proporcionar una calidad del aire interno excepcional.

Es fácil imaginar que los llamados “edificios inteligentes” que incorporan una gran cantidad de tecnología harán que el éxito de la gestión de edificios de baja energía sea sencillo. No obstante, esta suposición no está siempre evidenciada con hechos probados. Los edificios que están diseñados para ser sencillos de operar con el mínimo de tecnología parecen ser los que se realizan de forma más fiable y eficaz siempre bajo una construcción fiel al proyecto previamente definido.

### 9.1.2 // Definición detallada previa a la ejecución

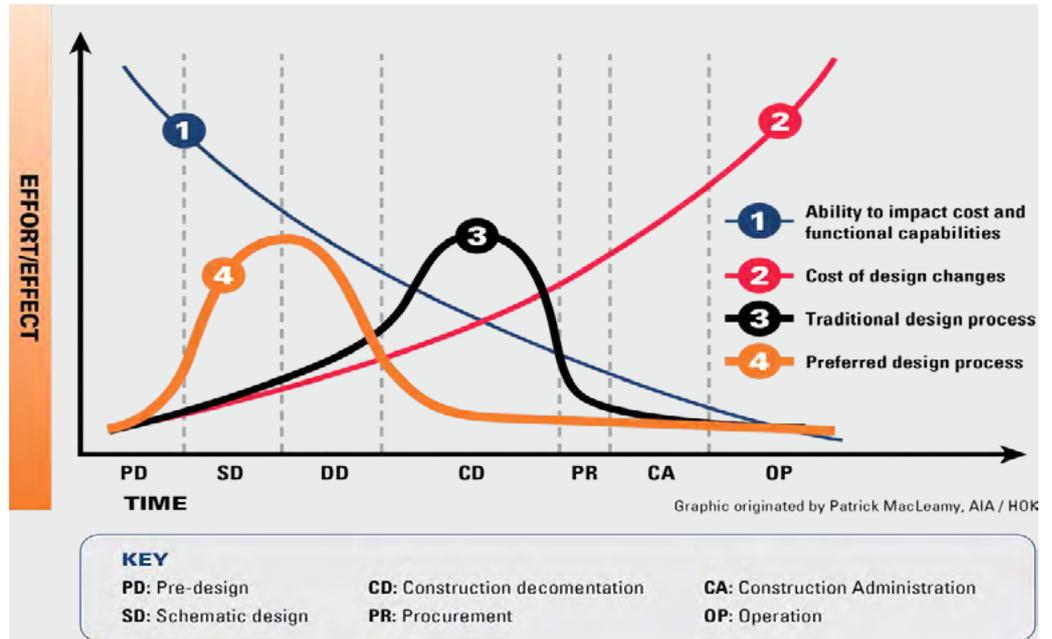
Se ha observado la importancia que un modelado energético detallado tiene para garantizar que un edificio pueda funcionar térmicamente y en términos de confort de acuerdo con las directrices marcadas por ese modelo. Una consecuencia de esto es que los cambios en el diseño o los materiales no pueden permitirse a menos que sea demostrable que su rendimiento prestacional no se verá comprometido.

Como ya se señaló, una supuesta ventaja del diseño y la construcción es que el trabajo tanto en la obra como a nivel de prefabricación puede comenzar incluso antes de que el diseño se haya finalizado, lo que puede ocasionar una reducción de costes. Sin embargo, tal práctica debe comprometer, casi inevitablemente, si se quiere una entrega exitosa de un edificio de baja energía. Hasta que el diseño esté completo, no se podrá garantizar el cumplimiento del balance energético del edificio determinado por cualquier paquete de modelado apropiado.

Una “ingeniería de mayor valor añadido” también se puede conseguir cuando ciertos productos más económicos, y quizás de calidad también inferior, son sustituidos por aquellos inicialmente especificados lo cual puede dar lugar a problemas predecibles.

Tanto el responsable del diseño energético como el director de la ejecución de la construcción pueden asegurar al cliente que todo se ha llevado a cabo según lo planificado, pero no hay forma de poder comprobar esta precisión para el rendimiento energético sin unas pruebas térmicas detalladas que, en la práctica, casi nunca se llevan a cabo en España.

**Figura 182:**  
Impacto económico de los cambios en el diseño.  
Fuente: MacLeamy, AIA/HOK.



En la mayoría de las ocasiones, el edificio no se considera como un sistema modelado en gran detalle, sino como una colección de componentes individuales. El resultado típico en obra, todavía demasiado actual, es el cambio de parámetros individuales del diseño que ponen en entredicho la idoneidad del sistema planificado con antelación. Es como apretar un globo; el aire sale a otro lado. Al optimizar cada componente por separado, es bastante frecuente desbalancear el sistema” con la consecuente pérdida de eficiencia. La mayoría de los automóviles y electrodomésticos no están ejecutados o fabricados de esta manera, pero los edificios, a menudo, sí lo están.

### 9.1.3 // Garantía de calidad en la ejecución

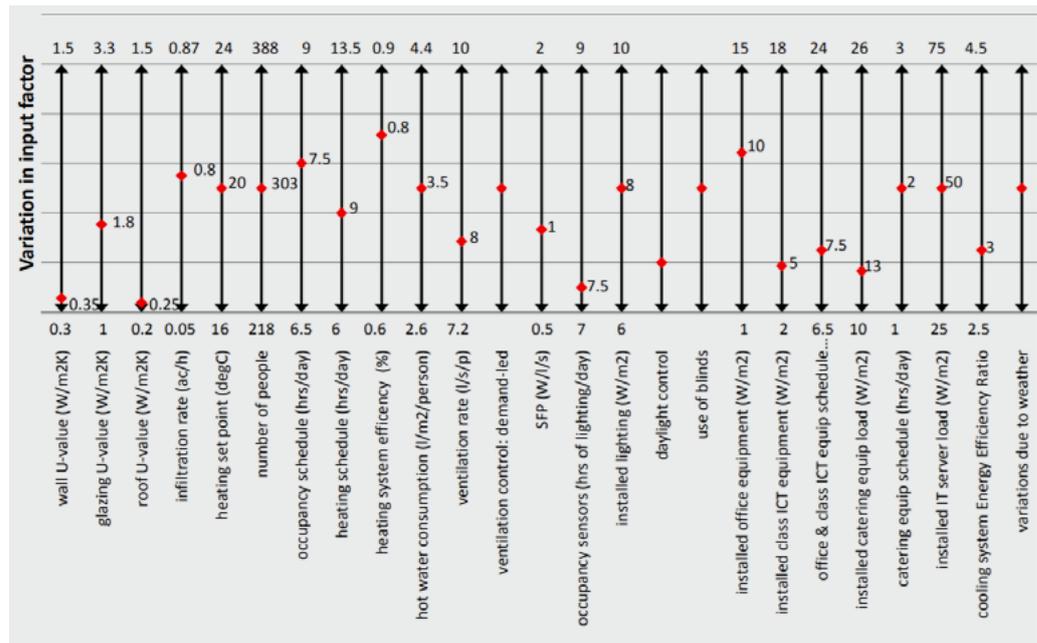
Para garantizar y controlar la calidad en la ejecución de edificios de consumo casi nulo es fundamental partir de un diseño suficientemente detallado y con sus respectivos detalles constructivos.

Solo si la calidad de los materiales entregados o instalados en obra cumple con las especificaciones previstas en el proyecto de ejecución, sean estos prefabricados o no, se garantizará el funcionamiento y la operativa del mismo de acuerdo con ese diseño original.

Además, hay que disponer de una planificación de obra y un entendimiento completo entre los diferentes gremios que actúan en el proyecto. Dentro de esta planificación deben incluirse los principales ensayos físicos, por ejemplo, las mediciones de hermeticidad, el ajuste y puesta en marcha del sistema de ventilación, mediciones acústicas o lumínicas.

Es conveniente que este listado de ensayos durante la ejecución del edificio la proponga el arquitecto redactor del proyecto y/o la persona a cargo del diseño energético y dónde se incluya una lista desarrollada con todos los aspectos relevantes en la eficiencia energética. Esta hoja de comprobación transmite de una manera clara y concisa una serie de acciones a realizar por el personal especialista correspondiente.

**Figura 183:**  
Variación de factores.  
Elaboración propia



Por lo tanto, un listado de especificaciones y comprobaciones ayuda a todos los actores involucrados a poner en práctica todos los requisitos necesarios para ejecutar un edificio de muy alta eficiencia energética, tanto en el diseño, como en la construcción y la puesta en marcha.

## 9.2 Control en obra de puntos críticos para el desempeño energético de los EECN

### 9.2.1 // Puntos de inspección y autoinspección

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la realización de proyectos donde el objetivo es la consecución de una alta eficiencia energética, es fundamental controlar que cada elemento constructivo se esté ejecutando según lo establecido en el proyecto de detalle y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Durante el control de obra se verificará la construcción adecuada del elemento constructivo, sus dimensiones, la humedad precisa del material y las prestaciones térmicas de los materiales empleados. Se recomienda una frecuencia de verificación mínima de un control por cada elemento constructivo con un valor de aislamiento declarado diferente, es decir, una verificación por cada tipo de cerramiento, hueco o componente.

Uno de los campos de aplicación típicos es la medición del aislamiento de los edificios, ventanas, y otros que están impulsados por los departamentos de I+D de las industrias más punteras.

La energía térmica entra en los edificios, principalmente, mediante el sistema de calefacción y de la irradiación solar. El intercambio de energía entre el edificio y el exterior está en estrecha relación con la confección de los techos, paredes, ventanas y puentes

térmicos, por ejemplo, balcones, solera, forjados, y por medio del intercambio de aire en el ambiente. Cada edificio es un sistema térmico complejo y para optimizar estos sistemas (por ejemplo, para reducir los costos de calefacción), se requiere de datos precisos para evitar cálculos sobredimensionados o escasos.

La medición configurada del vidrio se diferencia de la verdadera realidad debido a su baja capacidad térmica y a la influencia de la radiación producidas por los materiales opacos. Por el ejemplo, el kit de valor-U es muy adecuado para medir el valor U de ventanas y además se instala fácilmente.

Para conocer el nivel en que se haya un edificio o el proceso constructivo realizado hay que recurrir a los ensayos que nos permitan conocer de manera muy precisa las mediciones y valores en las que se haya la obra o el inmueble en ese momento. También es posible conocer desde el nivel desde el que se parte para reflexionar sobre el avance recorrido. En cuanto a los ensayos físicos más comunes en este tipo de edificios se incluyen:

- ▶ Ensayos de hermeticidad mediante el método de la puerta soplante o “blower door”.
- ▶ Inspección mediante cámara termográfica de infrarojos
- ▶ Equilibrado de sistemas mecánicos de ventilación.
- ▶ Mediciones de calidad del aire interior y confort
- ▶ Medición de un cerramiento existente mediante termo-flujometría

## 9.3 Ensayos específicos

### 9.3.1 // Ensayo hermeticidad

El ensayo Blower-door facilita la medición y la localización de fugas que mediante un instrumental basado en un ventilador y un manómetro mide la presión y el volumen de aire que fluye a través de un pequeño orificio o diafragma. El resultado directo obtenido es como se define el estado actual de la estanqueidad del edificio, independientemente del tipo y tamaño de dicha construcción. La prueba de infiltraciones es una garantía de la calidad constructiva porque dichas fugas en la envolvente del edificio aumentan las pérdidas del confort en las estancias.

Se estima que casi la mitad de las pérdidas energéticas de una vivienda se deben a entradas no controladas de aire. Actualmente es un requisito constructivo muy importante para la puesta en práctica de los modernos conceptos de ahorro energético, ya sea en edificios de nueva construcción como en proyectos de rehabilitación de edificios existentes.

La preocupación por la reducción máxima de las corrientes de aire no deseadas logra un aumento significativo del nivel de confort interior y a unos costes verdaderamente reducidos.

**Figura 184:**  
Preparación para la  
realización de ensayo Blower  
door.



Se necesita una envolvente muy hermética y de gran calidad de realización y profundo conocimiento, para conseguir unos buenos resultados. También, para el funcionamiento óptimo de un sistema de ventilación porque en su defecto la existencia de corrientes de aire debidas a fugas no controladas afecta a la recuperación de calor y al funcionamiento del caudal de aire que se suministra.

También y en conjunción con la ventilación mecánica controlada genera una reducción de los problemas de humedad por condensación y detecta los daños estructurales causados por dicha acción sobre los elementos constructivos.

**Figura 185:**  
Beneficios aportados por la prueba de hermeticidad.

## ¿Por qué una prueba de hermeticidad?

- 🔑
**Garantía**  
 Validar la eficiencia energética para lograr el respetuoso valor (n50) solicitado en las especificaciones de los requisitos de cada normativa.
- 🕒
**Analizar**  
 Determinar la cantidad de aire intrusivo (caliente o frío dependiendo de la temporada) que entra en la envolvente del edificio y localizarlos para su posible sellado o reparación.
- 🔄
**Comprobar planificación**  
 Comprobar que el edificio mantiene sus promesas en términos de bajo consumo energético
- 🌀
**Ventilación**  
 Optimizar el funcionamiento de los sistemas de ventilación y mantener la calidad del aire interior.
- 🛡️
**Asegurar**  
 Asegurar la protección contra el humo y los incendios.



- ⚙️
**Resaltar**  
 Dar una característica indicativa de la calidad de la construcción del edificio.
- ✅
**Prevenir**  
 Prevenir daños en el edificio causados por la humedad de condensación.
- 🗣️
**Insonorización**  
 Mejorar la insonorización respecto al ambiente exterior.
- 🔄
**Confort y Salud**  
 Incrementar el nivel de confort y salubridad, detectando y reparando las corrientes de aire.

### 9.3.2 // La inflitrometria

La medición por infiltrometría es uno de los requisitos fundamentales en cualquier estándar constructivo de baja demandad energética. Se basa en generar una depresión en el edificio con las entradas de aire normales selladas (rejillas, extractores...) mediante un ventilador calibrado. De esta manera podemos medir el flujo de aire no deseado que se relaciona con el volumen de la envolvente de las estancias para calcular el número de renovaciones/hora debidas a estas fugas no deseadas.

Asimismo, al mantener esta presurización en el edificio se pueden localizar las infiltraciones con diferentes medios, como aplicación de humo químico o bien con la cámara termográfica, que permiten señalar con mayor evidencia la detección de los flujos de aire que penetran en la envolvente.

**Figura 186.:**  
Greenteg Kit para medición de valor U.

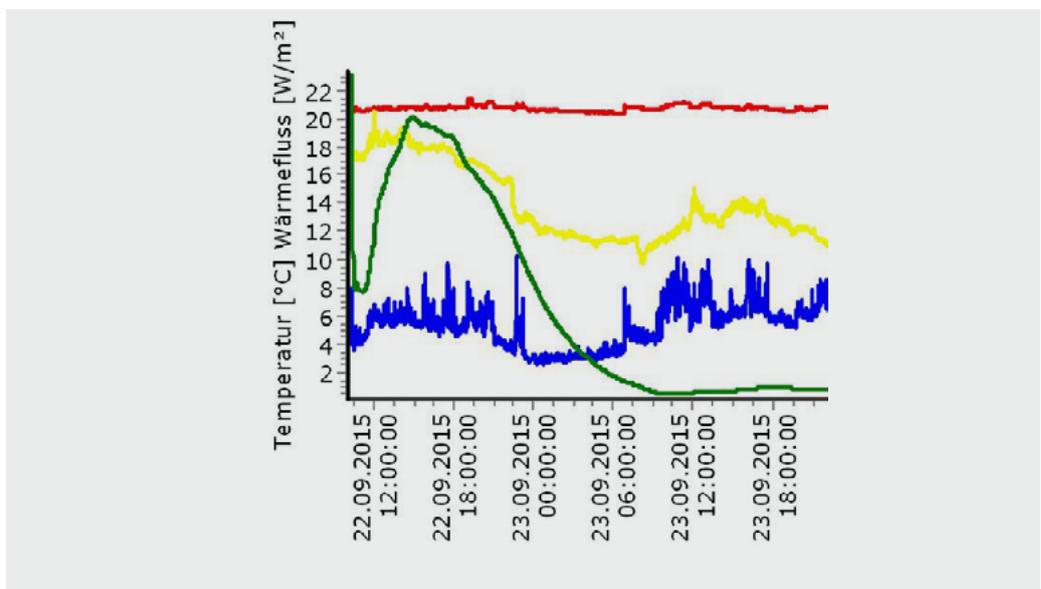
### 9.3.3 // La Termo-flujometría

En el campo de la física de la construcción, el valor-u es el término utilizado para describir el coeficiente de transferencia de calor de un elemento de construcción (por ejemplo, de una pared). El valor U describe la calidad del aislamiento de un edificio. La unidad del valor U es  $W / (m^2K)$ . Cuanto menor sea el valor U, mejor es la calidad del aislamiento del elemento de construcción.



Sin embargo, ¿Cuál es la forma de medir el valor U? La termo-flujometría como herramienta de medición utiliza un sensor de flujo de calor y dos sensores de temperatura que otorgan fiabilidad y rapidez de resultados. Este enfoque ha sido estandarizado en las normas ISO 9869, ASTM C1046 y ASTM C1155. Este es un método que proporciona información cuantitativa fiable in situ de la envolvente del edificio.

**Figura 187:**  
Valor medido dinámico valor-U.



### Tablas históricas de consulta:

Hay bases de datos complejas que contienen valores lambda de los elementos de construcción genérica ordenados por material del elemento y / o año de fabricación. Con estas bases de datos, el valor U de una envolvente del edificio (por ejemplo, de una pared) se calcula sumando todos los materiales contenidos en el elemento específico (por ejemplo, la pared = 20 cm de lana de vidrio + 20 cm de un hormigón específico). Si bien este método es muy simple y rápido, no produce un valor-U preciso sólo una aproximación.

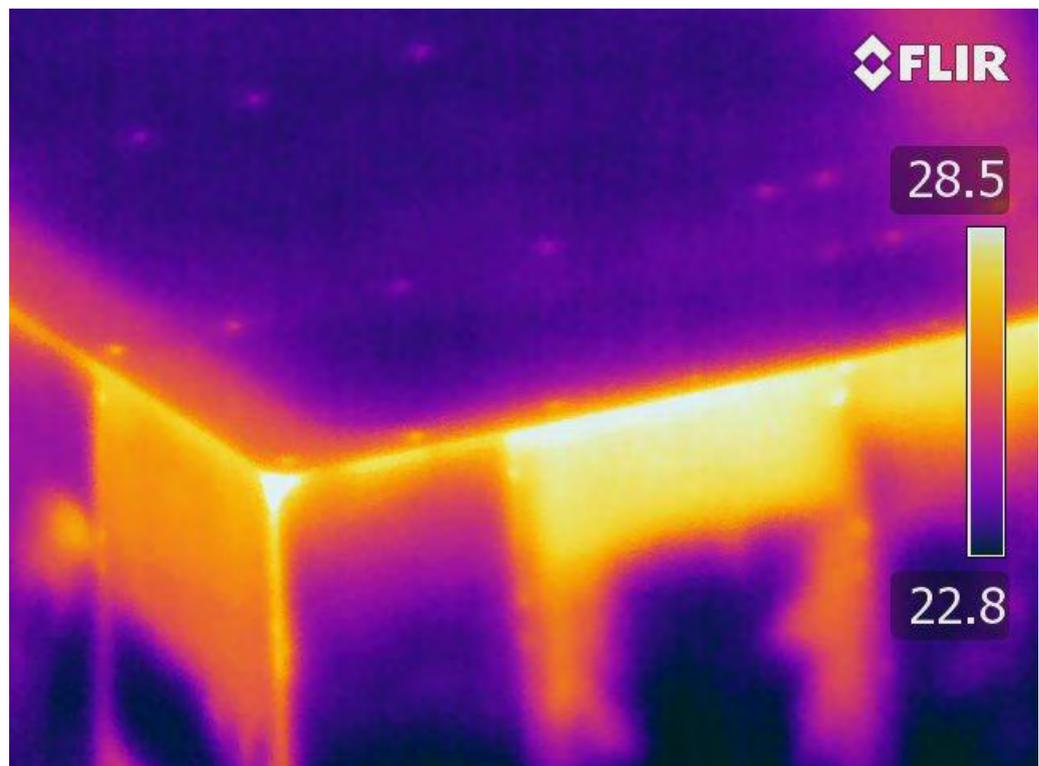
**Tabla 188:**  
Valores U aproximados de edificios existentes.

Elementos constructivos (Valores-U)				
Valores recomendados para comenzar la optimización: Valores-U muros y cubiertas   Solera / losa piso:				0.15 W/(m²K)
1				
ID	Sistema constructivo	Elemento constructivo	Espesor total	Valor-U
Resumen de los elementos constructivos calculados en la hoja 'Valores-U'			m	W/(m²K)
01ud	Ladrillo perforado - edificio existente 240 mm	Ladrillo perforado - edificio existente 240 mm	0.275	1.440
02ud	Ladrillo macizo - edificio existente 380 mm	Ladrillo macizo - edificio existente 380 mm	0.415	1.640
03ud	Entramado pesado - Edificio existente	Entramado pesado - Edificio existente	0.210	1.800
04ud	Ladrillo perforado - edificio existente 300 mm	Ladrillo perforado - edificio existente 300 mm	0.335	1.230
05ud	Hormigón in situ - edificio existente	Hormigón in situ - edificio existente	0.275	1.300
06ud	Cubierta de madera - existente	Cubierta de madera - existente	0.284	0.990
07ud	Forjado de planta - edificio existente	Forjado de planta - edificio existente	0.242	1.230

### Termografía:

Con este enfoque se muestra la radiación térmica de un objeto y produce una imagen que muestra los puntos con mayor y menor radiación. Pero no se produce una medida del valor-u, sólo se confecciona una imagen basada en las referencias térmicas.

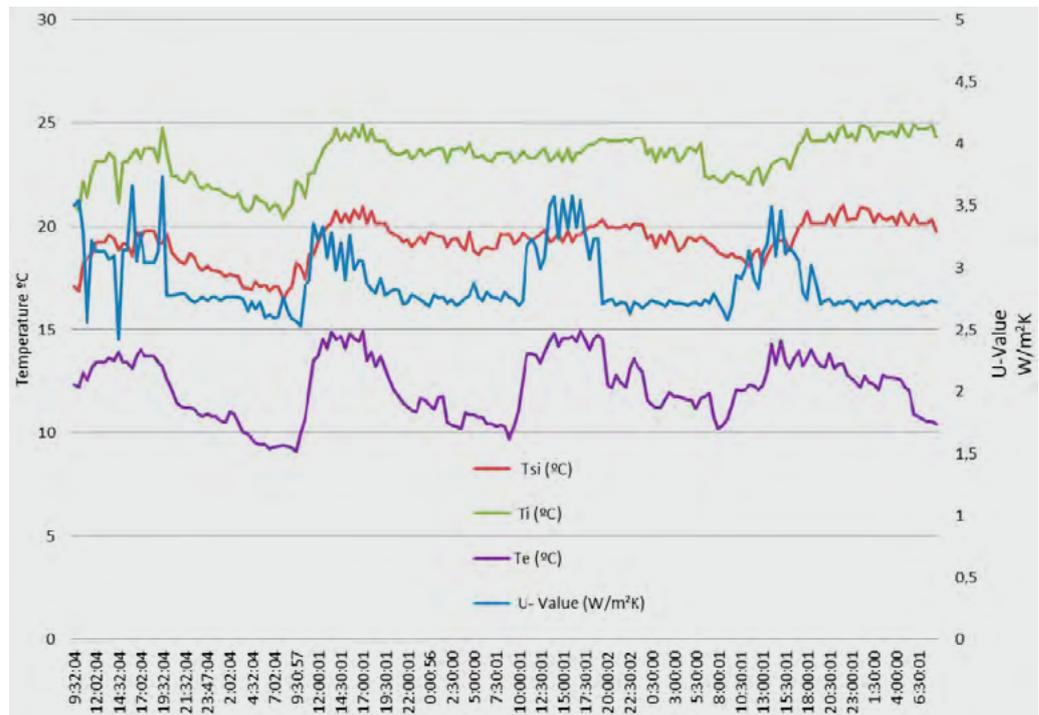
**Figura 189:**  
Imagen termográfica



### Medición de temperatura múltiple

Este enfoque se basa en tres o más mediciones de temperatura en tanto dentro como fuera de un elemento de construcción. Si bien este enfoque produce un valor-u, se necesita al menos una diferencia de temperatura mínima de 10 °C entre el interior y el exterior para trabajar con precisión y se debe asumir que la resistencia térmica límite es constante.

**Figura 190:** Medidas indirectas de valor-U en base a múltiples temperaturas (Andujar et. al., 2017).



### 9.3.4 // Medición de composición de acristalamientos

Es frecuente encontrar en un mismo edificio de energía casi nula diferentes tipos de acristalamiento, ya sean de doble o de triple vidrio, para optimizar el balance energético entre las pérdidas de energía por transmisión a través de los mismo, Valor-U y la ganancia por la radiación solar a través de ellos, factor-g.

En esta tipología de edificios, y como medidas de aseguramiento de la calidad de los componentes instalados, es útil contar con un medidor de láser para vidrios, para analizar paneles de vidrio, carcasa de plástico fabricada con precisión, incorpora un diodo láser con medición electrónica sofisticada, láser no peligroso, resultados de medición instantáneos apretando el botón, medición precisa desde un solo lado (independientemente de la luz) mide tanto espesores de vidrio como huecos internos de cualquier unidad multilaminar, indica las capas de PVB y de resina de las unidades laminadas, funciona con pilas, bajo consumo de energía, para paneles laminados, vidrios anti-incendio y antibalas, unidades multilaminar etc.

**Figura 191:**  
Medición composición vidrios  
de ventana.



# 10

## Puesta en funcionamiento (commissioning) de los EECN

### 10.1 Definiciones y Objetivo

El proceso de commissioning viene definido por la ASHRAE como “el proceso planificado que tiene como objetivo verificar y documentar que las instalaciones de un edificio están proyectadas, montadas, probadas, operadas y mantenidas satisfaciendo los requerimientos de la propiedad y cumpliendo los criterios de diseño”.

Por otro lado, el RD 56/2016 define un EECN como “aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I de la citada Directiva. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida «in situ» o en el entorno”.

Por tanto, el proceso de commissioning garantiza que un EECN lo sigue siendo a lo largo de su vida útil.

De una forma más general podemos decir que los objetivos del Cx son:

- ▶ Documentar los objetivos del propietario y sus requerimientos
- ▶ Mantener al equipo del proyecto enfocado en las metas del propietario
- ▶ Prevenir y /o eliminar problemas de diseño y construcción identificándolos de forma anticipada
- ▶ Reducir el coste total del proyecto

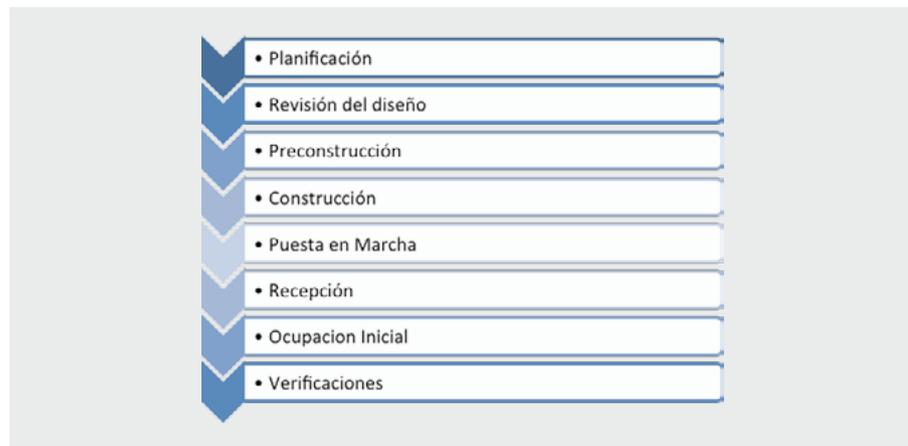
## 10.2 Proceso de Commissioning

De la definición se observa que el proceso de Commissioning (Cx) comienza con el propio diseño del edificio y se extiende de forma continua durante el uso del edificio.

El proceso de Commissioning está formado por una serie de estepas tal y como se muestra en la siguiente figura. Dichas etapas se desarrollan a lo largo de un proyecto de construcción y cada una de ella genera unos entregables que tienen que existir para desarrollar un proceso sistemático y ordenado de documentación y control de calidad en tiempo real.

Las fases del proceso se estructuran de la siguiente manera:

**Figura 192.**  
Fases del Proceso de Commissioning.



### 10.2.1 // Fase de Planificación

La **planificación** comienza con la creación con el equipo de commissioning el cual debería estar integrado por los diferentes agentes que van intervenir en la vida del edificio: Propiedad, Proyectistas e Instaladores.

Las actividades a realizar en esta fase son:

- Elaborar los Requerimientos del Propietario del Proyecto (OPR)

Los parámetros que deben estar definidos y acordados con el propietario al menos deben ser los de la siguiente tabla:

**Tabla 19:**  
parámetros a considerar en la Planificación del Commissioning.

OPR	Cumple	No Cumple	Observaciones
Tipo Edificio			
Superficie aprox.			
Requerimientos específicos			
Objetivos de sostenibilidad			
Objetivos de consumo energético			
Requerimientos de ambiente interior			
Expectativas de equipos e instalaciones			
Requerimientos de ocupantes de inmueble			
Requisitos de operación y mantenimiento			

- b. Realización del Plan de Commissioning (Cx Plan) que se desarrolla en cada una de las fases posteriores. Este plan debe definir las pruebas y documentos necesarios para llevar a cabo la puesta en marcha del edificio, y debe, al menos, contener:

**Tabla 20:**  
puntos a incluir en el plan de commissioning.

CxPlan	Cumple	No Cumple	Observaciones
Introducción al Plan de Commissioning			
Metas y Objetivos			
Información general sobre el proyecto			
Sistemas e instalaciones dentro del alcance del commissioning			
Roles y responsabilidades de los miembros del equipo de commissioning			
Protocolo de comunicación, coordinación, reuniones y control de la información			
Actividades del proceso de commissioning			
Documentación de requerimientos del Propietario (OPR)			
Documentación de las bases del diseño (BOD)			
Procedimiento general de pruebas operativas			
Criterios para verificar el rendimiento de los sistemas e instalaciones			
Criterios para reportar deficiencias y procesos de solución			
Criterios de aceptación para los sistemas del Edificio			
Documentación de la revisión del diseño			
Documentación del proceso de revisión de los entregables			
Desarrollo de manuales de Operación y Mantenimiento			

- c. Establecer la documentación a generar durante el proceso de commissioning.

### 10.2.2 // Fase de Revisión del Diseño

La revisión del diseño (Bases del Diseño –BOD-) es especialmente crítica cuando nos referimos en un EECN dado que un mal diseño del propio edificio o sus instalaciones puede hacer que no se cumplan los requisitos de muy bajo consumo y aporte de energía mediante renovables. El equipo debería verificar que esto es así utilizando para ello herramientas informáticas de simulación energética de edificios.

Las bases de diseño que deben quedar perfectamente definidas y consensuadas con la propiedad son las recogidas en la siguiente tabla:

**Tabla 21:**  
puntos a incluir en la revisión del diseño dentro del commissioning.

BOD	Cumple	No Cumple	Observaciones
Objetivo del sistema			
Normas y estándares			
Usos y áreas del Proyecto			
Criterios de diseño según clima			
Memoria descriptiva			
Criterio general de diseño			
Actividades del proceso de commissioning			
Descripción de los sistemas			
Descripción por áreas			
Ocupación			
Control y Automatización			

### 10.2.3 // Fase de Pre-construcción

En la fase de pre-construcción, el equipo de commissioning lleva a cabo la auditoría de la capacidad, procedimientos, recursos e instrumentación necesarios para ejecutar las operaciones de puesta en marcha de cada una de las instalaciones.

En esta fase de pre construcción, el equipo de commissioning elabora las Especificaciones del Commissioning (CXSpecs) para informar al contratista de sus obligaciones y responsabilidades en proceso de commissioning y lleva a cabo la auditoría de si aquel posee la capacidad, procedimientos recursos e instrumentación necesarios para llevar a cabo las operaciones de puesta en marcha de cada una de las instalaciones.

**Tabla 22:**  
puntos a incluir en las especificaciones del commissioning.

Especificaciones del Commissioning	Cumple	No Cumple	Observaciones
Proyecto ejecutivo completo			
Integración del equipo de Cx			
Responsabilidades del Contratista			
Definición de reuniones			
Procedimiento para verificación en obra			
Desarrollo e implementación del arranque del sistema			
Criterios para las pruebas operativas			
Criterios de aceptación			
Procedimientos de revisión de los entregables			
Especificaciones de los manuales de O&M			
Requerimientos de formación			
Procedimientos de garantía			

### 10.2.4 // Fase de Construcción

Durante la fase de construcción se lleva a cabo el proceso de pre-commissioning. Éste no consiste en vigilar aspectos relativos a la correcta ejecución de los trabajos, lo cual es una labor propia de la Dirección Facultativa; sino que consiste en la verificación de que se cumplen las condiciones necesarias previas a realizar la puesta en marcha.

**Tabla 22:**  
puntos a revisar en la fase de construcción del commissioning.

Construcción y Puesta en Marcha	Cumple	No Cumple	Observaciones
Revisión de los entregables finalizado			
Revisión del diseño concluido			
Responsabilidades del Contratista			
Especificaciones del Cx concluidas			
Protocolos por sistema completos			
Manuales de operación y mantenimiento			
Criterios para las pruebas operativas			
Formación			

### 10.2.5 // Fase de Puesta en Marcha

Aunque, como hemos visto, el commissioning comienza con el inicio del proyecto, se podría decir que la puesta en marcha es su esencia. Y es esta fase donde se llevan a cabo las siguientes tareas.

- ▶ Implementación y validación de las pruebas recogidas en el Commissioning Plan.
- ▶ Verificaciones y pruebas funcionales.
- ▶ Arranques operativos.
- ▶ Comprobación del funcionamiento de BMS (Building Management System).
- ▶ Realización de correcciones y ajustes.
- ▶ Pruebas y mediciones de rendimientos de cada instalación y del propio edificio.
- ▶ Repetición de pruebas no conformes.
- ▶ Recopilación de todos los registros y documentación generada durante las pruebas. Al término de la fase y realización de las pruebas, el CxA deberá documentar los resultados en el reporte final de commissioning que deberá incluir:
  - Resumen ejecutivo del proceso de Commissioning con observaciones conclusiones generales, así como cualquier asunto pendiente de resolver.
  - Historial de problemas soluciones de los sistemas.

### 10.2.6 // Fase de Recepción

En la fase de Recepción, se hace la entrega del edificio a la Propiedad. Esta entrega debe hacerse en unas condiciones que garanticen que el edificio efectivamente cumple con los requerimientos para los que fue diseñado y que la propiedad tiene la información suficiente para ocupar, operar y mantenerlo de tal forma que los requerimientos se van a seguir satisfaciendo a lo largo de toda la vida del edificio. En esta fase se llevan a cabo las siguientes tareas:

- ▶ Validar por parte de la propiedad las condiciones de funcionamiento de cada instalación y del edificio propiamente dicho.
- ▶ Recopilar toda la documentación generada durante el proceso incluyendo los resultados de las pruebas.

- ▶ Elaborar un manual de operación y mantenimiento que incluya todas las instalaciones y sistemas del edificio. Este manual no debería ser un mero “libro del edificio” tal como lo contemplan la L.O.E. y el C.T.E.
- ▶ Asegurar que el personal encargado del mantenimiento tiene la formación adecuada y conoce el edificio. En EECN tiene especial relevancia la formación del personal en energías renovables ya que el edificio dispondrá de una o varias fuentes las cuales presentan requerimientos especiales que deben ser conocidos.
- ▶ Establecer un protocolo de liberación de garantías.

### 10.2.7 // Fase de Ocupación Inicial

Una vez que el edificio ha sido recepcionado, debe superar la verdadera “prueba de fuego” que supone la ocupación inicial y que es cuando el edificio va a ser operado en el régimen para el que fue diseñado. Es necesario verificar:

- ▶ Las condiciones de funcionamiento y los parámetros de operación una vez ocupado el edificio por los usuarios. Cuando estamos hablando de un EECN, es fundamental validar el valor de consumo de energía del edificio para verificar que se encuentra dentro de los valores establecidos en su diseño inicial.
- ▶ Ajustar o recalibrar parámetros operativos en función de los usos.
- ▶ Después de un ciclo de uso del edificio, realizar una reunión con la propiedad para recopilar las lecciones aprendidas, analizar las áreas de mejora y optimizar los procesos.

### 10.2.8 // Fase de Verificaciones (Continuous Commissioning)

Una vez realizados todos los pasos anteriores, aparentemente el proceso de commissioning ha finalizado y es cuando aparece el concepto de Continuous Commissioning y supone verificaciones durante todo el ciclo de vida del edificio.

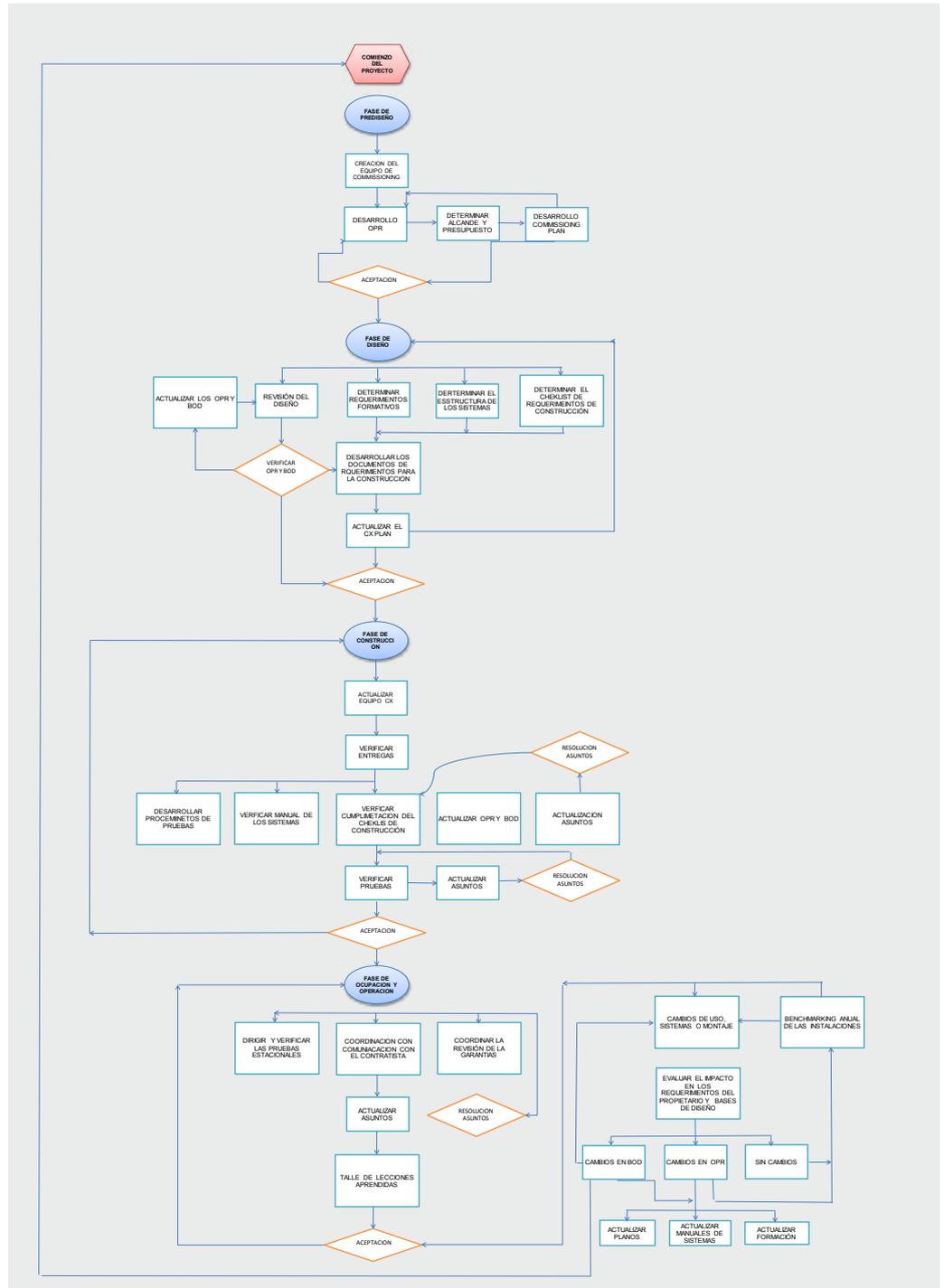
Esto es debido a que con el paso del tiempo tanto los requisitos de diseño como los parámetros de uso, cambian. Por ello se hace necesario:

- ▶ Recalibrar los valores de diseño en función del uso y explotación del edificio.
- ▶ Realizar pruebas para supervisar las prestaciones de los sistemas.
- ▶ Auditar el funcionamiento de ciertos sistemas.

### 10.3 Diagrama de Flujo del Proceso

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso según la Guía de ASHARAE Commissioning Process for Buildings and Systems.

**Figura 193:** Diagrama de Flujo del Proceso de Commissioning.



# 11

## Costes de construcción de un EECN

### 11.1 Introducción

Conocer y cuantificar los factores que determinan el costo general de cualquier obra de edificación no es una labor inmediata, ya que requiere realizar un estudio de mercado y un análisis pormenorizado de los costes y gastos necesarios para llevar a cabo dicha edificación.

En este contexto, antes de acometer un proyecto tanto para un edificio convencional como para un edificio de diseño sostenible de EECN<sup>1</sup>, es decir para cualquier obra de edificación es conveniente disponer de herramientas que sean capaces de estimar los costes de construcción y sus gastos asociados con una aproximación adecuada, con el fin de evitar desviaciones inasumibles ente la estimación previa y los futuros costes reales.

### 11.2 Costes Generales y Asociados en una Obra de Edificación

Antes de entrar en materia es necesario exponer una relación simplificada de los costes generales y gastos asociados en cualquier obra de edificación:

---

1// Nota: Se usará a partir de ahora el termino Edificio sostenible, eficiente o pasivo simplificando el término Edificios de Energía Casi Nula (EECN) y Edificio convencional aquel que cumple el mínimo de la normativa actual.

### 11.2.1 // El Terreno

El precio del terreno puede variar mucho en función de los parámetros urbanísticos (básicamente la edificabilidad del terreno), el lugar, las vistas, etc... Antes de la crisis, el terreno rondaba el 30% del valor de la construcción que podía construirse en él pero esta referencia está bajando.

Al coste de adquisición del terreno se le añadirán todos los gastos asociados a la compra del solar, tales como las comisiones de los agentes intervinientes, los costes de escritura-notario, registro de la propiedad, impuesto de Transmisiones Patrimoniales, actos jurídicos documentados, es decir un 10% más sobre el coste del terreno

### 11.2.2 // Impuestos al Ayuntamiento

Comprende el coste de las licencias de obra, derechos de enganche de suministros, tasas, cédulas y certificados, necesarios para la ejecución del proyecto.

Varía en función del Ayuntamiento y municipio, pero como norma general tendremos que pagar:

- ▶ Licencia de obras mayores y el Impuesto de construcciones y obras alrededor de un 4%.
- ▶ Tasas: alrededor de un 2%.
- ▶ Fianzas: residuos, vía pública, etc. Importe fijo que serán devueltos al final de la obra.

### 11.2.3 // Honorarios Técnicos

Se deben incluir todos los costes derivados del asesoramiento y asistencia técnica:

#### Arquitecto:

El Arquitecto diseña la obra, redacta el proyecto, tramita la licencia de obras habitualmente, dirige la obra y entrega la documentación necesaria para conseguir la licencia de Primera Ocupación y la Cédula de habitabilidad.

Los honorarios pueden rondar entre el 5% y 15% del Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) de la obra. Los honorarios son libres, es decir no hay unos baremos establecidos.

#### Ingeniería:

El arquitecto puede subcontratar a una ingeniería los proyectos parciales de instalaciones de electricidad, climatización, gas, energía solar térmica e infraestructura de telecomunicaciones

#### Aparejador o Arquitecto Técnico:

El Aparejador se encarga de dirigir la ejecución de la obra y llevar el Control de Calidad de ésta. Normalmente son los encargados de llevar al día el libro de órdenes o las actas de la obra.

Suelen cobrar un 30% de los honorarios del Arquitecto por la dirección de obras y la tramitación del final de obra y el Control de Calidad.

### **Coordinador de seguridad y salud:**

La persona que se encarga de redactar el Estudio de Seguridad y Salud en la obra, determina las medidas de seguridad a aplicar en la obra para evitar posibles accidentes. Durante la obra se encarga de comprobar que su proyecto se cumpla y de aplicar las medidas correctoras necesarias.

Puede contratarse a una tercera persona o bien también puede encargarse de ello el Arquitecto o el Aparejador. Los honorarios variaran en función de esto. Si no pueden rondar el 30% de los honorarios del aparejador.

### **11.2.4 // Estudio geotécnico**

Después de la entrada en vigor del CTE en 2006, es obligatorio realizar un Estudio Geotécnico del terreno para conocer sus características, la composición y resistencia para el cálculo de la estructura. Para una vivienda suele estar en los 1.000€ y sobre 5.000€ para edificios más grandes, gasto que corre a cargo del cliente si bien puede ayudar a tramitarlo el arquitecto.

### **11.2.5// Construcción**

El precio de construcción variará en función de las calidades de los acabados y de la provincia.

Costa del Presupuesto de ejecución material (es decir el coste directo de la obra) más los Gastos Generales de contrata y el Beneficio industrial de contrata, esto hace un total del presupuesto de contrata.

Aquí se incluye el coste de los seguros a pagar por el promotor, destinados a cubrir los daños materiales o de caución y, en su caso, los gastos de los organismos de control externo.

### **11.2.6 // Notaria y Registro:**

Comprende los costes necesarios para escriturar y registrar el inmueble, así como el coste de las gestiones, aranceles e impuestos asociados.

Para legalizar la edificación, hay que registrarla en el Registro de la Propiedad (1-2%), pedir a un notario que os haga la escritura de obra nueva (0,5% aprox.) y pagar los impuestos correspondientes (1% aprox.) todo del valor de la edificación.

De esta tarea se suele encargar el propio notario.

### 11.2.7 // Tipo de interés financiero

Es un índice, expresado en porcentaje, que refleja el coste de financiación del proyecto. Son los gastos correspondientes a la financiación de la construcción del edificio.

Los gastos estimados de tasaciones, comisiones de estudio y formalización de hipoteca, seguros asociados, aranceles de notaría y registro para constitución y cancelación del préstamo hipotecario, avales y fianzas provisionales, expresados como un porcentaje en función del coste de la obra.

### 11.2.8 // Tipo impositivo

El tipo impositivo o tipo de gravamen para la liquidación de impuestos es la tasa, expresada en forma de porcentaje, que se aplica a la base imponible en función de los beneficios antes de impuestos.

## 11.3 ¿Cuánto cuesta más construir sostenible?

### 11.3.1 // Beneficios de la construcción sostenible.

Las investigaciones demuestran que existe una gran cantidad de incuestionables beneficios al desarrollar proyectos de diseño sostenibles que favorecen a los distintos involucrados durante el ciclo de vida de un edificio. Aun así, un tema que sigue causando polémica es si resulta posible agregar valor financiero a los beneficios de desarrollar este tipo de diseños, lo que representa un dato importante a la hora de la rentabilidad del propio edificio.

Recordemos los beneficios más relevantes del diseño sostenible por considerarlo de gran relevancia:

▶ **Beneficios Medioambientales:**

- Enriquecimiento y protección de los ecosistemas y la biodiversidad.
- Mejora de la calidad del aire y del agua.
- Reducción de los residuos sólidos.
- Conservación de los recursos naturales.

▶ **Beneficios Económicos:**

- Reducción de los costes de funcionamiento.
- Puede incrementar su valor en caso de venta o de alquiler respecto a uno convencional, cuantificándose entre un 15 y 20%. El incremento del valor del activo y de los beneficios son aspectos muy importantes para los propietarios por dichos edificios. Recordemos que un EECN no consume energía del exterior en su balance total del año, siendo ésta uno de los principales costes durante su uso cotidiano. La experiencia demuestra que, tanto las renovaciones profundas como los sistemas que usan tecnologías pasivas, como el sol sin ningún tipo de subvención, hacen aumentar el valor de los edificios en proyectos donde se aplican estas soluciones por encima de los que no lo hacen.

- Mejora de la productividad y la satisfacción de los empleados.
- Optimización de la eficiencia del ciclo de vida económico.

▶ **Beneficios de Bienestar y para la Comunidad:**

- Mejora de los ambientes acústicos, térmicos y atmosféricos.
- Aumento del bienestar y confort de los ocupantes y las personas cercanas a los edificios.
- Disminución de la demanda de infraestructuras públicas.
- Contribución a una mejor calidad de vida global.

Todos estos beneficios fundamentan el diseño de estos edificios que se resumen en:

- ▶ Los aspectos Medioambientales.
- ▶ El ahorro en el consumo de Energía.
- ▶ El aprovechamiento de fuentes de energía renovable.

Por lo cual las ventajas y beneficios del diseño sostenible son difíciles de negar.

### 11.3.2 // ¿Cuánto cuesta más construir así?

Ahora toca derribar la gran barrera en el camino de la construcción sostenible: ¿cuánto cuesta más construir así?.

En los primeros proyectos de este tipo de construcción sostenible (EECN), el coste fue de hasta un 25% mayor en comparación con edificios convencionales con similar funcionalidad y nivel de acabado. Con la experiencia y los nuevos procesos desarrollados durante los últimos años, los innovadores han mejorado dramáticamente la viabilidad económica de los proyectos. Basándose en el ‘diseño colaborativo’ y aplicando los conceptos de ‘eficiencia inteligente’, el incremento del coste del edificio puede ser nulo o, dependiendo de los casos, llegar al 10%.

Resumiendo, las respuestas estas varían hasta un 10% entre ellas.

Encontramos entonces testimonios de un sobrecoste de 15-25% hasta un sobrecoste de entre el 4 y el 8%. La equivalencia podría cuantificarse en 65-100€/m<sup>2</sup> aproximadamente para el 8%.

Los estudios demuestran que las construcciones sostenibles no necesariamente son más costosas, especialmente si desde un comienzo se integran al proceso de desarrollo las estrategias económicas, ambientales y una adecuada administración del programa.

Si existe un costo adicional asociado, en comparación con los proyectos de edificios convencionales, pero el recargo por lo general no es tan alto como se tiende a pensar en la industria.

### 11.3.3 // ¿Dónde está el sobrecoste?

El sobrecoste está en las medidas de mejora que identificaremos como tres:

▶ **Soluciones pasivas destinadas a reducir la demanda energética.**

Por ejemplo:

- Sobrecoste en material de aislamiento en fachadas, suelos y cubiertas.
- Sobrecoste en carpinterías y vidrios de alta calidad térmica y Acústica.
- Sobrecoste en la mejora de la calidad de materiales.
- Sobrecoste en la utilización de materiales ecológicos, Etc...

En el siguiente capítulo, “Estudio de costes de diseño pasivo(envolventes)” se justifican dichos sobrecostes con algunas de las posibles soluciones pasivas.

▶ **Soluciones activas que implican la aplicación de energías renovables.**

No todas las energías renovables son utilizables directamente para los edificios, así, se excluye la energía eólica, la hidráulica y los biogases que como fuentes renovables se utilizan para generar electricidad.

Las energías renovables para edificios se sintetizan básicamente en tres:

- Solar térmica y fotovoltaica
- Biomasa
- Geotermia y Aerotermia

Estas energías son las que nos proveerán de calor, y en el caso de la geotermia, de frío y calor.

▶ **Introducir equipos de alta eficiencia energética** de calefacción, refrigeración y/o iluminación:

Por ejemplo:

- Sistema de ventilación Mecánica: Conductos, Rejillas, Aislamiento Acústico
- Bomba de calor reversible con recuperador de calor/frío de alta eficacia
- Etc...

Estas medidas en cualquier de los casos deben ser asumibles y por supuesto viables tanto técnica como económicamente y el incremento se deberá principalmente al área de diseño, al tener que desarrollar procesos de colaboración distintos e investigar sobre las tecnologías adecuadas necesarias y como se interrelacionan entre ellas para sacar el máximo rendimiento para aplicarlas en el lugar específico<sup>9</sup>

### 11.3.4 // Retorno de la inversión

Con los conocimientos que tenemos hoy en día, el bienestar y la eficiencia de las personas, también se tienen que tomar en consideración para tomar nuestras decisiones de inversión, ya que pueden aportar mucho más beneficio económico.

La Directiva Comunitaria crea un debate sobre si estos edificios requieren inversiones superiores o no. La lógica indica que las tecnologías más sofisticadas requieren más inversiones en el edificio, teniendo en cuenta que son importantes los ahorros obtenidos en los gastos de funcionamiento (energía) y coste total de propiedad.

Para ayudar en esta dirección, el artículo 10 del mandato comunitario establece incentivos financieros para conseguir EECN que aceleren el inicio del proceso. Así mismo el banco europeo de inversiones está poniendo a disposición de los inversores líneas de crédito directas o a través de los bancos locales.

El ahorro energético de estos proyectos, los costos operacionales y de mantenimiento más bajos en el largo plazo generalmente supera cualquier costo adicional de diseño y construcción, y la inversión se recupera en un periodo razonablemente corto.

Se estima un retorno de la inversión entre 5-8 años al reducir el consumo energético.

Lo que está claro es que el precio del metro cuadrado de construcción sostenible es amortizable y cada vez en un plazo menor.

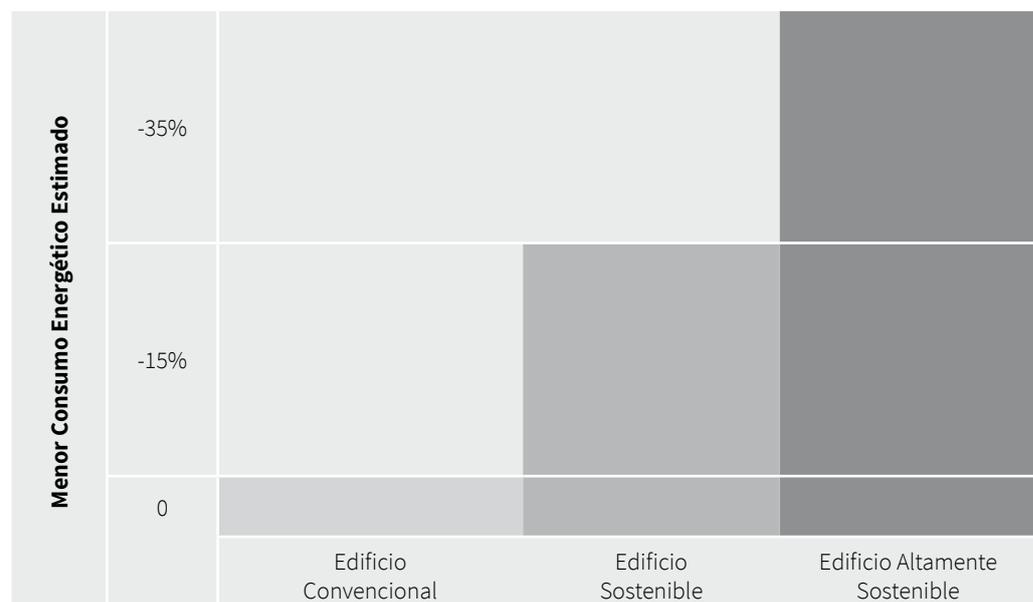
En caso de usar financiación exterior, desde el primer pago se podrá comprobar que el cash flow es positivo.

La gran mayoría de las decisiones sobre inversiones, incluso para los inversores más sofisticados, se están haciendo sobre la base de amortización o el retorno de la inversión (ROI). La mayoría de los inversores y muchos inquilinos entienden hoy que las propiedades sostenibles bien diseñadas, pueden generar beneficios para la salud y la productividad, el reclutamiento y la retención de empleados o la reducción de riesgos, pero tienen dificultades en integrar estos valores en sus cálculos económicos.

La inversión inicial en un edificio representa solo el 20% de los costes totales en su vida útil. Los principales costes están relacionados con su operativa, el mantenimiento, el consumo de energía, la demolición y el reciclado.

La fase de diseño es muy corta, en comparación a la vida operativa del edificio, por lo que merece la pena que nos tomemos el tiempo necesario para maximizar el potencial de uso eficaz desde distintas perspectivas y no solo la energética, como pueden ser la conectividad con el mundo exterior, la facilidad de la gestión de mantenimiento y mejora de las instalaciones, el confort y eficacia de las personas, la cantidad de materiales empleados, su coste y el ciclo de vida.

**Figura 136:**  
Estimación del coste de construcción según el consumo energético estimado del edificio.



### 11.3.5 // Desarrollo eficiente en los precios de edificios: Conclusiones

Cuanto más se estandarizan los sistemas, menos cuestan y cuanto más se forman los profesionales en este campo, más oferta hay. Por lo tanto, se coincide en la tendencia gradual hacia la reducción de los costos adicionales a lo largo del tiempo. Esta situación no es demasiado sorprendente, pues la industria de la construcción ha venido mejorando sostenidamente su capacidad para desarrollar este tipo de construcciones, y las cadenas de suministro a nivel mundial también están madurando, lo que se traduce en menores costos y un desarrollo eficiente en los precios de edificios.

En España se va implantando cada vez más. Pero no es fácil. Los constructores bajo este estándar reconocen que hay que educar al ciudadano para que entienda y valore este tipo de edificación. Son edificios bien contruidos, con materiales de calidad e instalaciones de máxima eficiencia energética.

Todavía hay un largo camino de divulgación para la construcción sostenible.

Pero hay un valor como activo en esta construcción: A medida que los inversionistas y los residentes comprenden la importancia de los impactos ambientales y sociales de las construcciones ecológicas, aumentan las posibilidades ante una comercialización de estos edificios.

A la hora de extraer conclusiones, es preciso establecer desde los primeros pasos del diseño estrategias para garantizar el cumplimiento del objetivo de eficiencia energética y del control del gasto, debiéndose de extender a otras etapas como las de la construcción y mantenimiento. Así mismo es fundamental preservar la utilización de algunas tecnologías para conseguir el objetivo de este tipo de edificios, por los equipos de proyecto y de ejecución tienen que ser imaginativos y resolutivos.

Como es muy difícil conseguir a la primera que un proyecto cumpla en presupuesto y en funcionalidad, tendremos que hacer varias rondas de mejora en el diseño hasta lograrlo.

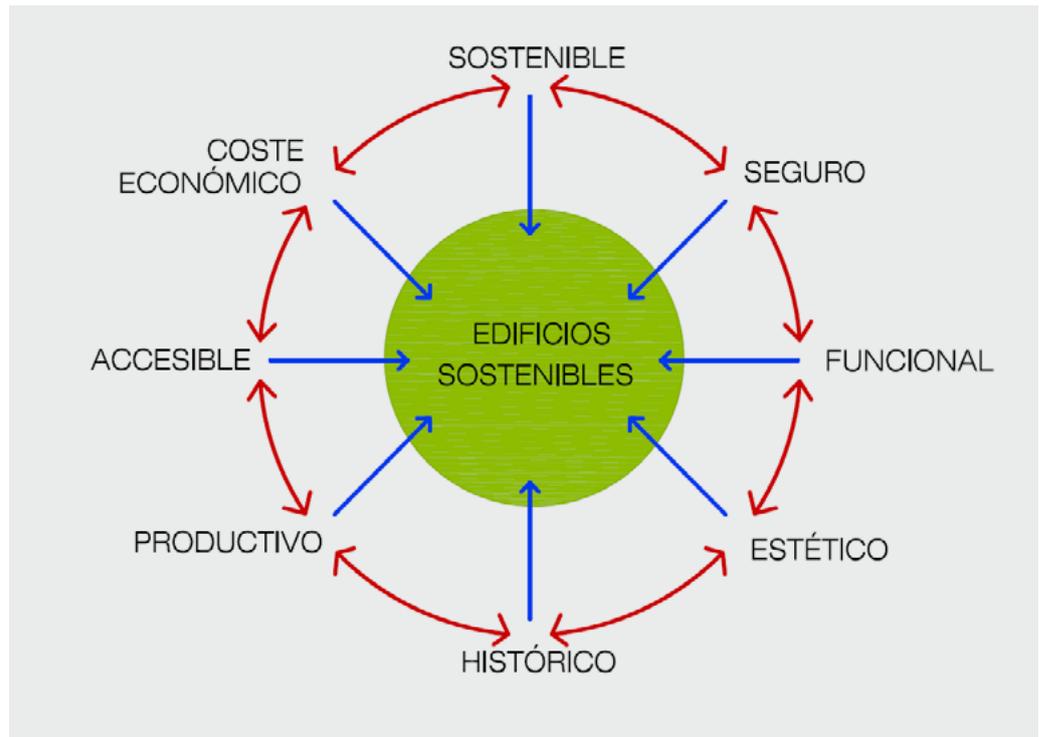
En algunos casos, cuando nuestro presupuesto se quede corto, podemos buscar socios financieros interesados en participar en áreas concretas del proyecto, como la que corresponde a la generación de energía como los sistemas fotovoltaicos.

El establecimiento de objetivos claros, el seguimiento de protocolos estrictos de control de gasto, el diseño colaborativo, el uso de los conceptos del diseño inteligente y grandes dosis de imaginación y resolución para afrontar los problemas son la base para conseguir los objetivos agresivos que nos planteemos y para cumplir con nuestro presupuesto.

Mejor que preguntarnos cuánto nos costará más un EECN, nos deberíamos preguntar: ¿cómo podríamos hacer para conseguir que nuestro EECN entre en nuestro presupuesto? Además, deberíamos valorar cómo mejorar el entorno de uso del edificio para que beneficie a sus usuarios, e incrementar el valor de nuestra acción de diseño mucho más allá que el mero ahorro energético aplicando los conceptos Human Centric.

La experiencia de los equipos de diseño y el establecimiento del objetivo específico de conseguir un EECN son la base fundamental para tener éxito en nuestros proyectos, según el testimonio más repetido en un cuestionario entre los responsables de más de trescientos proyectos realizados en USA.

**Figura 137:**  
Los factores relevantes en el coste de un edificio sostenible.



Si solo nos centramos en el coste de los productos, quizás nos estemos planteando las prioridades equivocadas. Más importantes es el valor que obtiene nuestra inversión y sus costes operativos. En algunos casos, el valor es difícil de establecer, pero es responsabilidad de los líderes marcar las pautas para conocerlo, y completar los proyectos. Los costes extras de diseño, si los hubiere, se amortizan inmediatamente a través de los ahorros energéticos y de los beneficios para los usuarios. Adicionalmente, se obtienen otros beneficios muy importantes, como el cumplimiento de objetivos corporativos en cuanto a protección del medio ambiente, con la mejora de la imagen corporativa y la mejor calificación de los usuarios de su entorno de trabajo.

# 12

## Estudio de costes de diseño pasivo

- **A. Soluciones muro: cerramiento opaco.**
- **B. Soluciones muro: ventanas-huecos (carpinterías:vidrios+marco)**
- **C. Soluciones muro: protección de huecos.**
- **D. Soluciones de cubierta**
- **E. Soluciones de suelo en contacto con el terreno**

### 12.1 Introducción

Tal y como se mencionaba en el punto c) ¿DÓNDE ESTÁ el SOBRECOSTE? del capítulo anterior hay soluciones pasivas destinadas a reducir la demanda energética con un sobrecoste adicional en el momento de la ejecución de la obra.

Se intentará justificar dichos sobrecostes con algunas posibles soluciones constructivas pasivas de Envoltentes para Muro (Cerramiento opaco, Ventanas-Huecos y Protección de huecos), Cubierta y Suelo, desarrollando comparativas sobre una solución concreta de **CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL frente a una de CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.**

Cada solución constructiva estará estructurada de la siguiente forma:

- ▶ Memoria Descriptiva,
- ▶ Memoria Justificativa,
- ▶ Estimación de Coste,
- ▶ Transmitancias Térmicas y
- ▶ Conclusiones.

En este estudio no se ha pretendido recoger alternativas correspondientes a soluciones constructivas bioclimáticas, para ello se recomienda la consulta de:

- ▶ *Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea. Editado por la Junta de Castilla y León y el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN).*
- ▶ *Manual de Diseño Bioclimático Urbano. Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas.*
- ▶ *Diversidad bioconstructiva transfronteriza, edificación bioclimática y su adaptación a la arquitectura y urbanismos modernos. Edificios, Poblaciones y Sistemas bioclimáticos.*
- ▶ *Manual para la conservación y rehabilitación de la diversidad bioconstructiva.*

En dichos manuales incorporan el aspecto bioconstructivo que complementa el enfoque bioclimático.

Pero el desarrollo de las propuestas aquí recogidas se ha centrado en la mejora de soluciones constructivas entendidas como convencionales para conseguir una mejora en la estrategia energética del edificio que se proyecta por medio de esas mismas soluciones pasivas pero más sostenibles, con distintas opciones de mejora incorporando materiales aislantes con menor conductividad o aumentando su espesor, soluciones de vegetalización, sustituyendo e incorporando determinadas capas o elementos, mejorando calidades así como la introducción de elementos de control solar...se denominaran soluciones convencionales +sostenibles.

## 12.2 ¿Qué se entiende cómo envolvente?

Envolvente o cerramiento es lo que limita y cierra un edificio, es decir las partes constitutivas de la fachada, cubierta y suelo que son las que delimitan y acondicionan los edificios para que puedan cumplir las funciones para lo cual fueron creados. Es en la envolvente donde se va a producir la transferencia energética con el exterior, su correcto aislamiento incidirá de manera decisiva en la reducción del consumo energético

La envolvente vertical del edificio es decir su piel, la fachada (o muro), consta del cerramiento opaco que no da paso a la luz y los huecos o ventanas que si permiten el paso de la luz.

La Cubierta es la envolvente horizontal superior en contacto con el exterior y el suelo la inferior en contacto con el terreno.

Se justificará en las siguientes soluciones porque se debe adoptar un cerramiento eficiente cuantificando las ventajas económicas y energéticas en cada caso.

**Todas las soluciones convencionales propuestas cumplen al menos los mínimos exigidos por el CTE para la zona climática más desfavorable.**

**Figura 138:**

Fuente: CTE DB-HE 1

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> •K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

No obstante es conveniente aclarar que estos límites no son excesivamente exigentes y que, en cualquier caso, conviene fijarse unos objetivos más ambiciosos para obtener una mayor reducción de la demanda energética.

Pueden ser ilustrativos los valores que el propio CTE-DBHE aconseja para las nuevas intervenciones:

**Figura 139:**

Fuente: CTE DB-HE. Apéndice E

**Tabla E.1. Transmitancia del elemento [W/m<sup>2</sup> K]**

Transmitancia del elemento [W/m <sup>2</sup> K]	Zona Climática					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
$U_M$	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
$U_S$	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
$U_C$	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

$U_M$ : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 $U_S$ : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)  
 $U_C$ : Transmitancia térmica de cubiertas

**Tabla E.2. Transmitancia térmica de huecos [W/m<sup>2</sup> K]**

Transmitancia térmica de huecos [W/m <sup>2</sup> K]		$\alpha$	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

**Todas las todas soluciones sostenibles** planteadas se basarán en dichos objetivos. Será la referencia para cada caso entonces la mejora de la Transmitancia Térmica U.

Se recomienda la lectura de Guía IDAE: Manual de fundamentos técnicos de Calificación energética, (incluye todos los parámetros característicos de la envolvente térmica.

# A

## Soluciones muro: cerramiento opaco

El cerramiento opaco o muros es el elemento técnico del sistema de cerramiento exterior vertical, que impide la transmisión directa de energía radiante solar y la visibilidad de una cara a la otra.

La consideración que fundamenta la mejora de solución **convencional** a **sostenible** y que se debe realizar, es la imperiosa necesidad de aislar de manera eficiente el muro.

En este campo existe una gran variedad de productos, y es preciso acudir a aquellos que en igualdad de características técnicas representan los menores costes ambientales, es tarea vital remarcar el compromiso que debe adquirir la conformación de los cerramientos en sus sucesivas capas en conjunto con las estrategias pasivas de acondicionamiento ambiental.

Como ya se ha dicho se tendrá en cuenta la solución en función de entre otros datos la mejora de la Transmitancia Térmica  $U_m$ .

**Figura 140:**  
Fuente: CTE DB-HE.  
Transmitancia térmica  
máxima para muros.

ZONA	A	B	C	D	E
$U_m$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	<b>0,55</b>

OBJETIVOS CONSIDERADOS para SOLUCIÓN SOSTENIBLE	
$U_m$ (W/m <sup>2</sup> K)	<b>0,25</b>

## Soluciones

Las soluciones comparativas consideradas para el estudio de MUROS son:

CERRAMIENTO OPACO	DESCRIPCIÓN
<b>Comparativa a.1</b>	
Solución CONVENCIONAL a.1	Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara y aislamiento por el interior 6cm.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.1	Fábrica autoportante con revestimiento continuo, con cámara y aumento de aislamiento por el interior 12cm.
<b>Comparativa a.2</b>	
Solución CONVENCIONAL a.2	Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara y aislamiento por el interior 6cm.
Solución BIOCLIMÁTICA +SOSTENIBLE a.2	Pared vegetal+Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara y aislamiento por el interior 6cm.
<b>Comparativa a.3</b>	
Solución CONVENCIONAL a.3	Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior 6cm. y trasdosado.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.3	Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior 12cm, aislamiento por el interior 6cm y trasdosado.

Las soluciones convencionales se han obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y los precios de Bases de Precios y Tarifas vigentes.

# A. Soluciones muro: cerramiento opaco

## COMPARATIVA a.1

SOLUCIÓN CONVENCIONAL a.1

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

**Solución CONVENCIONAL a.1\_**  
**SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución F 3.1)**  
 Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara de aire y aislamiento por el interior:  
**CERRAMIENTO RE15+LC115+AT60+LH70+RI15 (F 3.1) formado:**

- Revestimiento exterior continuo formado por revoco de mortero hidrófugo monocapa (RE).
- Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7cm, de 1/2 pie de espesor (LC).
- Aislamiento térmico constituido por un panel de lana mineral de 60mm de espesor (AT).  
Con una conductividad térmica  $\lambda=0,037\text{W/mk}$  y resistencia  $R=1,62\text{ m}^2\text{K/W}$ .
- Fábrica de LHD 24x11,5x7cm, 7cm de espesor (LH).
- Revestimiento interior de guarnecido maestreado y enlucido de 15mm espesor (RI).

Transmitancia Térmica Solución F 3.1:  $UM= 1/(0,54+1,62)=0,46\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	Datos entrada		HE <sup>(2)</sup>	HR <sup>(3)(4)</sup>		
		RE	GI	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Air</sub> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )
F 3.1		R1	3	$1/(0,54+R_{AT})$	48	45	220
		R3 o B3	5		[49]	[46]	[240]

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.1

**Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.1\_**  
**SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución F 5.1)**  
 Fábrica autoportante con revestimiento continuo, con cámara de aire ventilada y aumento de aislamiento por el interior:  
**CERRAMIENTO RE15+LC115+ARyAN+C+AT140+LH70+RI15 (F 5.1) formado:**

- Revestimiento exterior continuo formado por revoco de mortero hidrófugo monocapa (RE).
- Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7cm, de 1/2 pie de espesor (LC).
- Armadura a tendel y Anclajes apilares y forjado (AR y AN).
- Cámara de aire ventilada de 30mm (C).
- Aislamiento térmico constituido por dos paneles de lana mineral de 70mm de espesor (AT).  
Con una conductividad térmica  $\lambda=0,037\text{W/mk}$  y resistencia  $R=3,78\text{ m}^2\text{K/W}$ .
- Fábrica de LHD 24x11,5x7cm, 7cm de espesor (LH).
- Revestimiento interior de guarnecido maestreado y enlucido de 15mm espesor (RI).

Transmitancia Térmica Solución F 5.1:  $UM= 1/(0,45+3,78)=0,23\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	HS	HE <sup>(2)</sup>	HR <sup>(2)</sup>		
		GI	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Air</sub> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )
F 5.1		5	$1/(0,45+R_{AT})$	45	42	220
				[240]		

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UM (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55	0,25
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL a.1					<b>0,46</b>	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.1					<b>0,24</b>	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE		
Solución CONVENCIONAL a.1		
REVOCO DE MORTERO HIDRÓFUGO MONOCAPA	11,04€/m <sup>2</sup>	75,82€/M <sup>2</sup>
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>	
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 1X60MM INTERIOR	5,67€/m <sup>2</sup>	
FÁBRICA LHD 7CM	23,90€/m <sup>2</sup>	
GUARNECIDO MAESTREADO Y ENLUCIDO	11,07€/m <sup>2</sup>	
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.1		
REVOCO DE MORTERO HIDRÓFUGO MONOCAPA	11,04€/m <sup>2</sup>	94,11 €/M <sup>2</sup>
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>	
ARMADURA A TENDEL Y ANCLAJES	9,10€/m <sup>2</sup>	
CÁMARA DE AIRE VENTILADA	2,00€/m <sup>2</sup>	
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 2X70MM INTERIOR	12,86€/m <sup>2</sup>	
FÁBRICA LHD 7CM	23,90€/m <sup>2</sup>	
GUARNECIDO MAESTREADO Y ENLUCIDO	11,07€/m <sup>2</sup>	
Aumento de Coste (24%)		18,29€/M <sup>2</sup>

MEMORIA JUSTIFICATIVA

**La diferencias entre ambas soluciones son:**

- La hoja exterior de fábrica de ladrillo se convierte en autoportante por lo que es necesario la utilización de Armadura a tendel y Anclajes apilares y forjado.
- Se incluye Cámara de aire de 30mm ventilada.
- Se aumenta el espesor del aislamiento térmico de lana mineral, de 60mm a 140mm.

**Las ventajas son las siguientes mejoras:**

- Aislamiento térmico, mejora de la transmisión térmica UM.
- Comportamiento higrotérmico: Al tener cámara ventilada se eliminan los puentes térmicos, el material aislante de la cámara es continuo y se reducen las condensaciones en el interior de la cámara. Si la cámara de aire fuera no ventilada habría mejora en el aislamiento térmico, no así con la cámara de aire ventilada pero si ventajas higrotérmicas, en referncia a la humedad, el aislante debe ser siempre hidrófilo.
- Aislamiento acústico: Tienen unas prestaciones acústicas superiores debido a que las dos hojas que la forman están desconectadas y a que la conexión que se produce a través de la carpintería y la transmisión aérea indirecta a través de la cámara no influyen en las prestaciones acústicas finales del conjunto, permitiendo su uso en lugares más expuestos a la contaminación acústica.
- Comportamiento estructural: La hoja exterior de la fachada no se interrumpe a su paso por delante de los forjados, de manera que apoya sobre todo su espesor y se descarga a la estructura del edificio de todo el peso de la fachada. La hoja exterior de la fachada se "ata" a la estructura del edificio a través de anclajes a forjados y pilares y de armadura en los tendeles de mortero, por lo que se evitan problemas de estabilidad.
- Mejoras estéticas: Al eliminar el paso de la pared de ladrillo por el frente del forjado y no requerir el empleo de piezas especiales se evitan posibles diferencias de tonalidad entre los ladrillos y plaquetas cerámicas.

CONCLUSIONES

Con tan solo el aumento del espesor del aislamiento y la incorporación de cámara de aire ventilada se mejora el aislamiento térmico y acústico así como el comportamiento higrotérmico del muro. La solución convencional cumple en cuanto a transmitancia térmica para la zona más desfavorable (E) y la sostenible a los objetivos fijados.

# A. Soluciones muro: cerramiento opaco

## COMPARATIVA a.2

MEMORIA DESCRIPTIVA																																	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL a.2=a.1	Solución CONVENCIONAL a.2 =a.1 <b>SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE</b> (Solución F 3.1) Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara de aire y aislamiento por el interior:																																
	Transmitancia Térmica Solución F 3.1: $UM = 1/(0,54+1,62) = 0,46W/m^2K$																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Sección</th> <th>Datos entrada</th> <th>HS<sup>(1)</sup></th> <th>HE<sup>(2)</sup></th> <th colspan="2">HR<sup>(3)(4)</sup></th> <th>m</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>RE</th> <th>GI</th> <th>U (W/m<sup>2</sup>K)</th> <th>R<sub>A</sub> (dBA)</th> <th>R<sub>Air</sub> (dBA)</th> <th>(kg/m<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">F 3.1</td> <td rowspan="2"> </td> <td>R1</td> <td>3</td> <td rowspan="2">1/(0,54+R<sub>AT</sub>)</td> <td rowspan="2">48 [49]</td> <td rowspan="2">45 [46]</td> <td rowspan="2">220 [240]</td> </tr> <tr> <td>R3 o B3</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>							Código	Sección	Datos entrada	HS <sup>(1)</sup>	HE <sup>(2)</sup>	HR <sup>(3)(4)</sup>		m			RE	GI	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Air</sub> (dBA)	(kg/m <sup>2</sup> )	F 3.1		R1	3	1/(0,54+R <sub>AT</sub> )	48 [49]	45 [46]	220 [240]	R3 o B3	5
	Código	Sección	Datos entrada	HS <sup>(1)</sup>	HE <sup>(2)</sup>	HR <sup>(3)(4)</sup>		m																									
		RE	GI	U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Air</sub> (dBA)	(kg/m <sup>2</sup> )																										
F 3.1		R1	3	1/(0,54+R <sub>AT</sub> )	48 [49]	45 [46]	220 [240]																										
		R3 o B3	5																														
FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE																																	

SOLUCIÓN BIOLIMÁTICA +SOSTENIBLE a.2	Solución +SOSTENIBLE a.2_						
	No se trata de una solución convencional propiamente dicha, sino bioclimática <b>SOLUCIÓN sin REFERENCIA en el CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE.</b> SE HA INCLUIDO A LA SOLUCIÓN F 3.1 UNA PARED VEGETAL POR EL EXTERIOR. <i>Se entiende por muro vegetal cualquier elemento de este tipo próximo a un cerramiento exterior del edificio que se interpone total o parcialmente entre la irradiación solar y el propio cerramiento, evitando así que una parte importante de la radiación incida sobre el mismo y disminuyendo la entrada de calor hacia el interior del edificio debido a este fenómeno. Todas las estructuras de fachadas vegetales se colocan de manera independiente a la envolvente del edificio en cuestión, y sirven para que las plantas se desarrollen y crezcan cubriendo los paramentos del edificio, pero sin llegar a asociarse a la superficie del mismo.</i>						
	Piel Vegetal sobre fábrica con revestimiento continuo, sin cámara de aire y aislamiento por el interior: CERRAMIENTO PV+RE15+LC115+AT140+LH70+RI15 (F 3.1+PV) formado:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pared Vegetal: Panel precultivado+montantes verticales (estructura del recubrimiento con sistema de soporte de los paneles)+cámara de aire+montantes horizontales de la estructura portante del recubrimiento (PV). Con una Conductividad térmica <math>\lambda=0,52W/mk</math>, espesor 0,1 y resistencia <math>R=0,19 m^2K/W</math>.</li> <li>Revestimiento exterior continuo formado por revoco de mortero hidrófugo monocapa (RE).</li> <li>Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7cm, de 1/2 pie de espesor (LC).</li> <li>Aislamiento térmico constituido por dos paneles de lana mineral de 70mm de espesor (AT). Con una conductividad térmica <math>\lambda=0,037W/mk</math> y resistencia <math>R=3,78 m^2K/W</math>.</li> <li>Fábrica de LHD 24x11,5x7cm, 7cm de espesor (LH).</li> <li>Revestimiento interior de guarnecido maestreado y enlucido de 15mm espesor (RI).</li> </ul>						
Transmitancia Térmica Solución F 3.1+PARED VEGETAL: $UM = 1/(0,54+0,19+3,78) = 0,22W/m^2K$							

TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UM (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55	0,25
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL a.2=a.1					0,46 CUMPLE	
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.2					0,22 CUMPLE	

ESTIMACIÓN de COSTE		
Solución CONVENCIONAL a.2=a.1		
REVOCO DE MORTERO HIDRÓFUGO MONOCAPA	11,04€/m <sup>2</sup>	75,82€/M <sup>2</sup>
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>	
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 1X60MM INTERIOR	5,67€/m <sup>2</sup>	
FÁBRICA LHD 7CM	23,90€/m <sup>2</sup>	
GUARNECIDO MAESTREADO Y ENLUCIDO	11,07€/m <sup>2</sup>	
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.2		
PARED VEGETAL	100,85€/m <sup>2</sup>	172,82€/M <sup>2</sup>
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>	
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 2X70MM INTERIOR	12,86€/m <sup>2</sup>	
FÁBRICA LHD 7CM	23,90€/m <sup>2</sup>	
GUARNECIDO MAESTREADO Y ENLUCIDO	11,07€/m <sup>2</sup>	
Aumento de Coste (128%)		97,00€/M <sup>2</sup>

MEMORIA JUSTIFICATIVA
<p><b>La diferencias entre ambas soluciones son:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se incluye pared Vegetal.</li> <li>Se aumenta el espesor del aislamiento térmico de lana mineral, de 60mm a 140mm</li> </ul> <p><b>Las ventajas son las siguientes mejoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aislamiento térmico y acústico de los edificios.</li> <li>Regulación térmica de edificios, con el consiguiente ahorro energético - Sombra- Interacción con la radiación solar- Enfriamiento evaporativo. Durante los meses de verano las plantas pueden dar sombra a las fachadas con sol y proporcionar una refrigeración de los edificios debido a la evapotranspiración. Esto conduce a una reducción en la temperatura máxima de la pared (amortiguamiento en las temperaturas de 2,5º), que a su vez ayuda a reducir el sobrecalentamiento solar del edificio. Esta es más efectiva en fachadas orientadas al sur que están al sol durante la mayor parte del día, y las del oeste con exposición de tarde. En el invierno, las plantas pueden proporcionar aislamiento (en función del espesor) mediante el mantenimiento de una capa de aire entre la planta y la pared, lo que reduce la convección en la superficie de la pared.</li> <li>Variación el efecto del viento sobre la edificación.</li> <li>Mejora estética del edificio.</li> <li>Reducción de Contaminación atmosférica, atrapando las partículas y concentración de contaminantes.</li> </ul> <p><b>Recomendaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La fachada debe ser apta para soportar las solicitaciones de carga de la solución.</li> </ul>

CONCLUSIONES
<p>El <b>OBJETIVO</b> de esta comparativa es comprobar la inversión y resultados eficientes que se pueden conseguir con diferentes propuestas. La solución de partida convencional es igual en el a.1 y a.2 ( F 3.1 según catálogo de elementos constructivos del CTE). En el caso a.1 se mejora la solución aumentando aislamiento y cámara de aire por cara externa y en la a.2 la mejora consiste en añadir una pared vegetal por la cara externa y aumentar aislamiento. Los resultados son los siguientes:</p> <p><b>SOLUCIÓN CONV.+SOSTENIBLE a.1:UM=0,24W/M2K Y CON UN AUMENTO DE COSTE DEL 24%</b>  <b>SOLUCIÓN BIOC.+SOSTENIBLE a.1:UM=0,22/M2K Y CON UN AUMENTO DE COSTE DEL 128%.</b></p> <p>Se deduce que <b>la mejora pared vegetal supone una inversión adicional mayor importante</b>, el ahorro económico debido a la disminución en el consumo de energía se observa después de un plazo largo, mayor aún al considerar los gastos de mantenimiento que suponen este tipo de soluciones, una valoración aproximada del mantenimiento se estima en un coste anual medio de 6€/m<sup>2</sup> y año.</p>

# A. Soluciones muro: cerramiento opaco

## COMPARATIVA a.3

SOLUCIÓN CONVENCIONAL a.3

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

Solución CONVENCIONAL a.3\_  
**SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución F 7.4)**  
 Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior:  
**CERRAMIENTO RED15+C30+LC115+AT60+YI1 (F 7.4) formado:**

- Revestimiento exterior discontinuo formado por fachada ventilada cerámica gran formato 3cm (RE).
- Cámara de aire ventilada (C).
- Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7cm, de 1/2 pie de espesor (LC).
- Aislamiento térmico constituido por un panel semirrígidos de lana de roca de 60mm de espesor (AT).

Con una conductividad térmica  $\lambda=0,037\text{W/mk}$  y resistencia  $R=1,62\text{ m}^2\text{K/W}$ .

- Trasdosado autoportante placa de yeso laminado de 15 mm de espesor (YI).

Transmitancia Térmica de la Solución F 7.4:  $UM=1/(0,50+1,62)=0,47/\text{m}^2\text{K}$ .

F 7.4 <sup>(7)</sup>		R2 o B3	5	$1/(0,50+R_{At})$	52 [53]	47 [48]	179 [191]
----------------------	--	---------	---	-------------------	------------	------------	--------------

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.3

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.3\_  
**SOLUCIÓN sin REFERENCIA en el CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE.**  
**SE HA INCLUIDO AISLAMIENTO Y MORTERO HIDRÓFUGO EN CARA EXTERIOR A LA SOLUCIÓN F7.4**  
 Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior:  
**CERRAMIENTO RED15+C30+LC115+ AT80+AT60+YI15 formado:**

- Revestimiento exterior discontinuo formado por fachada ventilada cerámica gran formato 3cm (RE).
- Cámara de aire ventilada (C).
- Aislamiento térmico constituido por paneles semirrígidos de lana de roca de 80mm de espesor (AT).

Con una conductividad térmica  $\lambda=0,037\text{W/mk}$  y resistencia  $R=1,62\text{ m}^2\text{K/W}$ .

- Enfoscado hidrófugo 15cm.
- Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7cm, de 1/2 pie de espesor (LC).
- Aislamiento térmico constituido por un paneles semirrígidos de lana de roca de 60mm de espesor (AT).

Con una conductividad térmica  $\lambda=0,037\text{W/mk}$  y resistencia  $R=2,16\text{ m}^2\text{K/W}$ .

- Trasdosado autoportante placa de yeso laminado de 15 mm de espesor (YI).

Transmitancia Térmica de la Solución SOSTENIBLE:  $UM=1/(0,50+2,16+0,015+1,62)=0,18\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .

F 7.4 <sup>(7)</sup>		R2 o B3	5	$1/(0,50+R_{At})$	52 [53]	47 [48]	179 [191]
----------------------	--	---------	---	-------------------	------------	------------	--------------

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

Se ha incorporado a la solución F7.4 un aislamiento en la cara interior del muro y enfoscado hidrófugo.

TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UM (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55	0,25
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL a.3					<b>0,47</b>	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.3					<b>0,23</b>	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE			
<b>Solución CONVENCIONAL a.3</b>			
FACHADA VENTILADA CERÁMICA GRAN FORMATO	139,25€/m <sup>2</sup>		186,58€/M <sup>2</sup>
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>		
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 1X60MM INTERIOR	5,67€/m <sup>2</sup>		
TRASDOSADOS AUTOPORTANTE	17,52€/m <sup>2</sup>		
<b>Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE a.3</b>			
FACHADA VENTILADA CERÁMICA GRAN FORMATO	139,25€/m <sup>2</sup>		206,68€/M <sup>2</sup>
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 80MM EXTERIOR	7,50€/m <sup>2</sup>		
ENFOSCADO HIDRÓFUGO	12,60€/m <sup>2</sup>		
FÁBRICA DE LADRILLO PERFORADO TOSCO 1/2PIE	24,14€/m <sup>2</sup>		
AISLAMIENTO TÉRMICO MW 1X60MM INTERIOR	5,67€/m <sup>2</sup>		
TRASDOSADOS AUTOPORTANTE	17,52€/m <sup>2</sup>		
<b>Aumento de Coste (10,80%)</b>			<b>20,10€/M<sup>2</sup></b>

**MEMORIA JUSTIFICATIVA/MEJORAS**

**La diferencias entre ambas soluciones son:**

- Colocación de aislamiento por el exterior de 80mm.
- Mortero hidrófugo

**Las ventajas son las siguientes mejoras:**

- Aislamiento térmico, mejora de la transmisión térmica UM.

Se muestra la comparativa de las diferentes soluciones (F 8.1 y F 7.4) para observar la diferencia en la transmitancia de colocar el aislamiento en la cara exterior o interior. Con el mismo aislamiento se consigue mejorar la resistencia colocándolo por la cara de fuera.

Código	Sección	Datos entrada		HE <sup>(1)</sup> U (W/m <sup>2</sup> K)	R <sub>A</sub> (dBA)	HR <sup>(2)</sup> R <sub>At</sub> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )
		RE	GI				
F 8.1		R2	4	$1/(0,47+R_{At})$	42 [43]	39 [40]	156 [168]
		R3 o B3	5				
F 7.4 <sup>(7)</sup>		R2 o B3	5	$1/(0,50+R_{At})$	52 [53]	47 [48]	179 [191]

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

**CONCLUSIONES**

Con tan solo la incorporación de aislamiento por la cara exterior junto a una capa mortero hidrófugo se mejora el aislamiento térmico y acústico así como el comportamiento higratérmico del muro. La solución convencional cumple en cuanto a transmitancia térmica para la zona más desfavorable (E) y la sostenible a los objetivos fijados.

# B

## Soluciones Muro: Ventanas - huecos (Carpinterías: vidrios + marcos)

Las ventana o hueco es elemento técnico del sistema de cerramiento exterior, que permite la transmisión directa de energía radiante solar y la visibilidad de una cara a la otra en caso de ser transparente y no visibilidad en caso de ser traslúcido.

Desde un punto de vista energético, las ventanas con la carpintería acristalamiento que cerrará los huecos de la envolvente **son el punto débil** de toda construcción así como el principal puente térmico sobre el que actuar en beneficio de practicar un mejor aislamiento sobre la piel del edificio.

Entre el 25% y el 30% de nuestras necesidades de climatización son debidas a las pérdidas de calor que se originan en las ventanas.

Hay que tener en cuenta a la hora de la elección **los cuatro conceptos fundamentales:**

### Transmitancia térmica:

$U(W/m^2K)$ . Capacidad de aislamiento cuando existe una diferencia de temperaturas a ambos lados del acristalamiento.

Esta magnitud sigue siendo muy importante porque indica la cantidad de calor que se puede transmitir a través de un sistema de vidrio, por lo que está relacionado directamente con la eficiencia energética: menor  $U$  térmica significa mayor aislamiento y por lo tanto mayor eficiencia.

Como en el cerramiento opaco también hay que tener en cuenta que el CTE establece los valores de Transmitancia Térmica máximos ( $U_H$ ) y permeabilidad que no podrán superar los huecos de la envolvente en ningún caso según las cinco zonas en las que se dividido España.

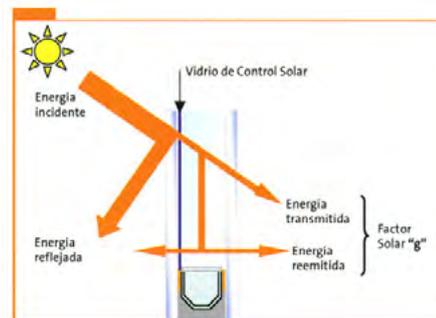
**Figura 141:**  
CTE DB-HE. Transmitancia térmica y permeabilidad máxima de huecos.

ZONA	A	B	C	D	E
UH (W/m <sup>2</sup> K)	5,70	4,20	3,10	2,70	<b>2,50</b>
M3/h*m <sup>2</sup>	<50	<50	<27	<27	<27

OBJETIVOS CONSIDERADOS para SOLUCIÓN SOSTENIBLE	
UH (W/m <sup>2</sup> K)	<b>1,2</b>

### Factor solar: g.

Protección frente al efecto invernadero producido por la radiación solar directa. Son indispensables los cumplimientos del CTE, a veces incluso con coeficientes más exigente que para la propia transmitancia.



**Figura 142:**  
Fuente: Hablemos de aluminio.com

### Transmisión luminosa: TL.

Cantidad de luz que deja pasar el acristalamiento respecto a la luz existente en el exterior.

### Aspecto:

Color o tonalidad del vidrio tanto por el exterior (reflexión) como desde el interior (transmisión) y sensación de transparencia (no espejo).

Por su interés se presentan las siguientes tablas como referencia:

### MARCOS

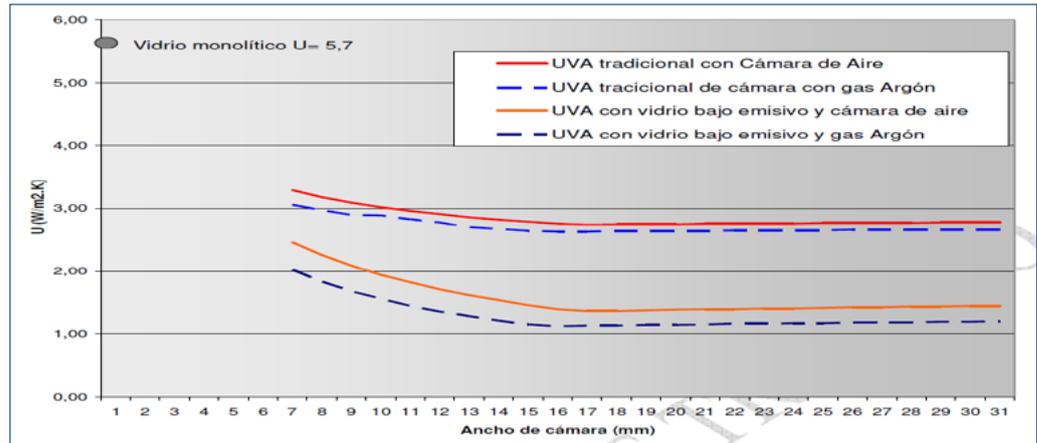
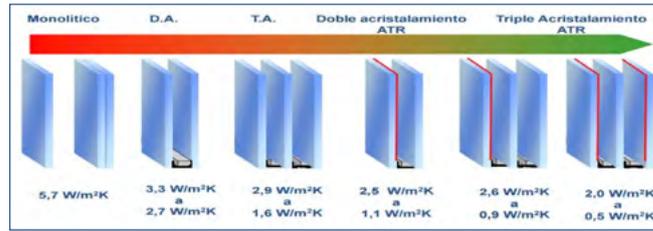
**Figura 143:**  
Fuente: ClimaCons. Valoración de forma global de calidad de materiales para perfiles.

VALORACIÓN DE MATERIALES (MARCO)	****muy bien    ***bien    **regular    *mal				
	PVC	madera	aluminio	aluminio RPT	madera + alu
estabilidad	****	****	****	****	****
longevidad	****	****	****	****	****
aislamiento térmico	****	****	*	****	****
aislamiento acústico	***	****	*	****	****
seguridad	***	****	****	****	****
resistencia superficie	***	**	****	****	****
reparaciones	**	****	****	****	****
mantenimiento	***	**	****	****	****
precio por m <sup>2</sup>	****	****	****	**	**
personalizable forma	**	****	****	****	****
personalizable color	***	****	****	****	****

VIDRIOS

**Figura 144:**

Fuente: Via Saint Gobain-  
SGG CLIMALIT. Intervalo  
transmitancias.



## 🔑 Soluciones

Las comparativas consideradas para el estudio de VENTANAS son:

Comparativa b.1	
Solución CONVENCIONAL b.1	Marco Metálico RPT+Doble Acristalamiento 4/6/4mm.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.1	Marco PVC(tres huecos)+Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6mm Argón.
Comparativa b.2	
Solución CONVENCIONAL b.2	Muro Cortina Estructural+Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4/12/4mm.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.2	Muro Cortina Estructural+triple acristalamiento bajo emisivo y control solar 4+4/16/4/16/6mm, cámara gas argón.

En las soluciones no se considerará en ningún caso: Marco metálico sin Rotura de Puen-  
te térmico ni Vidrio Sencillo o monolítico, ni capialzado, y una proporción de vidrio 70%  
y marco 30%.

Los precios se han obtenido de la Base de Precios Centro Guadalajara o similar y Tarifa  
de precios.

Recordemos:

CTE_ zona más favorable A:	<b>5,7W/m2K</b>	<span style="color: red;">■</span>
CTE_ zona más desfavorable E:	<b>2,5W/m2K</b>	<span style="color: green;">■</span>
Objetivo sostenible:	<b>1,2W/m2K</b>	<span style="color: darkgreen;">■</span>

**Figura 145:**

Cuadro de transmitancia  
térmica del marco-hueco UH y  
factor solar g.  
Elaboración propia

La siguiente tabla muestra resumidamente los valores de transmitancia térmica de dife-  
rentes soluciones **marco-hueco**:

TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL MARCO-HUECO UH (W/m2K)									
TRANSMITANCIA TÉRMICA UH,y Y FACTOR SOLAR g DE VIDRIOS DE VENTANAS			Transmitancia térmica de perfiles para marcos de ventanas uh,m- MARCO (30%)						
VIDRIO (70%)			Metálic	Metálico RPT(<12)	Metálico RPT(>12)	Madera Dura 60mm	Madera Blanda 60mm	PVC Dos huecos	PVC Tres huecos
	g	UH,y	UH,m=5,7 Muy Bajo	UH,m=4Bajo	UH,m=3,-2Medio	UH,m=2,2 Alto	UH,m=2 Alto	UH,m=2,2 Alto	UH,m=1,8 Muy Alto
Monolítico 4mm	0,88	5,7	5,7	5,2	5,0	4,7	4,6	4,7	4,5
4/6/4	0,75	3,3	4,0	3,5	3,3	3,0	2,9	3,0	2,8
4/12/4		2,9	3,7	3,2	3,0	2,7	2,6	2,7	2,5
4/6/4 bajo emisivo	0,71	2,5	3,5	3,0	2,7	2,5	2,4	2,5	2,3
4/12/4 bajo emisivo		1,7	2,9	2,4	2,2	1,9	1,8	1,9	1,7
Triple(*) bajo emisivo y control solar	0,36	0,5			1,3	1,0	0,9	1,0	0,9

Marco metálico ( $U_{H,m}=5,7\text{W/m}^2\text{K}$ ) y vidrio monolítico ( $U_{H,v}=5,7\text{W/m}^2\text{K}$ ):

$$U_{H,m}=5,7\text{W/m}^2\text{K}.$$

Marco PVC ( $U_{H,m}=1,8\text{W/m}^2\text{K}$ ) y vidrio T.Bajo Emisivo gas argón ( $U_{H,v}=0,5\text{W/m}^2\text{K}$ ):

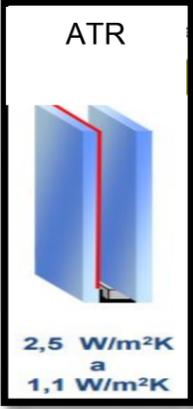
$$U_{H,m}=0,9\text{W/m}^2\text{K}.$$

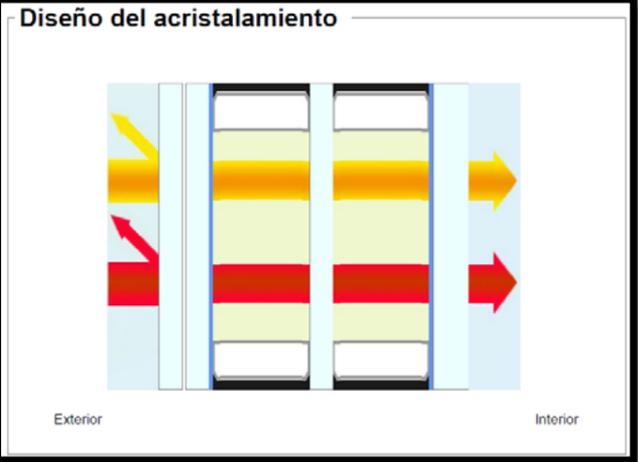
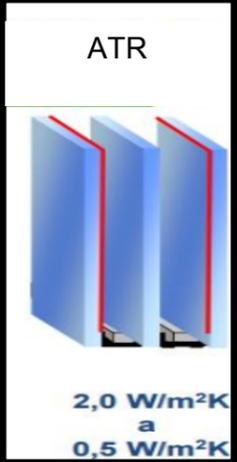
Hoy por hoy y dados los valores de transmitancia térmica de los marcos y su capacidad para alojar espesores elevados de cámara, las carpinterías de PVC de tres cámaras dotadas de UVAs que incluyan vidrios de baja emisividad constituyen los cerramientos con mejor comportamiento térmico, sin descartar series de perfiles de otros materiales que presenten igual U.

No hay que olvidar que la solución de hueco más adecuada habría que estudiar para cada caso el factor de sombra modificado, debido a la orientación, retranqueo y color del marco entre otros aspectos.

## B. Soluciones muro: ventanas-huecos (carpinterías:vidrios+marco)

### COMPARATIVA b.1

MEMORIA DESCRIPTIVA	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL b.1	<p>Solución CONVENCIONAL b.1_</p> <p>MARCO METÁLICO RPT (&lt;12) y DOBLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO 4/12/4mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marco aluminio lacado con rotura de puente térmico, en ventanas practicables de 1 hoja.</li> <li>Con una transmitancia térmica <math>U_{H,m}=4W/m^2K</math>.</li> <li>(ATR) Doble acristalamiento Bajo Emisivo formado por un vidrio incoloro de 4mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 6mm de espesor con perfil separador de aluminio y vidrio de 4mm.</li> <li>Con una transmitancia térmica <math>U_{H,v}=1,7/m^2K</math>.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: <math>U_H=((1-0,3)*U_{H,m})+(0,3*U_{H,v})= 2,4W/m^2K</math>.</p> <p>Para conseguir la transmitancia <math>U_H&lt;2,5</math> colocar siempre al menos vidrio 4/12/4 bajo misivo.</p>
	 <p>ATR</p> <p>2,5 W/m<sup>2</sup>K a 1,1 W/m<sup>2</sup>K</p>

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.1	<p>Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.1_</p> <p>MARCO PVC(tres huecos) Y TRIPLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO y CONTROL 4+4/16/4/16/6 MM, CÁMARA GAS ARGÓN.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marco de PVC (tres huecos), en ventanas practicables de 1 hoja.</li> <li>Con una transmitancia térmica <math>U_{H,m}=1,8W/m^2K</math>.</li> <li>(ATR) Triple acristalamiento formado por dos vidrio incoloro de 4+4mm de espesor Bajo emisivo, cámara gas argón 16mm, vidrio extraclaro 4mm, cámara gas argón 16mm y vidrio con control solar de 6mm.</li> <li>Con una transmitancia térmica <math>U_{H,v}=0,5W/m^2K</math>.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: <math>U_H=((1-0,3)*U_{H,m})+(0,3*U_{H,v})= 0,89W/m^2K</math>.</p>
	 <p>Diseño del acristalamiento</p> <p>Exterior Interior</p>  <p>ATR</p> <p>2,0 W/m<sup>2</sup>K a 0,5 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Fuente: Via Saint Gobain-SGG CLIMALIT. Intervalo transmitancias.</p>

TRANSMITANCIA TÉRMICA UH (W/m <sup>2</sup> K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UH (W/m <sup>2</sup> K)	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50	2,1 - 1,2
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL b.1					2,4	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución +SOSTENIBLE b.1					0,89	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE			
Solución CONVENCIONAL b.1			
	Marco Metálico RPT (<12)	195,00€/m <sup>2</sup>	264,02€/M <sup>2</sup>
	Doble Acristalamiento 4/6/4mm. (Coste vidrio 4/12/4 Bajo Emisivo 69,02€/m <sup>2</sup> )	69,02€/m <sup>2</sup>	
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.1			
	Marco PVC (tres huecos)	255,90€/m <sup>2</sup>	366,15€/M <sup>2</sup>
	Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6 MM Argón	110,25€/m <sup>2</sup>	
Aumento de Coste (40%)			102,13€/M <sup>2</sup>

MEMORIA JUSTIFICATIVA											
<p>La diferencias entre ambas soluciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de marco se modifica: marco metálico RPT por marco de PVC.</li> <li>El tipo de vidrio se modifica: Vidrio doble por vidrio triple reforzado a mayores con control solar y con cámara gas argón.</li> </ul> <p>Las ventajas son las siguientes mejoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora del aislamiento térmico y acústico.</li> </ul> <p>La propuesta considerada en la solución convencional es un marco metálico RPT y un doble acristalamiento formado por dos vidrios incoloros separados por una cámara de aire. La capacidad de aislamiento del vidrio varía entre 2,5 y 1,1W/m<sup>2</sup>K para cámaras de 6, 12 y 16mm respectivamente.</p> <p>La primera medida más lógica y fácil de mejora que puede introducirse sobre un huecos es sustituir un doble acristalamiento tradicional por otro de espesor similar pero dotado de vidrio neutro de baja emisividad. La reducción en la transmitancia del vidrio oscilará y el limite se alcanzara para cámaras rellenas de argón en torno a los 16mm con una U=1,1W/m<sup>2</sup>K en ADT (solución b.1 convencional) y 0,5 en ATR (solución b.1 convencional +sostenible)</p> <p>La incorporación del vidrio bajo emisivo aporta complementariamente una reducción del factor solar del acristalamiento que puede variar sensiblemente y alcanzar valores próximos al 0,4 con los consiguientes ahorros en régimen de verano.</p> <p>El vidrio propuesto para esta solución es altamente sostenible y cuentas con las siguientes características:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pérdida de transmisión de sonido: Valor Acústica simulado</td> <td>Rw(C;Ctr) = 42(-3;-8) dB</td> </tr> <tr> <td>Espesor nominal</td> <td>50,8 mm</td> </tr> <tr> <td>Factor solar</td> <td>g : 0,33</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de sombra</td> <td>g : 0,38</td> </tr> <tr> <td>Transmisión térmica</td> <td>UHv : 0,5 W/(m<sup>2</sup>.K)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Via Saint Gobain-SGG CLIMALIT.</p> <p>En cuanto al marco de PVC con tres huecos es el tipo de perfil que cuenta con una transmitancia térmica menor.</p>		Pérdida de transmisión de sonido: Valor Acústica simulado	Rw(C;Ctr) = 42(-3;-8) dB	Espesor nominal	50,8 mm	Factor solar	g : 0,33	Coefficiente de sombra	g : 0,38	Transmisión térmica	UHv : 0,5 W/(m <sup>2</sup> .K)
Pérdida de transmisión de sonido: Valor Acústica simulado	Rw(C;Ctr) = 42(-3;-8) dB										
Espesor nominal	50,8 mm										
Factor solar	g : 0,33										
Coefficiente de sombra	g : 0,38										
Transmisión térmica	UHv : 0,5 W/(m <sup>2</sup> .K)										

CONCLUSIONES	
<p>La solución convencional cumple con los requerimientos de aislamiento térmico del CTE para zona climática más desfavorable E y la solución +sostenible cumple hasta con los objetivos sostenibles en cuanto a transmitancias. Para que la solución convencional pueda alcanzar un UH de 2,5W/m<sup>2</sup>K al menos se debe colocar un vidrio 4/12/4 bajo emisivo, consiguiendo así un UH=2,4W/m<sup>2</sup>K, cualquier vidrio de inferior calidad no llegaría a dicho valor y como se observa en la tabla C.12.4.8 y para los objetivos más sostenibles es casi indispensable contar con ATR (VIDRIO TRIPLE REFORZADO).</p> <p>Muy importante señalar que para la solución de hueco más adecuada habría que estudiar para cada caso el factor de sombra modificado y la influencia de las orientaciones, para así decidir el vidrio más óptimo.</p>	

## B. Soluciones muro: ventanas-huecos (carpinterías:vidrios+marco)

### COMPARATIVA b.2

MEMORIA DESCRIPTIVA	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL b.2	<p>Solución CONVENCIONAL b.2_</p> <p>MURO CORTINA ESTRUCTURAL ACRIALAMIENTO BAJO EMISIVO 4/12/4mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños.</li> <li>(ATR) Doble acristalamiento formado por un vidrio Bajo Emisivo y Control Solar incoloro de 6mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 12mm de espesor con perfil separador de aluminio y vidrio de 6mm.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Transmitancia Térmica Solución: UH= 2,16W/m2K (Valor aproximado).</p>

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.2	<p>Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.2_</p> <p>MURO CORTINA ESTRUCTURAL Y TRIPLE ACRIALAMIENTO BAJO EMISIVO y CONTROL SOLAR 4+4/16/4/16/6 MM, CÁMARA GAS ARGÓN.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños. ALTA CALIDAD</li> <li>(ATR) Triple acristalamiento formado por dos vidrio incoloro de 4+4mm de espesor Bajo emisivo, cámara gas argón 16mm, vidrio extraclaro 4mm, cámara gas argón 16mm y vidrio con control solar de 6mm.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Transmitancia Térmica Solución: UH= 0,85W/m2K (Valor aproximado).</p>
---------------------------------------	--

TRANSMITANCIA TÉRMICA UH (W/m2K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UH (W/m2K)	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50	2,1 - 1,2
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL b.2					2,16 CUMPLE	
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.2					0,85 CUMPLE	

ESTIMACIÓN de COSTE			
Solución CONVENCIONAL b.2			
	Estructura Muro Cortina Estructural	313,13€/m2	382,15€/M2
	Doble Acristalamiento Bajo Emisivo 4/6/4mm	69,02€/m2	
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE b.2			
	Estructura Muro Cortina Estructural ALTA GAMA	405,25€/m2	515,50€/M2
	Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6 MM Argón	110,25€/m2	
Aumento de Coste (34%)			133,35€/M2

MEMORIA JUSTIFICATIVA
<p><b>La diferencias entre ambas soluciones son:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de vidrio se modifica: Vidrio doble(ATR) por vidrio triple (ATR) a mayores control solar y reforzado con cámara gas argón.</li> </ul> <p><b>Las ventajas son las siguientes mejoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora del aislamiento térmico y acústico.</li> </ul>

CONCLUSIONES
<p>Ambas soluciones cumplen con la normativa y objetivos. Como ya se observaba en la tabla C.12.4.8 para llegar a los objetivos más sostenibles es casi indispensable contar con ATR (VIDRIO TRIPLE REFORZADO). Se considera un <b>AHORRO ENERGÉTICO</b> de aproximadamente un <b>49%</b>.</p>

CONCLUSIONES generales HUECOS
<p>En primer lugar hay que tener en cuenta las condiciones climáticas a las que está sometido el edificio, la geometría, cargas internas y orientaciones del mismo.</p> <p>El ahorro viene por la mejora de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transmitancia Térmica del Vidrio y marco. Mejora por reducir el coeficiente de transmisión térmica.</li> <li>Factor Solar del Vidrio. Mejora por reducir el factor solar. Importante para zonas calurosas.</li> <li>Infiltraciones del vidrio. Mejorar la clase de permeabilidad al aire C.</li> <li>Proporción Marco-Vidrio. Mejora por reducir tamaño del marco.</li> </ul> <p>Sobre la transmitancia térmica se puede apreciar fácilmente que el elemento determinante es el vidrio, ya que es el elemento que más porcentaje de la superficie ocupa en la ventana. Según un estudio de TECNALIA el ahorro obtenido comparando dos carpinterías de aluminio, ambas con Rotura de Puente Térmico (RPT), una de ellas con un valor de transmitancia térmica del marco de 2,0W/m2K y otra de 3,5 W/m2K, se obtiene como conclusión que una mejora de la transmitancia térmica de los marcos del 43% (de 3,5 a 2 W/m2K), resulta una mejora del 0,66% del ahorro energético. Por consiguiente la transmitancia térmica de los perfiles tienen un efecto muy pequeño sobre el consumo final de energía, siendo el vidrio el factor determinante en este aspecto.</p> <p>La instalación de ventanas eficientes puede reducir hasta el 70% las pérdidas energéticas a través de las mismas, (valor U) y los vidrios de aislamiento térmico reforzado pueden reducir los aportes solares en verano hasta el 50%. (factor solar).</p> <p>En general los acristalamientos deben permitir la menor transmitancia térmica y la máxima transmisión luminosa, además es importante el factor solar del hueco, para la solución de hueco más adecuada habría que estudiar para cada caso el factor de sombra modificado, debido a la orientación, retranqueos, sombreados con protecciones, sombras arrojadas y color el marco entre otros aspectos.</p> <p>Por tanto hay que proyectar para reducir los consumos y mejorar la habitabilidad con carpinterías que aporten un valor añadido sobre el aislamiento térmico proporcionando unos ahorros palpables en el clima así como aportando más luz.</p>

# C

## Soluciones muro: protección de huecos.

En verano, el Sol tiene un ángulo de incidencia sobre la Tierra más elevado que en invierno, se podría decir que está bastante más “vertical”, mientras que en invierno está más “inclinado”.

Hay momentos del día en los que la radiación solar es más fuerte, como en el amanecer y el atardecer, en los que tanto en verano como en invierno, el Sol está muy “inclinado” e incide sobre los edificios con un ángulo que alcanza los 70°, lo que supone una mayor exposición a la radiación solar, esta coincide con las fachadas este y oeste, mientras que la exposición a radiación solar con ángulos más grandes (Sol más “vertical”) coincide con las fachadas orientadas al sur.

En estas últimas, que suele ser las que más sufren los momentos más calurosos del día, los mejores sistemas de protección solar son sistemas horizontales ya que, al interponerse entre el Sol y el edificios, generarán una zona de sombreado mayor. La fachada oeste, por donde se pone el Sol, también es, junto a la orientación sur, una de las que más sufre los efectos del sobrecalentamiento por la incidencia directa de la radiación solar.

Generando zonas en sombra conseguimos que los edificios absorban una cantidad menor de radiación solar y esto permite también regular mejor la temperatura en el interior del mismo y también a una mayor sensación de confort a la hora de habitarlo, regulando la temperatura, tamizando la luz y creando, en general, un ambiente más saludable y habitable.

Los conceptos a tener en cuenta en este punto son el **Factor solar g**, **factor solar modificado F** que mide la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por el efecto de obstáculos de fachada y partes opacas del hueco y la **Transmisión luminosa TL**.

El control solar será un indicador de la eficiencia energética de los edificios, una característica fundamental de la envolvente térmica. Así se indica en el documento de bases para la actualización del DB HE esperada para el 2018.

El valor del corrector del factor solar va desde 0 a 1. Un valor de 1 indica que el dispositivo permite el paso del 100% de la radiación que incide sobre el hueco. Por ejemplo en invierno, porque el dispositivo está totalmente abierto. Por contra un valor 0 indica que se bloquea el 100% de la radiación que incide sobre el hueco (conjunto vidrio y marco). Un valor de 0,5 en verano por ejemplo implica que se bloquea el 50% de la radiación que incide en el hueco.

Se presentan en las soluciones algunos de los sistemas que permiten controlar la radiación del Sol en los casos en que la fachada esté más expuesta. No se incluye en el estudio sistemas como pérgolas, aleros, o el color de la fachada considerándose como parte del diseño eficiente del edificio.

## Soluciones

Las comparativas consideradas para el estudio de protección de huecos con sistemas pasivos son:

PROTECCIÓN de HUECOS	DESCRIPCIÓN
<b>Comparativa c.1</b>	
Solución CONVENCIONAL c.1	Marco Metálico RPT (<12)++Doble Acristalamiento 4/12/4 Bajo Emisivo y control solar.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.1	Marco Metálico RPT(>12)+Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6mm Argón+Parasol Horizontal fijo.
<b>Comparativa c.2</b>	
Solución CONVENCIONAL c.2	Muro Cortina Estructural+Acristalamiento Bajo Emisivo 4/12/4mm.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.2	Muro Cortina Estructural+triple acristalamiento bajo emisivo y control solar 4+4/16/4/16/6mm, cámara gas argón + Lamas móviles automatizadas.
<b>Comparativa c.3</b>	
Solución CONVENCIONAL c.3	Muro Cortina Estructural+Acristalamiento Bajo Emisivo 4/12/4mm.
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.3	Muro Cortina Estructural+triple acristalamiento bajo emisivo y control solar 4+4/16/4/16/6mm, cámara gas argón+ Panel textil de teflón reforzado con fibra de vidrio.

## C. Soluciones muro: protección de huecos

### COMPARATIVA c.1

MEMORIA DESCRIPTIVA	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL c.1	<p>Solución CONVENCIONAL c.1_</p> <p><b>MARCO METÁLICO RPT (&lt;12) y DOBLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO 4/12/4mm.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marco aluminio lacado con rotura de puente térmico(&lt;12) , en ventanas practicables de 1 hoja. Con una transmitancia térmica <math>UH,m=4W/m2K</math>.</li> <li>(ATR) Doble acristalamiento formado por un vidrio Bajo Emisivo y Control Solar incoloro de 4mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 12mm de espesor con perfil separador de aluminio y vidrio de 4mm. Con una transmitancia térmica <math>UH,v=1,7/m2K</math>.</li> </ul> <p>Transmitancia Solución: <math>UH=((1-0,3)*UH,m)+(0,3*UH,v)= 2,4W/m2K</math>.</p> <p>Factor Solar: <math>g =0,71</math>.</p>

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.1	<p>Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.1_</p> <p><b>MARCO METÁLICO RPT (&gt;12) Y TRIPLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO y CONTROL 4+4/16/4/16/6 MM, CÁMARA GAS ARGÓN+ PARASOL HORIZONTAL FIJO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marco aluminio lacado con rotura de puente térmico (&gt;12) , en ventanas practicables de 1 hoja. Con una transmitancia térmica <math>UH,m=3,2W/m2K</math>.</li> <li>(ATR) Triple acristalamiento formado por dos vidrio incoloro de 4+4mm de espesor Bajo emisivo, cámara gas argón 16mm, vidrio extraclaro 4mm, cámara gas argón 16mm y vidrio con control solar de 6mm. Con una transmitancia térmica <math>UH, v=0,5W/m2K</math>.</li> <li>Parasol Horizontal fijo 300x34mm.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: <math>UH=((1-0,3)*UH,m)+(0,3*UH,v)= 1,3W/m2K</math>.</p> <p>Factor Solar sin parasol: <math>g =0,36</math>.</p> <p>FM=30%.</p> <p>Transmitancia luminosa: TL =69%.</p> <p>Absortividad Marco: <math>\alpha= 0,4</math> (gris claro).</p> <p>Factor de Sombra: Fs. Se estima 0,5.</p> <p>Factor Solar modificado con parasol: <math>F =Fs[ (1-FM) g + FM*0,04*UH* \alpha]=0,25</math>.</p> <p>La incorporación del parasol no varía el valor de la transmitancia Térmica.</p>
---------------------------------------	--

TRANSMITANCIA TÉRMICA UH (W/m2K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UH (W/m2K)	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50	2,1 - 1,2
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL c.1					<b>2,4</b>	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución +SOSTENIBLE c.1					<b>1,3</b>	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE			
Solución CONVENCIONAL c.1			
	Marco Metálico RPT (<12)	195,00€/m2	<b>264,02€/M2</b>
	Doble Acristalamiento 4/12/4 Bajo Emisivo	69,02€/m2	
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.1			
	Marco Metálico RPT (>12)	245,15€/m2	<b>433,40€/M2</b>
	Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6 MM Argón	110,25€/m2	
	Parasol Horizontal Fijo 300x34mm	78,00€/m2	
<b>Aumento de Coste (64%)</b>			<b>169,38€/M2</b>

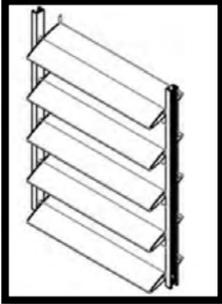
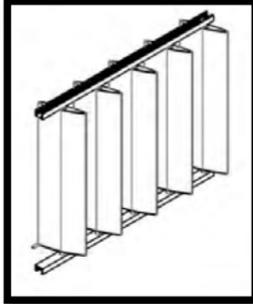
MEMORIA JUSTIFICATIVA
<p><b>La diferencias entre ambas soluciones son:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de marco se modifica de &lt;12 a &gt;12</li> <li>El tipo de vidrio se modifica: Vidrio doble(ATR) por vidrio triple (ATR) a mayores control solar y reforzado con cámara gas argón.</li> </ul> <p><b>Las ventajas son las siguientes mejoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del factor solar.</li> </ul>

CONCLUSIONES
<p>Esta solución es idónea para orientaciones SE y SO. El parasol horizontal fijo permitirá sombrear el hueco cuando el sol vaya alto en su trayectoria (en torno al mediodía solar de la época estival) y reflejará luz natural que entrará por la parte superior del hueco, reduciendo las necesidades de iluminación artificial interior.</p>

## C. Soluciones muro: protección de huecos

### COMPARATIVA c.2

MEMORIA DESCRIPTIVA	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL c.2	Solución CONVENCIONAL c.2= CONVENCIONAL b.2  <b>MURO CORTINA ESTRUCTURAL ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO 4/12/4mm.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños.</li> <li>(ATR) Doble acristalamiento formado por un vidrio Bajo Emisivo y Control Solar incoloro de 6mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 12mm de espesor con perfil separador de aluminio y vidrio de 6mm.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: UH= 2,16W/m2K (Valor aproximado). Factor Solar: g =0,71.</p>

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.2	Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.2= SOSTENIBLE b.2 +LAMAS MÓVILES AUT.  <b>MURO CORTINA ESTRUCTURAL Y TRIPLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO y CONTROL SOLAR 4+4/16/4/16/6 MM, CÁMARA GAS ARGÓN + LAMAS MÓVILES AUTOMATIZADAS.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños. ALTA CALIDAD</li> <li>(ATR) Triple acristalamiento formado por dos vidrio incoloro de 4+4mm de espesor Bajo emisivo, cámara gas argón 16mm, vidrio extraclaro 4mm, cámara gas argón 16mm y vidrio con control solar de 6mm.</li> <li>Lamas Horizontales o verticales según orientación, móviles automatizadas.</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Transmitancia Térmica Solución: UH= 0,85W/m2K (Valor aproximado). Factor Solar sin lamas: g =0,36. FM=30%. Transmitancia luminosa: TL =69%. Absortividad Marco: α= 0,4 (gris claro). Factor de Sombra: Fs. Se estima por estar fuera de tabla 0,9. Factor Solar modificado con lamas: <math>F = Fs * [(1-FM) g + FM * 0,04 * UH * \alpha] = 0,16</math>. La incorporación de las lamas no varía el valor de la transmitancia Térmica.</p>
---------------------------------------	--

TRANSMITANCIA TÉRMICA UH (W/m2K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UH (W/m2K)	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50	2,1 - 1,2
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL c.2					2,4 CUMPLE	
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución +SOSTENIBLE c.2					1,3 CUMPLE	

ESTIMACIÓN de COSTE			
Solución CONVENCIONAL c.2			
Estructura Muro Cortina Estructural	313,13€/m2		<b>382,15€/M2</b>
Doble Acristalamiento Bajo Emisivo 4/6/4mm	69,02€/m2		
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.2			
Estructura Muro Cortina Estructural ALTA GAMA	405,25€/m2		<b>891,00€/M2</b>
Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6 MM Argón	110,25€/m2		
Lamas horizontales o verticales, móviles y automatizadas	375,50€/m2		
<b>Aumento de Coste (233%)</b>			<b>508,88 €/M2</b>

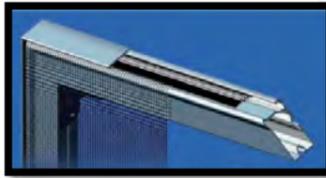
MEMORIA JUSTIFICATIVA
<p><b>La diferencias entre ambas soluciones son:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de vidrio se modifica: Vidrio doble(ATR) por vidrio triple (ATR) a mayores control solar y reforzado con cámara gas argón.</li> </ul> <p><b>Las ventajas son las siguientes mejoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del factor solar con el consiguiente ahorro energético.</li> </ul> <p>Esta solución consiste en añadir una celosía de lamas a la propuesta b.2. Las lamas evitan la radiación directa de la fachada más expuestas durante la mayor parte del año. Se consigue una mejora del factor solar importante.</p>

CONCLUSIONES
<p>El diseño óptimo de las protecciones solares permite la captación de la radiación cuando es beneficiosa, evitándola cuando no lo es. El diseño de las fachadas debe permitir su adaptabilidad a las diferentes condiciones climatológicas, modificando su comportamiento energético en función de las necesidades en cada momento. En climas cálidos y templados es necesario utilizar mecanismos de control de la radiación en la superficie acristalada del edificio. La orientación oeste presenta los mayores problemas de control de sobrecalentamiento en edificios de latitudes en torno a los 40º así los edificios sin protección solar, obtiene altas cargas de climatización (frio y calor) anual. Siendo más del doble la carga de refrigeración. Por tanto, se hace necesario el diseño de protecciones solares.</p> <p>En cuanto a la protección de lamas existe las siguientes variables:</p> <p>Lamas horizontales o verticales: La recomendación es Horizontales a Sur, donde la radiación solar es más vertical y verticales a Este y Oeste donde es más difícil controlar la radiación con ángulos más bajos.</p> <p>Lamas fijas o móviles: Pueden ser elementos fijos que controlan la radiación solar de la misma manera en invierno que en verano o bien móviles, es decir orientables.</p> <p>Lamas móviles de control manual por el propio usuario o automatizadas: En este último caso se introducirá el correspondiente corrector del factor solar.</p> <p>Es importante la inclinación de las lamas así como la transmisividad, reflectividad y reflecividad de las mismas.</p>

## C. Soluciones muro: protección de huecos

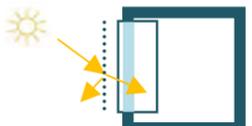
COMPARATIVA c.3

MEMORIA DESCRIPTIVA	
SOLUCIÓN CONVENCIONAL c.3	Solución CONVENCIONAL c.3= CONVENCIONAL b.2  <b>MURO CORTINA ESTRUCTURAL ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO 4/12/4mm.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños.</li> <li>(ATR) Doble acristalamiento formado por un vidrio Bajo Emisivo y Control Solar incoloro de 6mm de espesor, cámara de aire deshidratado de 12mm de espesor con perfil separador de aluminio y vidrio de 6mm.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: UH= 2,16W/m2K (Valor aproximado). Factor Solar: g =0,71.</p>

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.2	Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.3+=SOSTENIBLE b.2 + PANEL TEXTIL.  <b>MURO CORTINA ESTRUCTURAL Y TRIPLE ACRISTALAMIENTO BAJO EMISIVO y CONTROL SOLAR 4+4/16/4/16/6 MM, CÁMARA GAS ARGÓN + PANEL TEXTIL.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muro cortina plano autoportante con rotura del puente térmico, realizados con perfiles de aluminio, montantes y travesaños. ALTA CALIDAD</li> <li>(ATR) Triple acristalamiento formado por dos vidrio incoloro de 4+4mm de espesor Bajo emisivo, cámara gas argón 16mm, vidrio extraclaro 4mm, cámara gas argón 16mm y vidrio con control solar de 6mm.</li> <li>Panel textil de teflón reforzado con fibra de vidrio.</li> </ul> <p>Transmitancia Térmica Solución: UH= 0,85W/m2K (Valor aproximado). Factor Solar sin lamas: g =0,36. FM=30%. Transmitancia luminosa: TL =69%. Absortividad Marco: α= 0,4 (gris claro). Factor de Sombra: Fs. Se estima por estar fuera de tabla 0,9. Factor Solar modificado con lamas: <math>F = Fs * [(1-FM) g + FM * 0,04 * UH * \alpha] = 0,11</math> La incorporación de las lamas no varía el valor de la transmitancia Térmica.</p>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROPIEDADES CONTROL SOLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espesor (m)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Conductividad (W/mK)</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia solar</td> <td>0,11</td> </tr> <tr> <td>Reflectancia solar</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia visible</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>Reflectancia visible</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td><math>\tau_{v,tot}</math></td> <td>0,06</td> </tr> </tbody> </table>  	PROPIEDADES CONTROL SOLAR		Espesor (m)	0,001	Conductividad (W/mK)	0,9	Transmitancia solar	0,11	Reflectancia solar	0,2	Transmitancia visible	0,07	Reflectancia visible	0,2	$\tau_{v,tot}$
PROPIEDADES CONTROL SOLAR																
Espesor (m)	0,001															
Conductividad (W/mK)	0,9															
Transmitancia solar	0,11															
Reflectancia solar	0,2															
Transmitancia visible	0,07															
Reflectancia visible	0,2															
$\tau_{v,tot}$	0,06															

TRANSMITANCIA TÉRMICA UH (W/m2K)						
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	E	
UH (W/m2K)	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50	2,1 - 1,2
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL c.3					<b>2,4</b>	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución +SOSTENIBLE c.3					<b>1,3</b>	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE			
Solución CONVENCIONAL c.3			
Estructura Muro Cortina Estructural	313,13€/m2	<b>382,15€/M2</b>	
Doble Acristalamiento Bajo Emisivo 4/6/4mm	69,02€/m2		
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE c.3			
Estructura Muro Cortina Estructural ALTA GAMA	405,25€/m2	<b>675,30€/M2</b>	
Triple Acristalamiento Bajo Emisivo y Control Solar 4+4/16/4/16/6 MM Argón	110,25€/m2		
Panel textil de teflón reforzado con fibra de vidrio.	141,80€/m2		
<b>Aumento de Coste (76%)</b>			<b>293,15 €/M2</b>

MEMORIA JUSTIFICATIVA
<p><b>La diferencias entre ambas soluciones son:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de vidrio se modifica: Vidrio doble(ATR) por vidrio triple (ATR) a mayores control solar y reforzado con cámara gas argón.</li> </ul> <p><b>Las ventajas son las siguientes mejoras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución del factor solar con el consiguiente ahorro energético.</li> </ul> <p>Esta solución consiste en añadir un panel textil a la propuesta b.2.</p> 

CONCLUSIONES
<p>La fachada textil reduce entre un 15% y un 18% la pérdida de calor. En verano evita el sobrecalentamiento, bloquea la energía solar al menos en un 75%. Como ejemplo se cita la Rehabilitación de Oficinas Silver Spur en California, edificio con dos instalaciones de climatización funcionando de modo continuo durante todo el año. Tras la instalación de la fachada textil, los gastos energéticos se redujeron en un 64%.</p> <p><b>Las diferencias y ventajas de la solución c.3 frente a la c.2</b> es decir de colocar panel textil a lamas es mínima:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La carga solar máxima de verano y de invierno, la carga de refrigeración y climatización (W) se obtiene que la demanda de energía total (calefacción y refrigeración) en kW/m2K y la necesidad de iluminación media Em (lx) es un poco más elevada en el caso de celosía.</li> <li>Aligeramiento de cargas: estructura ligera de aluminio + membrana técnica.</li> <li>Reduce la carga de viento sobre la estructura.</li> <li>Montaje rápido y sencillo. Mantenimiento sencillo. Estabilidad en el tiempo.</li> <li>Menor Coste.</li> </ul> <p><b>Se deduce de todo esto que la solución textil es algo más óptima que la de lamas</b></p>

# D

## Soluciones de cubierta

Las Cubiertas son estructuras de cierre que sirven como Cerramientos Exteriores, cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislamiento acústico y térmico, al igual que todos los cerramientos verticales.

La cubierta no se diferencia del resto de la envolvente, esto significa que la cubierta caracteriza el tratamiento exterior del edificio, o queda incluida en el tratamiento general del cerramiento.

Como en el resto de casos se tendrá en cuenta la solución en función de entre otros datos la mejora de la Transmitancia Térmica  $U_c$ .

**Figura 146:**  
Fuente: CTE DB-HE.  
Transmitancia térmica  
máxima en cubiertas.

ZONA	A	B	C	D	E
$U_c$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,80	0,65	0,50	0,40	<b>0,35</b>
OBJETIVOS CONSIDERADOS para SOLUCIÓN SOSTENIBLE					
$U_c$ (W/m <sup>2</sup> K)	<b>0,19</b>				

Es de interés en estos casos lo que supone el diseño de la estructura para el tipo de soporte resistente (SR) elegido (forjado de cubierta) para una solución más o menos eficiente. Puede llegar a variar la resistencia térmica hasta 0,74(m<sup>2</sup>K)/W entre una solución con forjado unidireccional con elemento de entrevigado bovedilla de EPS (solución más eficiente) hasta un forjado reticular sin elementos de entrevigado o losa, aunque en el forjado con bovedillas EPS no todo son ventajas.

## Soluciones

Las comparativas consideradas para el estudio de CUBIERTA son:

CUBIERTA	DESCRIPCIÓN
<b>Comparativa d.1</b>	
Solución CONVENCIONAL d.1	Cubierta plana acabado grava y aislamiento mínimo para cumplir la normativa vigente 10cm. sobre forjado unidireccional bovedilla cerámica.
Solución BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE d.1	Cubierta plana acabado grava y aumento de aislamiento 20cm. sobre forjado unidireccional bovedilla EPS.
<b>Comparativa d.2</b>	
Solución CONVENCIONAL d.2	Cubierta plana ajardinada y aislamiento mínimo para cumplir la normativa vigente 10cm. sobre forjado unidireccional bovedilla cerámica.
Solución BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE d.2	Cubierta plana ajardinada extensiva y aumento de aislamiento 20cm. sobre forjado unidireccional bovedilla EPS.

Como en las soluciones de muro convencionales (Cerramiento opaco ) se han obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE y los precios de Bases de Precios y Tarifas vigentes.

## D. Soluciones de cubierta

### COMPARATIVA d.1

#### MEMORIA DESCRIPTIVA

##### Solución CONVENCIONAL d.1\_

##### SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución C.5)

CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE sin cámara INVERTIDA o CONVENCIONAL ACABADO GRAVA Y AISLAMIENTO MÍNIMO PARA CUMPLIR LA NORMATIVA VIGENTE, FORJADO UNIDIRECCIONAL BOVEDILLA CERÁMICA formada:

- Capa de Protección gravilla 20/40 mm (P).
- Capa separadora antipunzonante bajo protección. En el caso de cubiertas invertidas, esta capa debe ser además filtrante y capaz de impedir el paso de áridos finos (CSA).
- Capa de impermeabilización (I).
- Capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas (CS).
- Aislamiento Poliéstireno extruido XPS de 100mm de espesor. Con una conductividad térmica  $\lambda=0,036\text{W/mk}$  y resistencia  $R=2,78\text{m}^2\text{K/W}$ , RCS 300. Para cumplir  $U_c=0,35\text{ W/m}^2\text{K}$  (zona climática más desfavorable E -CTE-) el espesor del aislamiento debe ser mayor que 90mm (AT).
- Barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética (B).
- Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros (FP).
- Soporte resistente (Forjado cubierta) formado por forjado unidireccional y bovedilla cerámica (SR-BC).

La definida es una cubierta convencional la diferencia con una invertida es colocar el aislamiento por encima de la capa de impermeabilización.

Transmitancia Térmica Solución C.5:  $U_c = 1/(0,53+2,78) = 0,30\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE <sup>(1)</sup> U (W/m <sup>2</sup> K)	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Ae</sub> (dBA)
C.5.1		FU	BP $1/(1,05+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.2			BC $1/(0,53+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.3			BH $1/(0,44+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.4		FR	CP $1/(0,45+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.5			CC $1/(0,40+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.6			CH $1/(0,38+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.7		L	SC $1/(0,31+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.8			L $1/(0,33+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.9		G	$1/(0,17+R_{At})$	99	44 <sup>(5)</sup>	37 <sup>(5)</sup>

SR soporte resistente

FU forjado unidireccional

BP elementos de entrevigado (bovedilla) de EPS

BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos

BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón

FR forjado reticular

CP elementos de entrevigado (casetón) de EPS

CC elementos de entrevigado (casetón) cerámicos

CH elementos de entrevigado (casetón) de hormigón

SC sin elementos de entrevigado

L losa

G chapa grecada

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

#### MEMORIA DESCRIPTIVA

##### Solución CONVENCIONAL + SOSTENIBLE d.1\_

##### SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución C.5)

CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE sin cámara INVERTIDA o CONVENCIONAL ACABADO GRAVA Y AISLAMIENTO 200mm, FORJADO UNIDIRECCIONAL BOVEDILLA EPS, formada:

- Capa de Protección gravilla 20/40 mm (P).
- Capa separadora antipunzonante bajo protección. En el caso de cubiertas invertidas, esta capa debe ser además filtrante y capaz de impedir el paso de áridos finos (CSA).
- Membrana impermeabilizante 2mm armada con malla de poliéster y resistente a rayos UVA. Reflexiva y no deslumbrante
- Capa de impermeabilización (I).
- Capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas (CS).
- Aislamiento Poliéstireno extruido XPS de 200mm de espesor. Con una conductividad térmica  $\lambda=0,036\text{W/mk}$  y resistencia  $R=2,78+2,78\text{m}^2\text{K/W}$ , RCS 300 (AT).
- Barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética (B).
- Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros (FP).
- Soporte resistente (Forjado cubierta) formado por forjado unidireccional y bovedilla de EPS (SR-BP).

La definida es una cubierta convencional la diferencia con una invertida es colocar el aislamiento por encima de la capa de impermeabilización.

Transmitancia Térmica Solución C.5:  $U_c = 1/(1,05+2,78+2,78) = 0,15\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE <sup>(1)</sup> U (W/m <sup>2</sup> K)	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Ae</sub> (dBA)
C.5.1		FU	BP $1/(1,05+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.2			BC $1/(0,53+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.3			BH $1/(0,44+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.4		FR	CP $1/(0,45+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.5			CC $1/(0,40+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.6			CH $1/(0,38+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.7		L	SC $1/(0,31+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.8			L $1/(0,33+R_{At})$	(4)	(4)	(4)
C.5.9		G	$1/(0,17+R_{At})$	99	44 <sup>(5)</sup>	37 <sup>(5)</sup>

SR soporte resistente

FU forjado unidireccional

BP elementos de entrevigado (bovedilla) de EPS

BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos

BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón

FR forjado reticular

CP elementos de entrevigado (casetón) de EPS

CC elementos de entrevigado (casetón) cerámicos

CH elementos de entrevigado (casetón) de hormigón

SC sin elementos de entrevigado

L losa

G chapa grecada

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

## D. Soluciones de cubierta

### COMPARATIVA d.2

TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K)						OBJETIVOS SOSTENIBLES
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1						
ZONA	A	B	C	D	E	
Uc (W/m <sup>2</sup> K)	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35	0,19
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL d.1					<b>0,30</b>	CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE d.1					<b>0,15</b>	CUMPLE

ESTIMACIÓN de COSTE		
<b>Solución CONVENCIONAL d.1</b>		
Capa de Protección gravilla 20/40 mm	1,40€/m <sup>2</sup>	54,08+57,64 = <b>112,72€/M2</b>
Capa separadora antipunzonante bajo protección: Geotextil poliéster no tejido 200 gr/m <sup>2</sup>	0,87€/m <sup>2</sup>	
Capa de impermeabilización: Láminas betún modific. elastómero LBM-40 FP + LBM-30 FV	11,15€/m <sup>2</sup>	
Aislamiento Poliestireno extruido XPS de 100mm de espesor. RCS 300.	20,14€/m <sup>2</sup>	
Capa separadora o barrera vapor: Geotextil poliéster no tejido 150 gr/m <sup>2</sup>	1,34€/m <sup>2</sup>	
Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros	10,09€/m <sup>2</sup>	
Mano de obra cubierta	9,09€/m <sup>2</sup>	
Soporte resistente. Forjado unidireccional semiresistente vigueta armada bovedilla cerámica	57,64€/m <sup>2</sup>	
<b>Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE d.1</b>		
Capa de Protección gravilla 20/40 mm	1,40€/m <sup>2</sup>	66,27+63,80= <b>130,07€/M2</b>
Capa separadora antipunzonante bajo protección: Geotextil poliéster no tejido 200 gr/m <sup>2</sup>	0,87€/m <sup>2</sup>	
Capa de impermeabilización: Láminas betún modific. elastómero LBM-40 FP + LBM-30 FV	11,15€/m <sup>2</sup>	
Aislamiento Poliestireno extruido XPS de 200mm de espesor. RCS 300	32,33€/m <sup>2</sup>	
Capa separadora o barrera vapor: Geotextil poliéster no tejido 150 gr/m <sup>2</sup>	1,34€/m <sup>2</sup>	
Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros	10,09€/m <sup>2</sup>	
Mano de obra cubierta	9,09€/m <sup>2</sup>	
Soporte resistente. Forjado unidireccional semiresistente vigueta armada bovedilla EPS	63,80€/m <sup>2</sup>	
<b>Aumento de Coste (11%)</b>		<b>12,19 €/M2</b>

### CONCLUSIONES

El AISLAMIENTO mínimo para una cubierta para poder cumplir las exigencias del CTE en la zona más desfavorable E debe ser mayor que 90mm. El más idóneo para cubiertas invertidas es el poliestireno Extruido (XPS), es duradero, resistente al agua, baja absorción a esta, colocado sobre la impermeabilización (cubierta invertida) además de aislar protege la lámina impermeable, mejorando su durabilidad, de elevadas prestaciones mecánicas (entre 200 kPa y 700 kPa), una densidad en torno a los 33kg/m<sup>3</sup> y posee una conductividad térmica entre 0,033 W/mK y 0,036 W/mK.

### MEMORIA JUSTIFICATIVA

#### La diferencias entre ambas soluciones son:

- Se duplica el espesor del aislamiento térmico de poliestireno extruido pasa de 100mm a 200mm.
- Se sustituye el entrevigado del forjado unidireccional de bovedilla cerámica a bovedilla EPS.

La elección del forjado influye también en el diseño más o menos eficiente en cuanto a resistencia térmica como se observa en el catálogo de Elementos Constructivos del CTE esta puede variar hasta 0,74(m<sup>2</sup>K)/W entre una solución con forjado unidireccional con elemento de entrevigado bovedilla de EPS (solución más eficiente) hasta un forjado reticular sin elementos de entrevigado o losa.

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE <sup>100</sup> U (M <sup>2</sup> K)	
C 5.1		BP	1/(1,05+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.2		FU	1/(0,53+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.3		BH	1/(0,44+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.4		CP	1/(0,45+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.5		FR	CC	1/(0,40+R <sub>A,T</sub> )
C 5.6		CH	1/(0,38+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.7		SC	1/(0,31+R <sub>A,T</sub> )	
C 5.8		L	1/(0,33+R <sub>A,T</sub> )	

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

Soporte resistente	Descripción
FU	forjado unidireccional
BP	elementos de entrevigado (bovedilla) de EPS
BC	elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos
BH	elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón
FR	forjado reticular
CP	elementos de entrevigado (casetón) de EPS
CC	elementos de entrevigado (casetón) cerámicos
CH	elementos de entrevigado (casetón) de hormigón
SC	sin elementos de entrevigado
L	losa
G	chapa grecada

#### Las ventajas son las siguientes mejoras:

- Aislamiento térmico, mejora de la transmisión térmica U<sub>c</sub>, por el aumento del aislamiento y la bovedilla EPS.
- Aligeramiento de la estructura: El poliestireno utilizado como pieza de entrevigado en forjados unidireccionales o bloque perdido en techos bidireccionales (reticulares), contribuye a modelar la sección resistente de un techo, pero de una forma más ligera que lo hacen los bovedillas cerámicas y los casetones de hormigón y eso tiene sus ventajas.

#### Desventajas de la utilización de bovedilla EPS:

- Disminución del aislamiento acústico: La masa de un material o de un elemento constructivo es la mejor propiedad que puede tener un material para aislar acústicamente. Es por eso que todo los techos aligerados tienen un peor comportamiento acústico que por ejemplo una losa maciza de hormigón y entre estos techos el que tiene menor masa son los techos aligerados con poliestireno expandido (EPS), lo que hace que sean los techos que tienen un peor comportamiento acústico. Es por este motivo por que las estructuras aligeradas requieren de unas soluciones de aislamiento acústico siempre ligadas a falsos techos que minimicen la transmisión acústica.
- Comportamiento al fuego: El poliestireno expandido es un material orgánico, por lo que es combustible y por lo tanto se debe usar siempre encapsulado y revestido por materiales que le aporten la resistencia al fuego necesaria.
- Mala adherencia de los revestimientos por su cara inferior, se debe tener cuidado en la fijación de las propias piezas de entrevigado y en la fijación de las cargas al techo.

## D. Soluciones de cubierta

### COMPARATIVA d.3

SOLUCIÓN BIOCLIMÁTICA CONVENCIONAL d.2

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

Solución CONVENCIONAL d.2\_  
**SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución C..7)**  
 CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE sin cámara INVERTIDA o CONVENCIONAL AJARDINADA (Extensiva o Ecológica) Y AISLAMIENTO MÍNIMO PARA CUMPLIR LA NORMATIVA VIGENTE, FORJADO UNIDIRECCIONAL BOVEDILLA CERÁMICA formada:

- Capa de Protección de tierra (P).
- Capa filtrante (FI).
- Capa drenante (D).
- Capa separadora bajo protección (CSA).
- Capa de impermeabilización (I).
- Capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas (CS).
- Aislamiento Poliéstireno extruido XPS de 100mm de espesor. Con una conductividad térmica  $\lambda=0,036\text{W/mk}$  y resistencia  $R=2,78\text{ m}^2\text{K/W}$ , RCS 300. Para cumplir  $U_c=0,35\text{ W/m}^2\text{K}$  (zona climática más desfavorable E -CTE-) el espesor del aislamiento debe ser mayor que 90mm (AT).
- Barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética (B).
- Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros (FP).
- Soporte resistente (Forjado cubierta) formado por forjado unidireccional y bovedilla cerámica (SR-BC).

Transmitancia Térmica Solución C.7:  $U_c = 1/(1,10+2,78)=0,26\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE <sup>(3)</sup>		HR	
			U (W/m <sup>2</sup> K)	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Ast</sub> (dBA)
C 7.1		FU	BP	$1/(1,62+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.2			BC	$1/(1,10+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.3			BH	$1/(1,01+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.4		FR	CP	$1/(1,02+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.5			CC	$1/(0,97+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.6			CH	$1/(0,95+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.7			SC	$1/(0,88+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.8			L	$1/(0,90+R_{AT})$	(4)	(4)

SR soporte resistente  
 FU forjado unidireccional  
   BP elementos de entrevigado (bovedilla) de EPS  
   BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos  
   BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón  
 FR forjado reticular  
   CP elementos de entrevigado (casetón) de EPS  
   CC elementos de entrevigado (casetón) cerámicos  
   CH elementos de entrevigado (casetón) de hormigón  
   SC sin elementos de entrevigado  
 L losa  
 G chapa grecada

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

SOLUCIÓN BIOCLIMÁTICA +SOSTENIBLE d.2

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE d.2\_  
**SOLUCIÓN TOMADA DEL CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE (Solución C..7)**  
 CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE sin cámara INVERTIDA o CONVENCIONAL AJARDINADA (Extensiva o Ecológica) Y AISLAMIENTO 200mm, FORJADO UNIDIRECCIONAL BOVEDILLA CERÁMICA formada:

- Capa de Protección de tierra (P).
- Capa filtrante (FI).
- Capa drenante (D).
- Capa separadora bajo protección (CSA).
- Capa de impermeabilización (I).
- Capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas (CS).
- Aislamiento Poliéstireno extruido XPS de 200mm de espesor. Con una conductividad térmica  $\lambda=0,036\text{W/mk}$  y resistencia  $R=2,78+2,78\text{ m}^2\text{K/W}$ , RCS 300. Para cumplir  $U_c=0,35\text{ W/m}^2\text{K}$  (zona climática más desfavorable E -CTE-) el espesor del aislamiento debe ser mayor que 90mm (AT).
- Barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética (B).
- Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros (FP).
- Soporte resistente (Forjado cubierta) formado por forjado unidireccional y bovedilla de EPS (SR-BP).

Transmitancia Térmica Solución C.7:  $U_c = 1/(1,62+2,78+2,78)=0,14\text{W/m}^2\text{K}$

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE <sup>(3)</sup>		HR	
			U (W/m <sup>2</sup> K)	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Ast</sub> (dBA)
C 7.1		FU	BP	$1/(1,62+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.2			BC	$1/(1,10+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.3			BH	$1/(1,01+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.4		FR	CP	$1/(1,02+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.5			CC	$1/(0,97+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.6			CH	$1/(0,95+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.7			SC	$1/(0,88+R_{AT})$	(4)	(4)
C 7.8			L	$1/(0,90+R_{AT})$	(4)	(4)

SR soporte resistente  
 FU forjado unidireccional  
   BP elementos de entrevigado (bovedilla) de EPS  
   BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos  
   BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón  
 FR forjado reticular  
   CP elementos de entrevigado (casetón) de EPS  
   CC elementos de entrevigado (casetón) cerámicos  
   CH elementos de entrevigado (casetón) de hormigón  
   SC sin elementos de entrevigado  
 L losa  
 G chapa grecada

FUENTE: Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

## D. Soluciones de cubierta

### COMPARATIVA d.4

TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K)					
TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1					OBJETIVOS SOSTENIBLES
ZONA	A	B	C	D	
Uc (W/m <sup>2</sup> K)	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL d.2					<b>0,26 CUMPLE</b>
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE d.2					<b>0,14 CUMPLE</b>
ESTIMACIÓN de COSTE					
Solución BIOCLIMÁTICA d.2					
	Plantaciones para cubierta extensiva		15,75€/m <sup>2</sup>		90,03+57,64 = <b>147,67€/M2</b>
	Capa de protección de tierra vegetal para protección		3,10€/m <sup>2</sup>		
	Filtro formado por geotextil no tejido sintético 100 gr/m <sup>2</sup>		0,67€/m <sup>2</sup>		
	Lámina nodular drenante polietileno (HDPE) 4,8 l/s-m - 180 kN/mm		1,86€/m <sup>2</sup>		
	Geotextil polipropileno no tejido anti-raíces 325 gr/m <sup>2</sup>		4,95€/m <sup>2</sup>		
	Lámina betún modific. elastómero LBM-30 FV (SBS -20°C) SBS autoprot. mineral pizarra LBM-50/G-FP ve		13,08€/m <sup>2</sup>		
	Geotextil poliéster no tejido 150 gr/m <sup>2</sup>		0,67€/m <sup>2</sup>		
	Recrecido mortero cemento capa separación e=2-5 cm		5,13€/m <sup>2</sup>		
	Aislamiento Poliestireno extruido XPS de 100mm de espesor.RCS 300.		20,14€/m <sup>2</sup>		
	Lámina bituminosa oxiasfalto LO-30/FV(60)		5,50€/m <sup>2</sup>		
	Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros		10,09€/m <sup>2</sup>		
	Mano de obra cubierta		9,09€/m <sup>2</sup>		
	Soporte resistente. Forjado unidireccional semiresistente vigueta armada bovedilla cerámica		57,64€/m <sup>2</sup>		
Solución BIOCLIMÁTICA +SOSTENIBLE d.2					
	Plantaciones para cubierta extensiva		15,75€/m <sup>2</sup>		102,22+63,80 = <b>159,89€/M2</b>
	Capa de protección de tierra vegetal para protección		3,10€/m <sup>2</sup>		
	Filtro formado por geotextil no tejido sintético 100 gr/m <sup>2</sup>		0,67€/m <sup>2</sup>		
	Lámina nodular drenante polietileno (HDPE) 4,8 l/s-m - 180 kN/mm		1,86€/m <sup>2</sup>		
	Geotextil polipropileno no tejido anti-raíces 325 gr/m <sup>2</sup>		4,95€/m <sup>2</sup>		
	Lámina betún modific. elastómero LBM-30 FV (SBS -20°C) SBS autoprot. mineral pizarra LBM-50/G-FP ve		13,08€/m <sup>2</sup>		
	Geotextil poliéster no tejido 150 gr/m <sup>2</sup>		0,67€/m <sup>2</sup>		
	Recrecido mortero cemento capa separación e=2-5 cm		5,13€/m <sup>2</sup>		
	Aislamiento Poliestireno extruido XPS de 200mm de espesor. RCS 300		32,33€/m <sup>2</sup>		
	Lámina bituminosa oxiasfalto LO-30/FV(60)		5,50€/m <sup>2</sup>		
	Formación de pendientes de un 5% hormigón con áridos ligeros		10,09€/m <sup>2</sup>		
	Mano de obra cubierta		9,09€/m <sup>2</sup>		
	Soporte resistente. Forjado unidireccional semiresistente vigueta armada bovedilla EPS		63,80€/m <sup>2</sup>		
<b>Aumento de Coste (8,30%)</b>					<b>12,22 €/M2</b>

### TIPOS de CUBIERTAS VERDES

Las cubiertas vegetales se clasifican básicamente según su necesidad de mantenimiento y tipo de plantación:

#### Cubiertas vegetales intensivas o ajardinadas:

Son cubiertas tipo parque, transitables, que se pueden destinar a actividades humanas: jardín, zona de recreo, pistas deportivas, etc.. En este tipo el substrato tiene un espesor considerable, ya que en ellos se cultivan especies vegetales de tamaño grande, por lo que la cantidad de trabajo de mantenimiento que requiere, es importante: riego, abono, etc. La vegetación en este tipo de cubiertas puede incluir desde plantas aromáticas, hasta arbustivas y/o árboles.

#### Cubiertas vegetales extensivas o ecológicas (La solución d.2 propuesta)

Se caracterizan por su escasa necesidad de mantenimiento, de ahí que se denomine cubierta ecológica. Su accesibilidad es exclusivo para llevar a cabo tareas de escasa periodicidad para mantenimiento. El espesor del substrato es mucho menor en comparación con las intensivas. La vegetación en este tipo de cubierta suele ser de tipo tapizante, y se utiliza como protección adicional ecológica. El musgo y el sedum pueden ser una vegetación factible en este tipo de cubiertas. No podemos olvidar la importancia de consumir el agua de manera responsable. Utilizar una cubierta ecológica con especies vegetales autóctonas que apenas requieran riego o que no lo necesite, es importante para una estrategia sostenible. La vegetación elegida debe estar en función de las condiciones climáticas y características físicas del edificio. Presenta características muy específicas en función de la especie en cuestión y hay que tener en cuenta el tiempo de crecimiento, necesidad de luz y riego, exposición al sol, tipo de suelo y substrato, resistencia al viento, necesidades de la poda, el tipo de hoja, el tipo de flor y la profundidad de las raíces.

### MEMORIA JUSTIFICATIVA

#### La diferencias entre ambas soluciones son:

- Se duplica el espesor del aislamiento térmico de poliestireno extruido pasa de 100mm a 200mm.

#### Las ventajas son las siguientes mejoras:

- Aislamiento térmico, mejora de la transmisión térmica Uc.
- Se sustituye el entrevigado del forjado unidireccional de bovedilla cerámica a bovedilla EPS.

Las ventajas y desventajas de las bovedillas de EPS, ya se han citado en la comparativa d.1.

Es importante recordar que las cubiertas verdes influyen en el **diseño y cálculo de la estructura** del edificio debido fundamentalmente a su peso propio. El coste del soporte resistente se ha considerado igual en la solución d.1 y d.2 pero quizás suponga variación por el motivo citado.

### CONCLUSIONES

Se resume la comparativa de transmitancia térmica Uc y Coste entre las dos soluciones de cubierta propuestas: "cubiertas no verdes o con grava" y "cubierta verde":

#### Comparativa entre la solución convencional d.1 y bioclimática d.2.

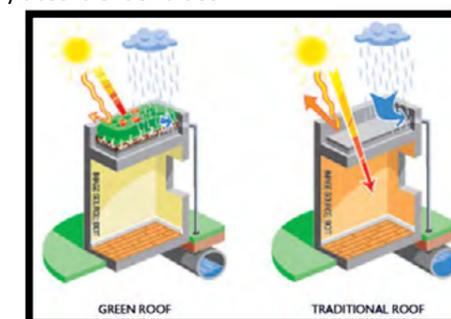
- Solución convencional d.1: Uc=**0,30** w/m<sup>2</sup>K. Coste:**112,72€/M2**.
- Solución bioclimática d.2: Coste: Uc=**0,26** w/m<sup>2</sup>K. **147,67€/M2**.

#### Comparativa entre bioclimática d.2 la solución convencional +sostenible d.1 y bioclimática +sostenible d.2.

- Solución convencional +sostenible d.1: Uc=**0,15** w/m<sup>2</sup>K. Coste:**130,07€/M2**.
- Solución bioclimática +sostenible d.2: Uc=**0,14** w/m<sup>2</sup>K. Coste:**159,89€/M2**.

En la actualidad, las cubiertas verdes son un componente importante en el desarrollo urbano sostenible.

El uso de plantas en las fachadas y cubiertas verdes introduce el color y variedad en las ciudades a la vez que proporciona beneficios para la biodiversidad, la eficiencia energética de los edificios y mejora en entorno urbano reduciendo la polución ambiental y absorbiendo ruidos.



FUENTE: commons.bcit.ca.

Los beneficios de las cubiertas verdes se resumen en:

- Aislamiento térmico.** El aire y el agua retenida por la vegetación y el sustrato tienen una influencia significativa en la mejora del aislamiento térmico y en la atenuación de las oscilaciones térmicas.
- Biodiversidad.** Siempre y cuando se utilicen diferentes especies autóctonas.
- Reducción de la contaminación.**
- Beneficios estéticos y otros.**

La reducción de los costes de construcción de las "cubiertas no verdes o con grava" en comparación con una "cubierta verde", son argumentos débiles teniendo en cuenta que es sólo un cálculo a corto plazo. A largo plazo los costes de mantenimiento y reparación de las "cubiertas no verdes" son mucho más altos que los de las cubiertas verdes.

Para garantizar un funcionamiento correcto y duradero de las cubiertas vegetales, es imprescindible seguir unos principios básicos: utilizar materiales de alta calidad y tecnología avanzada, realizar una buena planificación e instalación profesional, y realizar un mantenimiento correcto.

# E

## Soluciones de suelo en contacto con el terreno

Las soleras en contacto con el terreno son muy frecuentemente olvidadas en cuanto a su aislamiento térmico y su contribución a las prestaciones térmicas de los edificios. Se suele argumentar para ello que la oscilación térmica en relación al terreno es mucho más moderada que la oscilación térmica en relación al exterior.

Se tendrá en cuenta la solución en función entre otros datos de la mejora de la Transmisión Térmica  $U_s$ .

**Figura 147:**  
Fuente: CTE DB-HE.  
Transmitancia térmica máxima en suelos en contacto con el terreno.

ZONA	A	B	C	D	E
$U_s$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	<b>0,55</b>

OBJETIVOS CONSIDERADOS para SOLUCIÓN SOSTENIBLE	
$U_s$ (W/m <sup>2</sup> K)	<b>0,31</b>

## Soluciones

Las comparativas consideradas para el estudio de SUELO en CONTACTO CON EL TERRENO son:

SUELO	DESCRIPCIÓN
<b>Comparativa e.1</b>	
Solución CONVENCIONAL e.1	Solera y aislamiento mínimo para cumplir la normativa vigente.
Solución SOSTENIBLE e.1	Forjado sanitario y aumento de aislamiento.

Según el documento de apoyo al documento básico DA DB-HE/1 -Cálculo de parámetros característicos de la envolvente: En el apartado 2.1.2.1 “*Suelos en contacto con el terreno*” indica que para el cálculo de la transmitancia  $U_s$  ( $W/m^2 \cdot K$ ) hay dos casos:

CASO 1 soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,5 m por debajo de éste y CASO 2 soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

**Se considerará para las soluciones presentadas** las siguientes premisas:

- ▶ **Solución convencional e.1. Caso 1, con aislamiento perimetral (columna  $D=0,5m$ ).**

Para cumplir CTE zona E, la transmitancia térmica del suelo debe ser al menos  $U_s=0,55W/m^2K$ .

Según la tabla 3 para cumplir la solución convencional, la resistencia  $R_a$  tiene que ser  $>0,50 m^2K/W$  para un  $B' > 7$ , se bajará del 0,55 cuando mayor sea la resistencia térmica o  $B'$  aumente (el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto)

- ▶ **Solución convencional +sostenible e.1. Caso 1, con aislamiento continuo (columna  $D>1,5m$ ).**

Para cumplir los objetivos sostenibles, la transmitancia térmica del suelo debe ser al menos  $U_s=0,31W/m^2K$ . la resistencia  $R_a$  tiene que ser  $>2,50 m^2K/W$  para un  $B' > 10$ , se bajará del 0,31 cuando  $B'$  aumente (el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto)

## E. Soluciones de suelo en contacto con el terreno

### COMPARATIVA e.1

#### MEMORIA JUSTIFICATIVA-INTRODUCCIÓN

Valorar una solución de suelo en contacto con el terreno en función de la transmitancia térmica es complicado sin tener las pautas del proyecto por lo se valorará según las siguientes premisas:

Según el documento de apoyo al documento básico DA DB-HE/1 -Cálculo de parámetros característicos de la envolvente: En el apartado 2.1.2.1 "Suelos en contacto con el terreno" indica que para el cálculo de la transmitancia  $U_s$  (W/m<sup>2</sup>·K) hay dos casos:

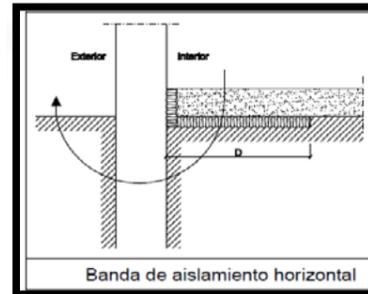
CASO 1 soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste y CASO 2 soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

Se considerará para las soluciones presentadas las siguientes premisas:

Solución convencional e.1. Caso 1, con aislamiento perimetral horizontal (columna D=0,5m).

Para cumplir CTE zona E, la transmitancia térmica del suelo debe ser al menos  $U_s=0,55$ W/m<sup>2</sup>K.

Según la tabla 3 para cumplir la solución convencional, la resistencia  $R_a$  tiene que ser  $>0,50$  m<sup>2</sup>K/W para un  $B'>7$ , se bajará del 0,55 cuando mayor sea la resistencia térmica o  $B'$  aumente (el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto).



Solución convencional +sostenible e.1. Caso 1, con aislamiento continuo (columna D>1,5m).

Para cumplir los objetivos sostenibles, la transmitancia térmica del suelo debe ser al menos  $U_s=0,31$ W/m<sup>2</sup>K. la resistencia  $R_a$  tiene que ser  $>2,50$  m<sup>2</sup>K/W para un  $B'>10$ , se bajará del 0,31 cuando  $B'$  aumente (el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto)

Tabla 3 Transmitancia térmica  $U_s$  en W/m<sup>2</sup>·K

$B'$	$R_a$	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ (m <sup>2</sup> K/ W)					$R_a$ (m <sup>2</sup> K/ W)					$R_a$ (m <sup>2</sup> K/ W)				
0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

FUENTE: DA DB-HE/1 -Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

La diferencias entre ambas soluciones son:

- Se instala aislamiento continuo
- Se sustituye solera por forjado sanitario

Las ventajas son las siguientes mejoras:

- Aislamiento térmico, mejora de la transmisión térmica  $U_c$  y evitar las humedades en el suelo de planta baja con el forjado sanitario.

#### MEMORIA DESCRIPTIVA

SOLUCIÓN CONVENCIONAL e.1

Solución CONVENCIONAL e.1\_  
Solera y aislamiento perimetral mínimo para cumplir la normativa vigente  
SOLERA HORMIGÓN ARMADO HA-25/P/20/I e=15cm #15x15x6+ENCACHADO  
15+AISLAMIENTO PERIMETRAL.

- Encachado
- Solera armada 15cm.  $R=0,06$  m<sup>2</sup>K/W
- Aislamiento perimetral horizontal D=0,5m. 3cm de espesor de poliestireno extrusionado.

#### MEMORIA DESCRIPTIVA

SOLUCIÓN CONVENCIONAL +SOSTENIBLE e.1

Solución CONVENCIONAL+SOSTENIBLE e.1\_  
FORJADO SANITARIO SOBRE CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA+AISLAMIENTO CONTINUO 50CM

- Forjado sanitario y aislamiento.
- Solera armada 15cm.  $R=0,06$  m<sup>2</sup>K/W
  - Aislamiento continuo de poliestireno extruido XPS  $\lambda=0,036$ W/mk. La resistencia variará en función de  $B'$ . desde  $B'=10$  que se necesita  $R=2,50$  m<sup>2</sup>K/W menos la del hormigón  $R=0,06$  m<sup>2</sup>K/W en el caso más desfavorable será de espesor 90mm.

#### TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m<sup>2</sup>K)

ZONA	TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA MUROS CTE DB-HE 1					OBJETIVOS SOSTENIBLES
	A	B	C	D	E	
$U_s$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55	0,31
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL d.1						0,55 CUMPLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE d.1						0,31 CUMPLE

#### ESTIMACIÓN de COSTE

Solución CONVENCIONAL e.1			
Aislamiento perimetral	4,50€/m <sup>2</sup>		28,59€/M <sup>2</sup>
Hormigón y acero	17,46€/m <sup>2</sup>		
Encachado piedra 40/80 e=15cm	6,63€/m <sup>2</sup>		
Solución CONVENCIONAL +SOSTENIBLE e.1			
Aislamiento Poliestireno extruido XPS de 100mm de espesor. RCS 500	31,42€/m <sup>2</sup>		81,44€/M <sup>2</sup>
Capa de compresión 5cm	15,83€/m <sup>2</sup>		
Forjado sanitario 70	15,96€/m <sup>2</sup>		
Mano de obra	6,18€/m <sup>2</sup>		
Capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor	12,05€/m <sup>2</sup>		
Aumento de Coste (185%)			52,85€/M <sup>2</sup>

#### CONCLUSIONES

El aislamiento de las soleras permite minimizar el puente térmico formado entre la fachada y la propia solera, este es un aspecto que no debería descuidarse en un edificio en el que se pretendan altas prestaciones energéticas. Se puede concluir que el aislamiento de las soleras son un buen aliado para reducir la demanda energética de los edificios y no debería subestimarse su contribución a las prestaciones térmicas de los edificios.

# Conclusiones

La envolvente térmica, la demanda energética del edificio y el confort térmico del interior de estos son los parámetros de referencia. La demanda del edificio, supone la primera actuación, y para esto los esfuerzos deben ir dirigidos a su, mejora y eficiencia, con pequeñas intervenciones, tan elementales como introducir aislamientos y mejorar los huecos, para adecuar gran parte de las edificaciones a unos valores de demanda adecuados.

El sobrecoste destinado a soluciones pasivas destinadas a reducir la demanda energética se centra en material de aislamiento en fachadas, suelos y cubiertas, carpinterías y vidrios de alta calidad térmica y acústica, en la mejora de la calidad de materiales y la utilización de materiales ecológicos, Etc...

Los aislantes térmicos en los edificios es clave para alcanzar los objetivos de ahorro energético fijados por las diferentes normativas y sostenibilidad. Un correcto uso de estos productos en los elementos constructivos constituyentes de la envolvente térmica puede disminuir en gran medida, en un clima como el de nuestro país, el consumo de los equipos de climatización, incluso evitar la instalación de estos equipos, principales responsables el consumo energéticos de los edificios.

En referencia al confort térmico en el interior de un edificio, las variables cuantificables que influyen directamente sobre esta sensación, son la temperatura y humedad del aire, la velocidad del aire, etc. De nuevo a través de la intervención en la envolvente térmica del edificio se podrá mejorar las condiciones higrotérmicas del interior de la edificación, independientemente del uso complementario de los sistemas activos para poder alcanzar el confort.

Como complemento al análisis de las transmitancias térmicas de los sistemas constructivos que se han realizado y caracterizan la envolvente de un edificio, se debe tener en cuenta la conveniencia o no de buscar inercia térmica en la construcción del cerramiento.

En los climas más habituales en España, con elevadas oscilaciones térmicas entre el día y la noche y las estaciones del año, y para edificaciones con un uso permanente, disponer de sistemas de acumulación térmica pasivos, puede suponer un importante ahorro energético.

Por ejemplo, en aquellos casos en los que sea conveniente considerar la inercia térmica, es conveniente aislar los edificios por el exterior, de forma que la masa térmica útil de los sistemas constructivos en contacto directo con los espacios habitables sea mayor y éstos participen en la mayor estabilidad térmica de la construcción, regulando la temperatura interior al proporcionar un incremento de calor, cuando cesan las fuentes de frío o calor de ese ambiente. Otro caso distinto, será la consideración de la inercia térmica del cerramiento debido a la acción solar sobre el mismo, lo que proporciona en determinados climas un mejor comportamiento de la cámara de aire interior ya sea ventilada o cerradas.

Aproximadamente la mitad del consumo energético de los edificios está destinado al acondicionamiento térmico, donde la fachada, como parte integrante de la envolvente

juega un papel determinante. A partir del consumo de combustibles, las estrategias de diseño están vinculadas a las zonas climáticas, la orientación, renovación del aire interior, materiales y composición de fachada.

La rentabilidad de la inversión realizada se va a analizar durante un periodo de vida útil de 50 años. Analizar el potencial de ahorro de energía que supone el diseño de fachadas, supone considerar una reducción de la energía necesaria en la fase de uso.

Mejorando esta envolvente se puede reducir considerablemente el consumo energético y el impacto ambiental, tanto en la selección de materiales como durante el uso del edificio.

Basándonos en lo anterior, la estimación de inversión-amortización puede aportar el número de años necesario para que la inversión se amortice, suponiendo unas variables constantes a lo largo de los años, o determinar el espesor de aislamiento más rentable en función de un horizonte económico y de unas tasas de inflación previstas.

Como resumen y lo ya dicho con anterioridad, la inversión inicial en un edificio representa solo el 20% de los costes totales en su vida útil. Los principales costes están relacionados con su operativa, el mantenimiento, el consumo de energía, la demolición y el reciclado.

La fase de diseño es muy corta, en comparación a la vida operativa del edificio.

El sobrecoste se situará entre el 25% y el 4% . La equivalencia podría cuantificarse en 250-40€/m<sup>2</sup> aproximadamente para el 25% y el 4% respectivamente y se estima un retorno de la inversión entre 5-8 años al reducir el consumo energético.

## Fuentes y enlaces web

albert, Righter and Tittmann Architects.

Via Saint Gobain-SGG CLIMALIT.

Via Tecnalía. TECNALIA.

Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

World Green Building Council. Informe The Business Case for Green Building.

OVECEN. Portal de eficiencia energética y arquitectura.

Escuela Politécnica Superior d` Edificació de Barcelona.

ClimaCons.

Arrevol.

Pedro J Hernández.

AEA Asociación Española de Aluminio y tratamientos de superficie.

BIOURB: Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea.

IDAE-Guía Técnica Vidrios y Cerramientos

Guía IDAE: Manual de fundamentos técnicos de Calificación energética

CTE-HE.

Congreso “Rehabilitación Eficiente en Edificios” Vidrios y marcos energéticamente eficientes Eduardo M<sup>a</sup> De Ramos.

Catálogo comercial Texo Innovation.

Conama 2014. Congreso Nacional e Medio Ambiente.

Cuadernos de Rehabilitación. Instituto Valenciano de Edificación IVE.

Hablemos de aluminio.com

Reforma Envolverte Sede Mergelina Valladolid. UVA.

# Casos de éxito

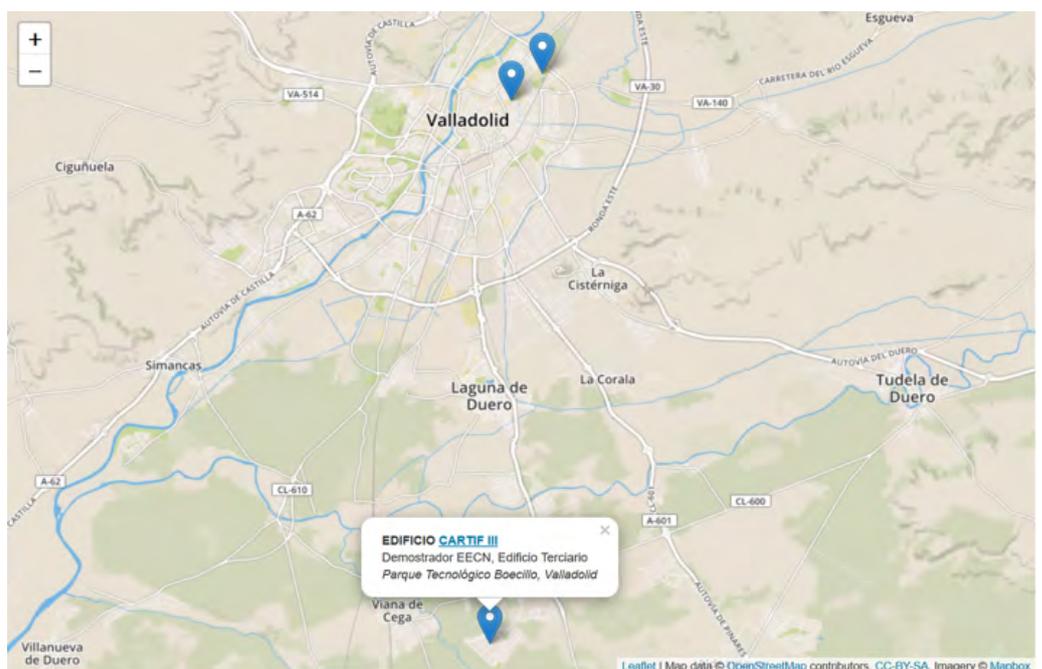


D

## Casos de éxito de edificios de consumo casi nulo en España

En el presente manual hemos querido presentar unos demostradores de casos de éxito de Edificios de Energía Casi Nula. En este anexo se podrán encontrar demostradores de diferente tipología de edificio que se pueden encontrar en España. Esta recopilación de fichas de demostradores se irá actualizando y añadiendo nuevos edificios en el futuro, los cuales se mostrarán en un mapa interactivo que estará alojado en la web de AEICE.

En este mapa podremos tener acceso a la localización del edificio y a la ficha en formato PDF, como se puede ver en las siguientes figuras con algunos ejemplos:





Nombre del Edificio:	<b>Aulario IndUva</b>		Año de Construcción:	<b>2017</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>VALLADOLID</b> País: <b>ESPAÑA</b>	Provincia: <b>VALLADOLID</b> C.Autónoma: <b>CASTILLA Y LEÓN</b>	Zona Climática (Esp):	<b>D2</b>
Tipología:	<b>EDIFICIO TERCIARIO</b>		Método de Cálculo:	

Edificio de referencia CTE						
	Demanda	EP	Coef. gaseo EP	EP no renv	Emissiones CO2	
	kWh	kWh	kWh/kWh	kWh	kgCO2/kWh	
Calefacción	698.170,17	998.814,5	1,43	1.177.602,3	0,35	310.831,3
Refrigeración	578.237,07	340.139,5		684.632,6		112.588,2
Iluminación		107.634,9	1,84	210.279,5	0,39	35.620,5
Equipos misc		117.512,1		229.618,6		38.896,6
<b>TOTALES</b>		<b>1.564.081,0</b>		<b>2.282.132,9</b>		<b>497.734,5</b>
		<b>319,4</b>		<b>466,1</b>		<b>101,6</b>

Torre IndUva						
	Demanda	EP	Coef. gaseo EP	EP no renv	Emissiones CO2	
	kWh	kWh	kWh/kWh	kWh	kgCO2/kWh	
Calefacción	21.553,9	1,03		25.412,0	0	0,0
Refrigeración	54.275,6			108.054,8		17.986,2
Ventiladores	119.041,6			232.607,3		39.402,8
Iluminación	27.440,0			53.617,8		9.062,6
Recuperación	4.900,0	1,84		9.074,8	0,39	1.621,9
Bombas	11.068,6			21.628,0		3.663,7
Equipos misc	117.512,1			229.618,6		38.896,6
Generación FV	-24.438,7			-47.753,3		-8.099,2
<b>TOTALES</b>	<b>331.353,0</b>			<b>630.759,6</b>		<b>102.543,5</b>
		<b>67,7</b>		<b>128,8</b>		<b>20,9</b>

Imágenes: M<sup>a</sup> Jesús González, Ana Jiménez

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	5.846,00 [m <sup>2</sup> ]	Demanda de Calefacción	5,19 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Coste total :	5.780.000,00 €	Demanda de Refrigeración	21,60 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	Universidad de Valladolid	Potencia Calefacción Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]
Proyectista:	Francisco Valbuena García	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]
Empresa Constructora:	Constructora San José SA	Energía aportada:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
Otros Técnicos:			
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: El edificio se ha conectado a la calefacción de distrito mediante biomasa de la propia Universidad	
Muro:	Fachadas noroeste y sureste mediante un sistema ventilado compuesto de panel exterior composite de 0,5 mm y núcleo de resinas termoplásticas, de 3 mm; aislamiento de panel rígido de lana de roca de 140 mm y conductividad térmica 0,034 W/(mK); hoja interior portante de bloque termoarcilla, 30x19x14 cm; y trasdosado autoportante con aislante rígido de lana de roca de 50 mm y conductividad térmica 0,037 W/(mK), y dos placas de yeso laminado PYL de 12,5 mm. Las fachadas noreste, suroeste y el corredor de conexión, se resuelven con un muro cortina.	Sistema de Producción ACS: No precisa	
Cubierta:	Plana invertida con una capa de aislamiento de placas de Poliestireno Extruido XPS de 35kg/m <sup>3</sup> con un espesor total de 20 cm y capa vegetal específica para distintas variedades de Sedum autóctono con espesor máximo de 10 cm. En las zonas de paso para mantenimiento se sustituye la capa vegetal por losa prefabricada aislante con base de poliestireno extruido de 60 mm de espesor y capa superior pisable de 35 mm con alta reflectividad y absorción 0,1.	Sistema de Refrigeración: El edificio se encuentra conectado a la calefacción de distrito de biomasa-Inducción a 4 tubos en las aulas, que permiten el aporte de frío y calor en el interior de las estancias independientemente de la época del año, considerando la necesidad de refrigeración prácticamente durante todas las épocas del año. El caudal de aire mínimo de ventilación necesario para dichas estancias es suficiente para garantizar el aporte de calefacción necesario para las mismas.	
Suelo:	En contacto con el terreno sólo existen cuartos técnicos, que cuentan con una sistema de doble solera de hormigón aramado de 10 cm cada una, sobre capa de encachado drenante, encima de la cual se dispondrá un film de polietileno para evitar el ascenso de humedad capilar.	Sistema de Ventilación: La enorme variación de la ocupación a lo largo del día, convierte a la ventilación en la principal estrategia de diseño activo complementaria para reducir la necesidad de energía y mejorar las condiciones de confort, garantizando un ambiente interior saludable. Como resultado se reduce el consumo energético de la ventilación entre un 30% y un 70% para cada h. de uso operativo del edificio, reduciendo el uso de electricidad de los propios ventiladores y evitando el aporte de calor que éstos producen sobre la propia instalación de climatización.	
Carpintería:	Muro cortina compuesto por estructura autoportante de perfiles de aluminio provistos de canales de drenaje y ventilación, anclados a los forjados. Los paños intermedios se sujetan mediante un perfil presor vertical y grapas de fijación horizontales. La estanqueidad se logra mediante juntas de EPDM y la rotura de puente térmico con perfiles internos de PVC. El sistema incorpora lamas verticales (costillas), viseras reflexivas y paneles perforados de protección solar.	Sistemas de Renovables: Se apoya al sistema de ventilación con tubos geotérmicos (o pozos canadienses) en el ext. del edificio. Este sistema, que aclimata el aire exterior de forma natural antes de introducirlo en el sistema, tiene una aportación energética en torno a 30.000 kWh térmicos.	
Vidrio:	Acristalamiento doble compuesto por vidrio exterior laminar 44,1 con lámina reflexiva hacia la cámara y lámina intermedia de PVB silencie de 0,76 mm de espesor, cámara de aire con argón de 16 mm, y un vidrio simple de 6 mm al interior. Coeficiente de transmisión térmica 1,2 W/(m <sup>2</sup> .K), factor solar 0,36 y aislamiento acústico mínimo de 37 dBA.	Sistemas de Autoconsumo: El edificio integra un muro fotovoltaico en la fachada Suroeste que produce anualmente 24.400 kWh.	
Valor U envolvente:	0,15 [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Otra información: Para conseguir la armonización de todos estos sistemas energéticos con los propios de cualquier edificio relacionados con el control de accesos, la seguridad, la monitorización y tele gestión, etc., se dispondrá de un sistema de Gestión de Edificio en integración en BMS que integrará los subsistemas de control de la climatización, control de la iluminación, central de alarmas, control de accesos, base de datos, etc., mediante los correspondientes protocolos que operan en las distintas áreas de gestión como iluminación (DALI), climatización (BACNet), etc., junto con los de desarrollo propios de la Universidad.	
Otra información:	Se encuentra en proceso de certificación de la sostenibilidad (*)		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:		DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
	SELLOS / CERTIFICADOS VERDES		Emissiones de GEI:
	Verde	Puntuación	20,90 [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]
	LEED	4,2* / 5	Consumo de energía:
		PLATINUM*	67,70 [kWh/m <sup>2</sup> año]
		OTROS DATOS:	

Nombre del Edificio:	<b>CARTIF III</b>		Año de Construcción:	<b>2011</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>BOECILLO</b>	Provincia: <b>VALLADOLID</b>	Zona Climática (Esp): <b>D2</b>	(Internacional)
	País: <b>ESPAÑA</b>	C.Autónoma: <b>CASTILLA Y LEÓN</b>		
Tipología:	<b>EDIFICIO TERCIARIO</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Sonia Álvarez

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:																	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:																	
Superficie construida:	<b>4.075,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>17,62 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>																
Coste total :	<b>4.645.758,37 €</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>6,18 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>																
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:																	
Promotor:	<b>FUNDACIÓN CARTIF</b>	Potencia Calefacción Instalada:	<b>68,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>																
Proyectista:	<b>D. EDUARDO INSUELA GONZÁLEZ</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>18,11 [W/m<sup>2</sup>]</b>																
Empresa Constructora:	<b>DRAGADOS</b>	Energía aportada:	[kWh/m <sup>2</sup> año]																
Otros Técnicos:	<b>JEFATURA DE OBRA: 1A INGENIEROS</b>																		
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:																	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: <b>Geotermia</b> (bomba geotérmica agua-agua reversible con una potencia nominal de 57.36 kW de calor, 73.8 kW de frío, un COP de 3.18 y EER de 4.99; 15 sondas geotérmicas de doble U de polietileno de 100m con solución de agua/glicol), y <b>biomasa</b> (caldera de biomasa, pellets/astillas, con potencia nominal 220kW, modulable del 25% al 100%).																	
Muro:	Sótano: Hormigón armado H25 200mm con poliestireno (EPS) 20mm. U=0,207 [W/m <sup>2</sup> .K] Fachada SO y SE: Termoarcilla (300x140x190mm); Lana mineral 50mm; paneles de aluminio. U=0,452 [W/m <sup>2</sup> .K] Fachada SE: Hormigón HTC12; aislamiento EPS 50mm; termoarcilla (300x140x190); paneles piedra natural. U=0,453 [W/m <sup>2</sup> .K]; Fachada NE (parte superior): Hormigón HTC12 con cámara de aire; paneles compuestos acero galvanizado 5cm. U=0,336 [W/m <sup>2</sup> .K]	Sistema de Producción ACS: Caldera de biomasa indicada para calefacción. Sistema por acumulación, con sistema de regulación automática, con válvula termostática para su distribución. Interacumulador de 200 l.																	
Cubierta:	Cubierta plana invertida transitable; U=0,339 [W/m <sup>2</sup> .K] -Forjado placa alveolar con capa de compresión (25+10); -Hormigón aligerado formación pendiente; -Lámina impermeabilizante de PVC P 1,2mm; -Plancha rígida machiembreada poliestireno extruido 3cm (0,034W/m.K); -Losa de hormigón poroso: hormigón e=4cm + aislamiento de poliestireno extruido e=5cm (0,034 W/m.K).	Sistema de Refrigeración: Geotermia. Climatizadores con unidades de aire. Suelo radiante&refrescante.  Free-cooling en naves.																	
Suelo:	Sótano: Encachado grava 40/80 mm; Lámina polietileno 1mm; Solera hormigón armado HA-25, 200mm. Interior: Baldosa gres compacto; mortero de cola; capa nivelación.  u-value = 0,64 / 0,81 [W/m <sup>2</sup> .K]	Sistema de Ventilación: Climatizador con batería de frío/calor, free-cooling, caja de mezcla, recuperador de energía, enfriamiento adiabático, filtros y preinstalación para sistemas desecantes.																	
Carpintería:	Muro cortina: doble cristal con cámara de aire (6/12/6). u=1,517 [W/m <sup>2</sup> .K] Oficinas: aluminio con rotura puente térmico. u-value = 1,995 [W/m <sup>2</sup> .K]	Sistemas de Renovables: Geotermia. Biomasa. Fotovoltaica.																	
Vidrio:	u-value = 1,6 [W/m <sup>2</sup> .K] g-value = 50% / 50%	Sistemas de Autoconsumo: Instalación solar fotovoltaica 45KW																	
Valor U envolvente:	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	Otra información: Ventilación: Conductos de climaver por las zonas internas y chapa de aluminio por el exterior. Difusión por difusores rotacionales y rejillas. Caudal de cada estancia se regulable con compuertas de caudal variable en cada estancia.																	
Otra información:	Hermeticidad n50 = 1 / 2,23 ren./hora. Test de blower door.																		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:		SELLOS / CERTIFICADOS VERDES																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Puntuación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Tipo	Puntuación														
Tipo	Puntuación																		
		DATOS MEDIOAMBIENTALES:																	
		Emisiones de GEI:	[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]																
		Consumo de energía:	[kWh/m <sup>2</sup> año]																
		OTROS DATOS:																	
		CARTIF III formó parte del proyecto europeo DIRECTION, cuyo límite de consumo (energía primaria) tenía que estar por debajo de 60 kWh/m <sup>2</sup> . año																	

Nombre del Edificio:	<b>CASA EL PLANTIO</b>		Año de Construcción:	<b>2014</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>CARRION DE LOS CONDES</b>	Provincia: <b>PALENCIA</b>	Zona Climática (Esp): <b>D1</b>	(Internacional)
	País: <b>ESPAÑA</b>	C.Autónoma: <b>CASTILLA Y LEÓN</b>		
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: Estíbaliz González

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	<b>282,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>13,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Coste total :	<b>332.760,00 €</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>[kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	<b>JAVIER MEDINA</b>	Potencia Calefacción Instalada:	<b>12,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Proyectista:	<b>SERGIO TORRE</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>[W/m<sup>2</sup>]</b>
Empresa Constructora:	<b>MEDGÓN PASSIVHAUS</b>	Energía aportada:	<b>92,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Otros Técnicos:	<b>JESÚS MENEDEZ</b>		
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción:	
Muro: Placa de yeso de 13 mm Madera maciza de 100 mm 1 mm VCL 200 mm de aislamiento de fibra de madera Membrana transpirable de 1 mm Ladrillo de 70 mm Valor U = 0.155 W / (m <sup>2</sup> .K)		Estufa de leña Scan 8 kWh Toallero en baños	
Cubierta:		Sistema de Producción ACS:	
Pizarras de arcilla tradicionales de 22 mm Cavidad de aire de 30 mm Membrana transpirable de 1 mm Aislamiento de fibra de madera de 240 mm 1 mm VCL Tablero de revestimiento de madera de 18 mm Valor U = 0.153 W / (m <sup>2</sup> .K)		Bomba de calor de fuente de aire Enertres	
Suelo:		Sistema de Refrigeración:	
Piso laminado de 10 mm 70 mm de solera 120 mm XPS 100 mm de hormigón armado Capa de ajuste de 190 mm Valor U = 0.229 W / (m <sup>2</sup> .K)			
Carpintería:		Sistema de Ventilación:	
Llodian Ventaclim, Super-confort Marco de madera Alu U w-value = 0.73 W/(m <sup>2</sup> .K)		Brink, Renovovent Excellent 400 Completar con bypass; Caudal de aire máximo de 326 m <sup>3</sup> / h; Precalentador de 1 kW Reducción adicional del consumo de energía auxiliar El eff. la eficiencia de recuperación de calor es del 83%.	
Vidrio:		Sistemas de Renovables:	
Alto rendimiento Guardian ClimaGuard 3 + 3-18-4-18-4 + 4, argón lleno Valor U g = 0.5 W / (m <sup>2</sup> .K) g -value = 53%			
Valor U envolvente:		Sistemas de Autoconsumo:	
[W/(m <sup>2</sup> .K)]			
Otra información:		Otra información:	
		Hermeticidad n50 = 0.4 / h	
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>		<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	
<b>A</b>	A	Tipo	
	B	Puntuación	
	C	<b>PASSIVHAUS</b>	
	D		
	E		
	F		
	G		
		<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
		Emissiones de GEI:	[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]
		Consumo de energía:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
		<b>OTROS DATOS:</b>	



Nombre del Edificio:	<b>BIBLIOTECA VILLAMEDIANA DE IREGUA</b>		Año de Construcción:	<b>2015</b>
Ubicación:	Ciudad:	VILLAMEDIANA DE IREGUA	Provincia:	LA RIOJA
	País:	ESPAÑA	C.Autónoma:	LA RIOJA
Tipología:	<b>EDIFICIO TERCIARIO</b>		Método de Cálculo:	<b>CÁLCULO DE UN VALOR FIJO O DATOS</b>



Imágenes: Ayuntamiento de Villamediana de Iregua

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	616,00 [m <sup>2</sup> ]	Demanda de Calefacción:	13,96 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Coste total :	745.360,00 €	Demanda de Refrigeración:	5,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	AYUNTAMIENTO VILLAMEDIANA DE IREGUA	Potencia Calefacción Instalada:	12,00 [W/m <sup>2</sup> ]
Proyectista:	PLAY ARQUITECTURA S.L.P.	Potencia Refrigeración Instalada:	9,00 [W/m <sup>2</sup> ]
Empresa Constructora:	-	Energía aportada:	0,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Otros Técnicos:	EFICEN RESEARCH S.L.		
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción:	
Muro:	Aislamiento EPS 160 mm Termoarcilla 140mm Placa Yeso 15mm Lana de roca 50mm Placa Yeso 15mm  U= 0,154 w/(m <sup>2</sup> k)	Bomba de calor SAMSUNG DVM Mini S con 5 unidades interiores 2,8 kW Calefacción	
Cubierta:	Hierba artificial 50mm Aislamiento XPS 50mm H. arlita 50mm Geotextil 5mm EPDM 5mm XPS 200mm OSB 25mm  U= 0,136 w/(m <sup>2</sup> k)	Sistema de Producción ACS: Bomba de calor SAMSUNG DVM Mini S con 5 unidades interiores	
Suelo:	Linoleo 5mm Mortero cemento 50mm Forjado hormigón 150mm Aislamiento XPS 100mm  U= 0,306 w/(m <sup>2</sup> k)	Sistema de Refrigeración: Bomba de calor SAMSUNG DVM Mini S con 5 unidades interiores 2,2 kW Refrigeración	
Carpintería:	Marco de madera con hoja de aluminio con rotura de puente térmico 94mm  U= 0,76 w/(m <sup>2</sup> k)	Sistema de Ventilación: Zehnder, ComfoAir 550 3 unidades de recuperación de calor 84%	
Vidrio:	Triple vidrio con dos cámara de argón 3+3/18a/4nl/18a/4+4  U= 0,53 w/(m <sup>2</sup> k)	Sistemas de Renovables: -	
Valor U envolvente:	0,15 [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Sistemas de Autoconsumo: -	
Otra información:	Hermeticidad: n50 = 0.4 / h	Otra información: De los 82,20 kWh/m <sup>2</sup> año, el 76% corresponden a la iluminación.	
<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:</b>		<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	
		Tipo	Puntuación
<b>A</b>		<b>PASSIVHAUS</b>	
		<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
		Emissiones de GEI:	18,00 [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]
		Consumo de energía:	82,20 [kWh/m <sup>2</sup> año]
		<b>OTROS DATOS:</b>	

Nombre del Edificio:	<b>Can Tanca</b>		Año de Construcción:	<b>2016</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>SAN LORENZO CARDASAR</b>	Provincia: <b>BALEARES</b>	Zona Climática (Esp): (Internacional)	<b>B3</b>
	País: <b>ESPAÑA</b>	C.Autónoma: <b>I.BALEARES</b>		
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	<b>COMPARACIÓN</b>



Imágenes: Terravita (Álvaro Martínez)

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	<b>172,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>9,30 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Coste total:	<b>0,00 [€/m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>13,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	<b>Jason Watson Todd + Lola Iglesias</b>	Potencia Calefacción Instalada:	<b>10,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Proyectista:	<b>Fco. José Vázquez (Terravita construye)</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>7,10 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Empresa Constructora:	<b>Terravita construye</b>	Energía aportada:	<b>87,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Otros Técnicos:	<b>Álvaro Martínez Gil (aparejador)</b>		
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: <b>Paneles de techo radiante</b>	
Muro:		Sistema de Producción ACS: <b>Bomba de calor aerotérmica</b>	
Cubierta:		Sistema de Refrigeración: <b>Paneles de techo radiante/refrescante</b>	
Suelo:		Sistema de Ventilación: <b>Ventilación con recuperador de calor</b>	
Carpintería:	<b>Madera-aluminio Uniforme Unione Uf=1,8W/m2k y Uf=1,4W/m2k</b>	Sistemas de Renovables: <b>Producción térmica con bomba de calor</b>	
Vidrio:	<b>Vidrio triple con cámara de argón (90%) bajo emisivos UG=0,84W/m2k</b>	Sistemas de Autoconsumo: <b>Generador fotovoltaico in-situ de 11,7kWp de 46 módulos fotovoltaicos + Generador fotovoltaico exsitu de 7,4kWp de 29 módulos fotovoltaicos</b>	
Valor U envolvente:	<b>[W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>	Otra información:	
Otra información:	<b>Valor del test blower door: 0,24 ren/h</b>		
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:		SELLOS / CERTIFICADOS VERDES	
		Tipo	Puntuación
<b>A</b>		<b>PASSIVHAUS BREEAM</b>	
			<b>PREMIUM</b>
		DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
		Emisiones de GEI:	<b>[kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</b>
		Consumo de energía:	<b>[kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
		OTROS DATOS:	

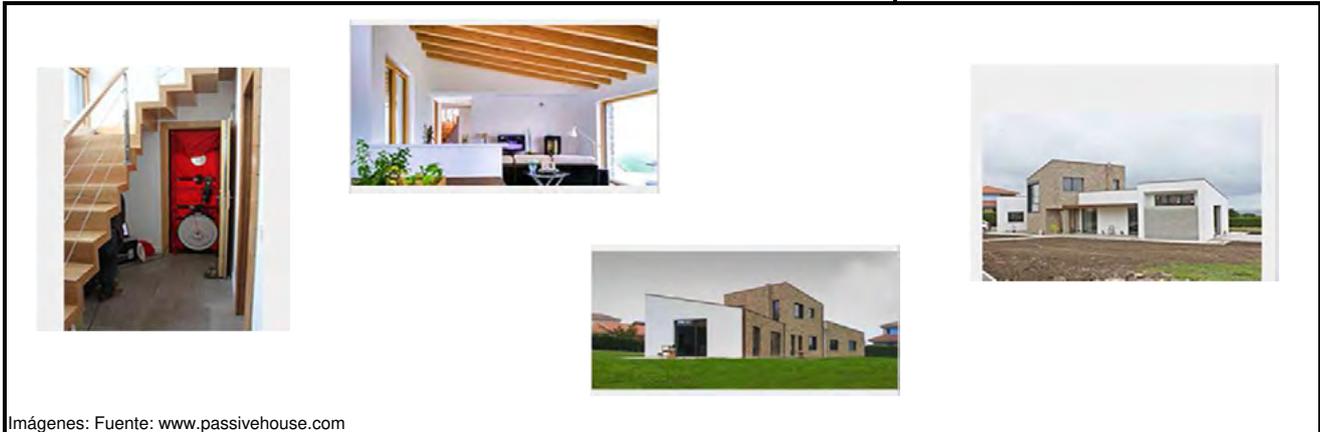
Nombre del Edificio:	<b>CASA ENTREENCINAS</b>		Año de Construcción:	<b>2012</b>
Ubicación:	Ciudad: VILLANUEVA DE PRIA (LLANES) País: ESPAÑA	Provincia: ASTURIAS C.Autónoma: P.ASTURIAS	Zona Climática (Esp): (Internacional)	<b>C1</b>
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: www.passivehouse.com/

<b>DATOS BÁSICOS:</b> Descripción: Superficie construida: <b>133,00 [m<sup>2</sup>]</b> Coste total: <b>0,00 [€/m<sup>2</sup>]</b> Agentes Intervinientes: Promotor: <b>PROMOCIONES BIOCLIMATICAS ENTREENCINAS SL</b> Proyectista: <b>DUQUEYZAMORA</b> Empresa Constructora: <b>UNADECAL SL Y OTROS</b> Otros Técnicos: <b>MICHEEL WASSOUF</b>		<b>ENERGÍA:</b> Demanda Energía Primaria: Demanda de Calefacción: <b>12,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b> Demanda de Refrigeración: <b>[kWh/m<sup>2</sup> año]</b> Carga de Refrigeración: Potencia Calefacción Instalada: <b>11,00 [W/m<sup>2</sup>]</b> Potencia Refrigeración Instalada: <b>[W/m<sup>2</sup>]</b> Energía aportada: <b>104,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>	
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b> Descripción de la envolvente: Muro: Tablero de madera laminada cruzada + Aislamiento de tablero de corcho (160 mm) Madera laminada cruzada de 95 mm KLH 16 cm Tablero de corcho Aislamiento WLS 038 fachadas ventiladas con revestimiento de madera, piedra caliza o fachadas con acabado de silicato. Valor U = 0.2 W / (m <sup>2</sup> .K) Cubierta: Tablero de madera laminada cruzada + Aislante de corcho (160 mm) + Tablero de sarking de techo (22 mm) Madera laminada cruzada de 18,2 cm KLH 16 cm Tablero de corcho Aislamiento WLS 038 Tablero sarking de 2,2 cm de techo Valor U = 0.19 W / (m <sup>2</sup> .K) Suelo: Losa de hormigón con aislamiento de vidrio celular (100 mm) Aislante de vidrio celular 10 cm WLS 050 Losa de hormigón de 25 cm Tablero de corcho 6cm Aislamiento WLS 038 Carpintería: Benito-Sdc, Ebania Elite Marco de madera Uf-valor 1,3 W / (m <sup>2</sup> .K), 68 mm U w-value = 1.27 W/(m <sup>2</sup> .K) Vidrio: Doble acristalamiento - debido al clima, 4-16-4 / baja e, argón 90% U valor-g = 1.1 W / (m <sup>2</sup> .K) valor-g = 58% Valor U envolvente: <b>[W/(m<sup>2</sup>.K)]</b> Otra información: Hermeticidad n50 = 0.4 / h prensa. valor de prueba		<b>INSTALACIONES:</b> Sistema de Calefacción: Tanque solar Wolf SEM-1 500 Litros Steel con dos intercambiadores de calor de tubo simple + colectores solares 6,92 m <sup>2</sup> Calefacción con suministro de aire (batería de agua / aire) y sistema de calefacción de toallas. Estufa de leña. Sistema de Producción ACS: Calentador de agua para agua caliente doméstica + colectores solares 6,92 m <sup>2</sup> + Wolf SEM-1 500 Litros tanque solar de acero con dos intercambiadores de calor de tubo simple. Sistema de Refrigeración: Sistema de Ventilación: Sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor Zendher Comfoair 350. - rendimiento del 84% (Instituto Passiv Haus) Sistemas de Renovables: Sistemas de Autoconsumo: Otra información: Los materiales utilizados han sido elegidos bajo criterios bioconstructivos, en su mayoría de origen orgánico, 100% renovables. Colectores solares de 6,92 m <sup>2</sup> .	
<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA:</b> 	<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b> Tipo: <b>PASSIVHAUS</b> Puntuación:	<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b> Emisiones de GEI: <b>[kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</b> Consumo de energía: <b>[kWh/m<sup>2</sup> año]</b> <b>OTROS DATOS:</b> Materiales de construcción ecológicos, recolección de agua de lluvia para jardín, aguas residuales y wc, tratamiento de aguas residuales, tejado paisajístico.	

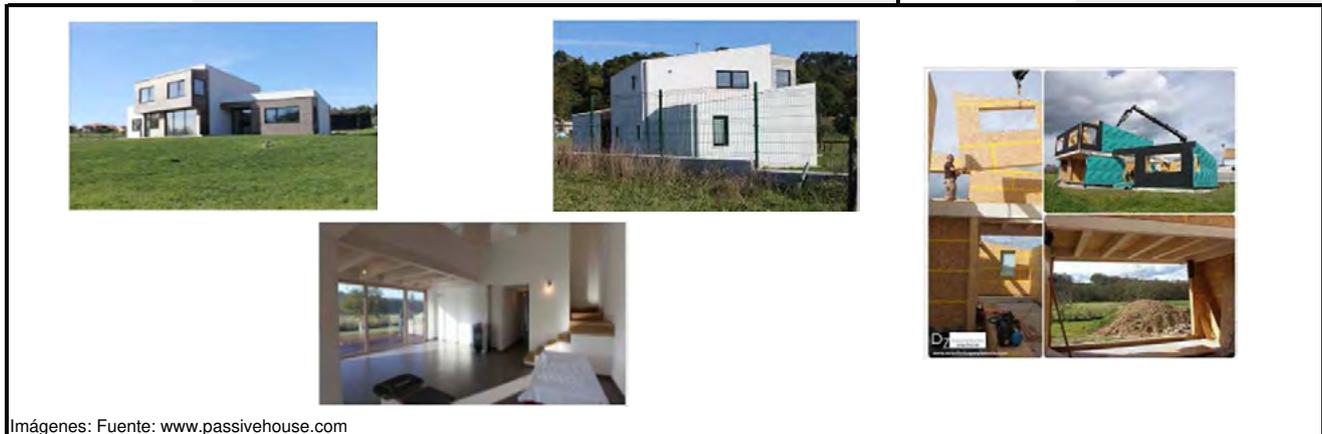
Nombre del Edificio:	<b>CASA LA ATALAYA</b>		Año de Construcción:	<b>2016</b>
Ubicación:	Ciudad: CUDILLERO	Provincia: ASTURIAS	Zona Climática (Esp):	<b>C1</b>
	País: ESPAÑA	C.Autónoma: P.ASTURIAS		
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: www.passivehouse.com

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	117,00 [m <sup>2</sup> ]	Demanda de Calefacción:	9,40 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Coste total :	0,00 [€/m <sup>2</sup> ]	Demanda de Refrigeración:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
<b>Agentes Intervinientes:</b>		<b>Carga de Refrigeración:</b>	
Promotor:		Potencia Calefacción Instalada:	12,60 [W/m <sup>2</sup> ]
Proyectista:	<b>DUQUEYAMORA</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]
Empresa Constructora:	<b>MEDGON PASSIVHAUS</b>	Energía aportada:	67,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Otros Técnicos:	<b>MANUEL FERNANDEZ</b>		
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: Estufa de leña Jotul 363 Toallero en baños	
Muro:	Dos tipos de acabado: yeso de resina de silicona y revestimiento de piedra natural -70 mm de ladrillo de aire.Cámara de aire semiventilada de 40 mm. / Wind e impermeable (barrera) y transpirable a la barrera de vapor de agua / 16 tablero de madera. / 140 mm de aislamiento térmico. / Barrera de parada de aire 50 mm de aislamiento térmico / 13 mm Junta Fermacell  Valor U = 0.182 W / (m <sup>2</sup> .K)	Sistema de Producción ACS: Aerotermia aire-agua 3kw con tanque de 150 l para acumular agua caliente	
Cubierta:	Pizarras de arcilla tradicionales de 22 mm Cavidad de aire de 30 mm Membrana transpirable de 1 mm Aislamiento de fibra de madera de 52 mm Aislamiento térmico de 140 mm 1 mm Viento e impermeable (barrera) y transpirable a barrera de vapor de agua Tablero de revestimiento de madera de 22 mm Valor U = 0.199 W / (m <sup>2</sup> .K)	Sistema de Refrigeración:	
Suelo:	Piso de cerámica de 15 mm 60mm Screed Aislamiento térmico de 120 mm XPS 250 mm Losa de H.A.  Valor U = 0.259 W / (m <sup>2</sup> .K)	Sistema de Ventilación: Brink Climate Systems B.V., Renovent Excellent 300 (Plus). Completar con bypass. Caudal de aire máximo de 235 m <sup>3</sup> / h. Precalentador de 1kW Specific EHR 84%	
Carpintería:	Carpintería Ventaclim, Llodiana, marco de madera Alu Llodiana Ventaclim, Super-confort Marco de madera Alu U w-value = 0.8 W / (m <sup>2</sup> .K)	Sistemas de Renovables:	
Vidrio:	Alto rendimiento Guardian ClimaGuard 3 + 3-18-4-18-4 + 4, argón lleno Valor U g = 0.5 W / (m <sup>2</sup> .K) g -value = 53%	Sistemas de Autoconsumo:	
Valor U envolvente:	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	Otra información: Hermeticidad n50 = 0.47 / h	
Otra información:			
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>	<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
<b>A</b>	Tipo	Emisiones de GEI: [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	
	<b>PASSIVHAUS</b>	Puntuación	Consumo de energía: [kWh/m <sup>2</sup> año]
		<b>OTROS DATOS:</b>	
		Aislamiento térmico con "ecoetiqueta". Materiales de acabado interior que no emiten sustancias tóxicas.	

Nombre del Edificio:	<b>CASA LA VEGA</b>		Año de Construcción:	<b>2014</b>
Ubicación:	Ciudad: VEGA DE POJA (SIERO)	Provincia: ASTURIAS	Zona Climática (Esp):	<b>C1</b>
	País: ESPAÑA	C.Autónoma: P.ASTURIAS	(Internacional)	
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: www.passivehouse.com

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:															
Descripción:		Demanda Energía Primaria:															
Superficie construida:	136,00 [m <sup>2</sup> ]	Demanda de Calefacción:	9,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]														
Coste total:	156.400,00 €	Demanda de Refrigeración:	[kWh/m <sup>2</sup> año]														
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:															
Promotor:		Potencia Calefacción Instalada:	10,00 [W/m <sup>2</sup> ]														
Proyectista:	<b>DUQUEYAMORA ARQUITECTOS C.B.</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]														
Empresa Constructora:	<b>TIMBER CONSTRUCCION</b>	Energía aportada:	93,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]														
Otros Técnicos:																	
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:															
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: ESTUFA DE PELLETS RIKA mod. COMO. 2.4KW-9KW															
Muro: FIBRA DE YESO FERMACELL DE 12,5MM AISLAMIENTO DE WOODFIBRE DE 40MM PARA INSTALACIONES; Valor U: 0,186 W / m <sup>2</sup> .K TABLERO DE OSB DE 18MM AISLAMIENTO DE WOODFIBRE DE 140MM / MADERA SÓLIDA PANEL ESTRUCTURAL DE 16MM MEMBRANAS TRANSPIRABLES DE 1MM MADERA VENTILADA 15MM; Valor U = 0.159 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistema de Producción ACS: BOMBA DE CALOR AGUA CALENTADOR_300 PLUS ALMACENAMIENTO DE 300L															
Cubierta: PIZARRAS TRADICIONALES DE ARCILLA 22MM CAVIDAD DEL AIRE 30MM PANEL ESTRUCTURAL DE 16MM AISLAMIENTO DE 60MM XPS TABLERO DE MADERA DE 20MM AISLAMIENTO DE LA TARJETA DARKIDE 146MM TABLERO DE MADERA DE 20MM Valor U = 0.148 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistema de Refrigeración:															
Suelo: PISO DE PIEDRA DE 15MM HORMIGÓN 80MM AISLAMIENTO DE 60MM XPS HORMIGÓN 250MM AISLAMIENTO DE STYRODUR 100MM		Sistema de Ventilación: PAUL WARMERUCKGEWINNUNG GmbH, NOVUS 300 específico efectivo Eficiencia de recuperación de calor: 86%															
Carpintería: UNIFORME S.p.A., uni_one System Comfort Puerta de entrada. Puerta Zarabozo Carpintería TABLERO DE MADERA DE 20MM / AISLAMIENTO XPS DE 49MM / TABLERO DE MADERA DE 20MM U d-value = 0.617 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistemas de Renovables:															
Vidrio: Guardian ClimaGuard de alto rendimiento 4 / 18a / Low-e 4 / 18a / Low-e 4, lleno de argón Valor U g = 0.5 W / (m <sup>2</sup> .K); g -value = 53%		Sistemas de Autoconsumo:															
Valor U envolvente:	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	Otra información: Hermeticidad n50 = 0.49 / h presionar valor de prueba															
Otra información:																	
CALIFICACION ENERGÉTICA:		SELLOS / CERTIFICADOS VERDES															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Puntuación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Tipo	Puntuación												
Tipo	Puntuación																
		DATOS MEDIOAMBIENTALES:															
		Emissiones de GEI:	[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]														
		Consumo de energía:	[kWh/m <sup>2</sup> año]														
		OTROS DATOS:															
		Criterios de bioconstrucción. Madera y aislamiento natural.															

Nombre del Edificio:	<b>CASA MUROS</b>		Año de Construcción:	<b>2015</b>
Ubicación:	Ciudad: MUROS DE NALÓN	Provincia: ASTURIAS	Zona Climática (Esp):	<b>C1</b>
	País: ESPAÑA	C.Autónoma: P.ASTURIAS		
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Fuente: www.passivehouse.com

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>									
Descripción:		Demanda Energía Primaria:									
Superficie construida:	<b>170,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>14,90 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>								
Coste total :	<b>204.000,00 €</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>[kWh/m<sup>2</sup> año]</b>								
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:									
Promotor:		Potencia Calefacción Instalada:	<b>12,70 [W/m<sup>2</sup>]</b>								
Proyectista:	<b>Amaya Salinas de León</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>[W/m<sup>2</sup>]</b>								
Empresa Constructora:	<b>TimberOnLive S.L.</b>	Energía aportada:	<b>99,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>								
Otros Técnicos:											
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>									
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: Estufa de pellets modelo Lou de Edilkamin.									
Muro: Pared exterior - 15 mm. tablero de yeso - 80 mm. aislamiento de lana de roca - 140 x140 mm. estructura de estructura de madera - 60 mm. panel de madera laminado - 120 mm. aislamiento de lana de roca de alta densidad - 19 mm. panel estructural - Fachada ventilada		Sistema de Producción ACS: Aeromax 270 l. (Atlantic Iberica s.a.u.)									
Cubierta: - 19 mm. panel de madera estructural - 180 mm. aislamiento de lana de roca - 19 mm. panel de madera estructural - cubierta ventilada  Valor U = 0.181 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistema de Refrigeración:									
Suelo: 15 mm. piso de piedra - 19 mm. panel de madera estructural - 120 mm. aislamiento de lana de roca - 19 mm. panel de madera estructural - 80 mm. Aislamiento XPS - 250 mm. forjado Valor U = 0.187 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistema de Ventilación: Ventilación mecánica con recuperador de calor DF Excellent 4 de Siber (rendimiento 84%).									
Carpintería: Carpintería Claudio S.L. Nava: Marco de castaño autóctono Uf: 1,54 W / (m <sup>2</sup> K); U w-value = 1.2 W / (m <sup>2</sup> K) Puerta de entrada: Timber On Live s.l.; -10 mm. Tabla de madera / 40 mm. Aislamiento XPS / 10 mm. Tabla de madera; U d-value = 1.05 W / (m <sup>2</sup> .K)		Sistemas de Renovables:									
Vidrio: 4/10 / low-e 4/10 / low-e 4, lleno de argón Valor U g = 0.8 W/(m <sup>2</sup> .K) g -value = 50%		Sistemas de Autoconsumo:									
Valor U envolvente: [W/(m <sup>2</sup> .K)]		Otra información: Hermeticidad n50 = 0,46 ren./hora. test de blower door .									
Otra información:											
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>		<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Puntuación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Tipo	Puntuación						
Tipo	Puntuación										
		<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>									
		Emisiones de GEI: [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]									
		Consumo de energía: [kWh/m <sup>2</sup> año]									
		<b>OTROS DATOS:</b>									
		Criterios de bioconstrucción									
		Uso de aguas subterráneas para riego y duchas al aire libre.									

Nombre del Edificio:	<b>CENTRO CÍVICO CAN PORTABELLA</b>		Año de Construcción:	<b>2013</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>BARCELONA</b>	Provincia: <b>BARCELONA</b>	Zona Climática (Esp):	<b>C2</b>
	País: <b>ESPAÑA</b>	C.Autónoma: <b>CATALUÑA</b>		
Tipología:	<b>EDIFICIO TERCIARIO</b>		Método de Cálculo:	<b>CÁLCULO DE UN VALOR FIJO O DATOS</b>

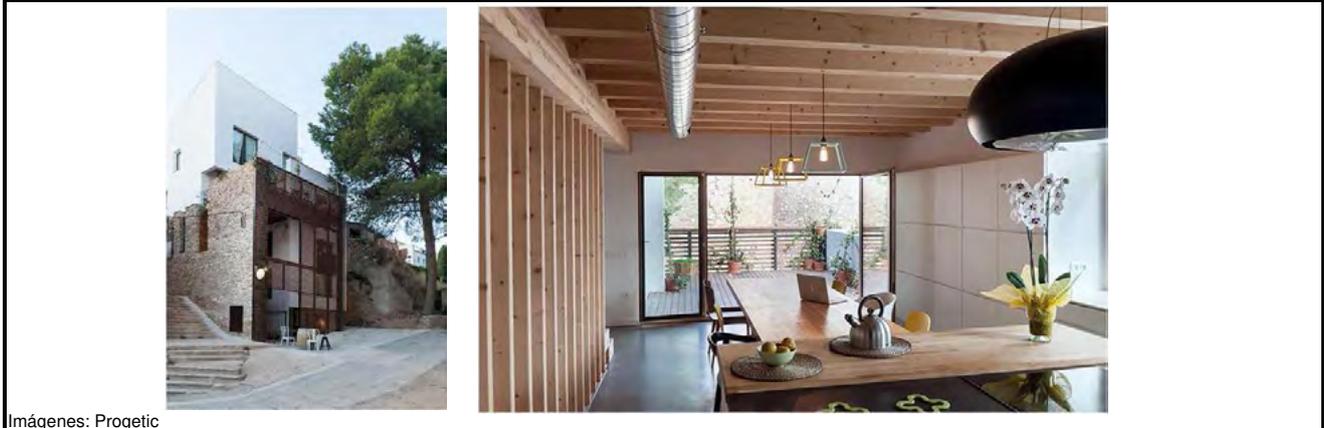


Imágenes: Josep Bunyesc

DATOS BÁSICOS:		ENERGÍA:	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	<b>691,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>14,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Coste total :	<b>0,00 [€/m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>9,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Agentes Intervinientes:		Carga de Refrigeración:	
Promotor:	<b>AJUNTAMENT DE BARCELONA</b>	Potencia Calefacción Instalada:	<b>12,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Proyectista:	<b>JOSEP BUNYESC</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>12,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Empresa Constructora:		Energía aportada:	<b>26,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Otros Técnicos:			
DATOS CONSTRUCTIVOS:		INSTALACIONES:	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: <b>AEROTERMIA ALIMENTADA POR FOTOVOLTAICO</b>	
Muro:	<b>ENTRAMADO LIGERO DE MADERA CON 16 CM DE AISLAMIENTO EN EL INTERIOR Y MURO EXISTENTE CON SATE EXTERIOR DE 12 CM</b>	Sistema de Producción ACS: <b>-</b>	
Cubierta:	<b>ENTRAMADO DE MADERA CON 24 CM DE AISLAMIENTO</b>	Sistema de Refrigeración: <b>AEROTERMIA ALIMENTADA POR FOTOVOLTAICO</b>	
Suelo:	<b>SOLERA DE HORMIGÓN CON AISLAMIENTO EN CONTACTO CON EL SUELO DE 8 CM</b>	Sistema de Ventilación: <b>RECUPERADOR DE CALOR</b>	
Carpintería:	<b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>	Sistemas de Renovables: <b>SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	
Vidrio:	<b>VIDRIO DOBLE BAJO EMISIVO</b>	Sistemas de Autoconsumo: <b>SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	
Valor U envolvente:	<b>[W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>	Otra información:	
Otra información:			
CALIFICACION ENERGÉTICA:		SELLOS / CERTIFICADOS VERDES	
<b>A</b>	<b>A</b> <small>MUY BONA</small>	Tipo	Puntuación
	<b>B</b>		
	<b>C</b>		
	<b>D</b>		
	<b>E</b>		
	<b>F</b>		
	<b>G</b> <small>MUY MALA</small>		
		DATOS MEDIOAMBIENTALES:	
		Emissiones de GEI:	<b>1,43 [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</b>
		Consumo de energía:	<b>35,96 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
		OTROS DATOS:	



Nombre del Edificio:	<b>Hotel Casa del Castell</b>		Año de Construcción:	<b>2015</b>
Ubicación:	Ciudad: <b>MORA DE EBRO</b>	Provincia: <b>TARRAGONA</b>	Zona Climática (Esp): <b>B3</b>	(Internacional)
	País: <b>ESPAÑA</b>	C.Autónoma: <b>CATALUÑA</b>		
Tipología:	<b>EDIFICIO TERCIARIO</b>		Método de Cálculo:	



Imágenes: Progetic

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	<b>304,00 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
Coste total :	<b>364.800,00 €</b> 1.200,00 [€/m <sup>2</sup> ]	Demanda de Refrigeración:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
<b>Agentes Intervinientes:</b>		<b>Carga de Refrigeración:</b>	
Promotor:		Potencia Calefacción Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]
Proyectista:	<b>Elija Vaqué, arquitectura sostenible</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	[W/m <sup>2</sup> ]
Empresa Constructora:	<b>Terravita construye</b>	Energía aportada:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
Otros Técnicos:	<b>Progetic (Ingeniería)</b>		
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: Paneles de techo radiante. Estufa estancia de pellets.	
Muro: Sistema prefabricado de madera, acabado exterior fachada ventilada. Aislamiento de celulosa 180mm entre tableros de madera.		Sistema de Producción ACS: Bomba de calor aerotérmica	
Planta baja con bloque de hormigón celular y aislamiento tipo Sate de XPS. Bloque de Ytong de 250mm y 80mm de XPS al exterior.		Sistema de Refrigeración: Paneles de techo radiante/refrescante	
Cubierta:		Sistema de Ventilación: Ventilación mecánica con recuperador de calor	
Suelo:		Sistemas de Renovables: Producción térmica con bomba de calor.	
Carpintería:	Carpintería de madera-aluminio con una Uf=1,0 W/m <sup>2</sup> k	Sistemas de Autoconsumo:	
Vidrio:	Vidrio doble con cámara de argón (90%) bajo emisivos (4-16a-6) con Ug=1,00W/m <sup>2</sup> k	Otra información:	
Valor U envolvente:	<b>0,21 [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>		
Otra información:			
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>	<b>A</b>	<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	
		Tipo      Puntuación	
		<b>PASSIVHAUS</b>	
		<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
		Emissiones de GEI:	<b>30,60 [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</b>
		Consumo de energía:	[kWh/m <sup>2</sup> año]
		<b>OTROS DATOS:</b>	



Nombre del Edificio:	<b>Casa en edificio existente en Torallola</b>	Año de Construcción:	<b>2013</b>
Ubicación:	Ciudad: TORALLOLA (CONCA DE DALT) Provincia: LLEIDA País: ESPAÑA C.Autónoma: CATALUÑA	Zona Climática (Esp): (Internacional)	<b>E1</b>
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>	Método de Cálculo:	<b>CÁLCULO DE UN VALOR FIJO O DATOS</b>



Imágenes: Josep Bunyesc

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	<b>100,70 [m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Calefacción:	<b>17,40 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Coste total :	<b>0,00 [€/m<sup>2</sup>]</b>	Demanda de Refrigeración:	<b>0,00 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
<b>Agentes Intervinientes:</b>		<b>Carga de Refrigeración:</b>	
Promotor:	<b>PRIVADO</b>	Potencia Calefacción Instalada:	<b>6,20 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Proyectista:	<b>JOSEP BUNYESC</b>	Potencia Refrigeración Instalada:	<b>0,00 [W/m<sup>2</sup>]</b>
Empresa Constructora:		Energía aportada:	<b>37,80 [kWh/m<sup>2</sup> año]</b>
Otros Técnicos:			
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: <b>ESTUFA BIOMASA</b>	
Muro: ENTRAMADO LIGERO DE MADERA CON 16 CM DE AISLAMIENTO EN EL INTERIOR Y MURO DE PIEDRA EXISTENTE AISLADO POR EL INTERIOR CON 12 CM DE AISLAMIENTO		Sistema de Producción ACS: <b>ESTUFA BIOMASA</b>	
Cubierta: ENTRAMADO DE MADERA CON 24 CM DE AISLAMIENTO		Sistema de Refrigeración:	
Suelo: SOLERA DE HORMIGÓN CON AISLAMIENTO EN CONTACTO CON EL SUELO DE 8 CM		Sistema de Ventilación:	
Carpintería: <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>		Sistemas de Renovables: <b>BIOMASA</b>	
Vidrio: <b>VIDRIO DOBLE BAJO EMISIVO</b>		Sistemas de Autoconsumo:	
Valor U envolvente: [W/(m <sup>2</sup> .K)]		Otra información:	
Otra información:			
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>	<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
<b>A</b>	Tipo Puntuación	Emisiones de GEI: [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	
		Consumo de energía: [kWh/m <sup>2</sup> año]	
		<b>OTROS DATOS:</b>	









Nombre del Edificio:	<b>Rehabilitación y ampliación de vivienda en la Floresta</b>	Año de Construcción:	2011
Ubicación:	Ciudad: SANT CUGAT DEL VALLÈS      Provincia: BARCELONA País: ESPAÑA      C.Autónoma: CATALUÑA	Zona Climática (Esp):	C2
Tipología:	<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>	Método de Cálculo:	<b>CÁLCULO DE UN VALOR FIJO O DATOS</b>



Imágenes: Josep Bunyesc

<b>DATOS BÁSICOS:</b>		<b>ENERGÍA:</b>	
Descripción:		Demanda Energía Primaria:	
Superficie construida:	93,70 [m <sup>2</sup> ]	Demanda de Calefacción:	11,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Coste total:	0,00 [€/m <sup>2</sup> ]	Demanda de Refrigeración:	0,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
<b>Agentes Intervinientes:</b>		<b>Carga de Refrigeración:</b>	
Promotor:	PRIVADO	Potencia Calefacción Instalada:	10,00 [W/m <sup>2</sup> ]
Proyectista:	JOSEP BUNYESC	Potencia Refrigeración Instalada:	0,00 [W/m <sup>2</sup> ]
Empresa Constructora:		Energía aportada:	63,00 [kWh/m <sup>2</sup> año]
Otros Técnicos:			
<b>DATOS CONSTRUCTIVOS:</b>		<b>INSTALACIONES:</b>	
Descripción de la envolvente:		Sistema de Calefacción: CALDERA DE GAS	
Muro:	ENTRAMADO LIGERO DE MADERA CON 16 CM DE AISLAMIENTO EN EL INTERIOR	Sistema de Producción ACS: SOLAR TÉRMICO Y TERMO DE GAS DE SOPORTE	
Cubierta:	ENTRAMADO DE MADERA CON 24 CM DE AISLAMIENTO	Sistema de Refrigeración:	
Suelo:	SOLERA DE HORMIGÓN CON 8 CM DE AISLAMIENTO EN LA BASE	Sistema de Ventilación: VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DEL CALOR	
Carpintería:	CARPINTERÍA DE MADERA	Sistemas de Renovables: SOLAR TERMICO	
Vidrio:	VIDRIO DOBLE BAJO EMISIVO	Sistemas de Autoconsumo:	
Valor U envolvente:	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	Otra información:	
Otra información:			
<b>CALIFICACION ENERGÉTICA:</b>	<b>SELLOS / CERTIFICADOS VERDES</b>	<b>DATOS MEDIOAMBIENTALES:</b>	
<b>A</b>	Tipo	Emisiones de GEI: [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	
	Puntuación	Consumo de energía: [kWh/m <sup>2</sup> año]	
		<b>OTROS DATOS:</b>	

## Casos de éxito de edificios de consumo casi nulo a nivel internacional

A continuación, podremos ver algunos casos de éxito en Edificios de muy bajo consumo o balance energético cero (EBEC)

En primer lugar, presentamos los proyectos de edificios nuevos y a continuación edificios renovados.

### Colegio en Arlington Virginia

Propietario Gobierno local



Actualmente el Condado de Arlington está experimentando un boom demográfico por lo que tienen que agregar 50.000m<sup>2</sup> en instalaciones educativas. El objetivo era que las nuevas instalaciones tuvieran balance energético cero y quedaran dentro del presupuesto. Aunque había escépticos que dudaban por los dos objetivos, el proyecto final además de salir por debajo del presupuesto incluyó la energía solar, es más eficiente de lo previsto en el uso de la energía. Ahora ahorran \$ 100.000 por año en costos de servicios, suficiente para cubrir los salarios de dos maestros.

- ▶ Dirección 5241 N. 36th St., Arlington, VA
- ▶ Contexto / configuración del sitio suburbano
- ▶ Número de ocupantes permanentes 715
- ▶ Ocupado por el propietario Sí
- ▶ Área total del suelo 9.000 m<sup>2</sup>
- ▶ Es un edificio único y nuevo
- ▶ Fecha de ocupación agosto de 2016



El edificio se construyó junto a una escuela secundaria existente. El equipo de diseño experimentó con diversas formas y orientaciones para la nueva escuela de 630 alumnos. Se analizó cada alternativa en términos de eficiencia energética y se calcularon cuántos paneles solares se necesitarían para compensar el uso de energía. El modelo que tuvo mejor calificación energética fue rechazado. Era demasiado compacto y no tenía suficiente exposición al sol para aprovechar la luz natural.

### Proceso de diseño

La firma de arquitectura VMDO sugirió un proyecto balance cero durante las ofertas competitivas, alegando que podría hacerse dentro del presupuesto existente. La junta escolar estaba interesada en el concepto, pero asumió que comprar los paneles solares sería demasiado costoso. Decidieron seguir adelante con el proyecto de diseño de un edificio balance cero y luego ofertar los sistemas de energía renovable como alternativa. Sin embargo, cuando llegaron las ofertas, la versión de energía cero aún eran \$ 1 millón menos que el presupuesto original.

Durante el diseño, una firma de ingeniería que había diseñado con éxito varias escuelas de energía cero en Kentucky fue incorporada al equipo. La empresa tenía experiencia en el diseño y modelado de conjuntos de paredes exteriores construidas con fórmulas de cemento aislante, una técnica de construcción que rara vez se usa en Virginia pero que ofrece un alto valor R, alta masa térmica y buen sellado de aire. Agregaron iluminación LED y pozos geotérmicos para un sistema de bomba de calor y obtuvieron los ingredientes principales para una escuela altamente eficiente.

### Lecciones aprendidas

Las principales preocupaciones no estaban en diseñar un edificio eficiente, si no garantizar que durante el uso real y en los procesos de mantenimiento a largo plazo se conseguían los objetivos.

Para el equipo del proyecto, las lecciones aprendidas durante el proyecto han sido sobre el seguimiento del rendimiento y la comprensión de lo que ocurría. La mayo-

ría de los programas de sostenibilidad se basan en el uso de energía previsto, pero los edificios cero requieren un rendimiento comprobado. Y parte del seguimiento del rendimiento real significa que el equipo de diseño está más en contacto con los problemas que surgen durante la operativa. El equipo aprendió que hacer las cosas más simples para operar también manualmente es muy importante, en lugar de solo automatizar el control y gestión de las instalaciones, si lo que se busca también es reducir las quejas de los usuarios, siendo esta una de las claves del éxito.

### Costes del proyecto

- ▶ Costo total del proyecto \$ 32,305,800
- ▶ Costos de adquisición del suelo \$ 0
- ▶ Costos del proyecto: edificio \$ 26,690,000, PV \$ 1,510,000, obras adyacentes \$ 4,106,000

### Detalles

Tiempo de amortización estimado para el sistema fotovoltaico aisladamente se estima en 13 años. Sin embargo, al analizar la inversión en conjunto del proyecto, los ahorros en costos del edificio por la energía (aproximadamente \$ 100,000 por año) compensan con creces el pago de las mensualidades de la instalación fotovoltaica. Además, la instalación PV genera ingresos cuando la producción es excedente, por lo que el sistema en realidad tiene un flujo de caja positivo desde el primer día.

Una instalación típica en el distrito tiene un consumo de 69 EUI. Durante el diseño se calculó 21 IUE, y el rendimiento real es más cercano a 16IUE.

Los 1.700 paneles fotovoltaicos generan 496 kW

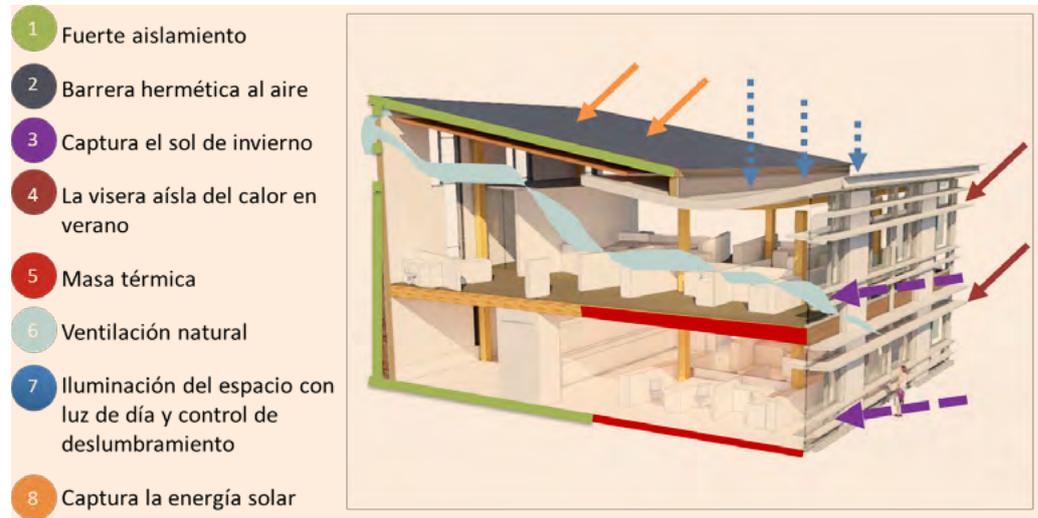
## Centro de innovación del RMI 2015



El centro de innovación del RMI 2015 está construido en una zona térmica con temperaturas extremas, llegando a los  $-20^{\circ}\text{C}$  en invierno y los  $30^{\circ}\text{C}$  en verano y aún así, tiene un balance energético positivo, gracias al fortísimo aislamiento, los bajísimos consumos de las instalaciones y al sistema fotovoltaico instalado en una parte del techo.

Se ha diseñado un aislamiento térmico extraordinariamente efectivo. Las ventanas y el sistema de apantallamiento de la fachada sur dejan pasar la luz tamizada y el calor en el invierno, calentando la masa térmica interior. En verano solo deja pasar la luz tamizada. Tiene un 52% de superficie acristalada.

En la fachada norte se ha reducido hasta el 18% para mejorar el aislamiento y los costes.



NO tienen un sistema de calefacción ni de aire acondicionado convencional. Tan solo calientan con un intercambiador de calor el aire que renuevan al medio día durante el invierno, su potencia es de tan solo 7.000 w para una superficie de 4.000m<sup>2</sup>.

**Con la energía sobrante recargan varios coches eléctricos de forma que sus ocupantes pueden ir y volver al trabajo sin consumir energía del exterior**

## Bullitt Foundation Cascadia Center



El edificio Bullitt Foundation Cascadia Center está operativo desde el 22 de abril de 2013 y ha demostrado tener un balance positivo en el consumo de energía, además de conseguir un buen número de ventajas adicionales para sus propietarios y sus usuarios como mayor confort.

Consume un 75% menos que los edificios que cumplen el riguroso estándar de edificación de Seattle. Consumió solo 147.260 KWh durante el primer año de uso y produjo 252.560KWh de energía limpia con los paneles fotovoltaicos que se encuentran en el tejado, con un balance positivo de 105.300KWh al año. Tiene una superficie de 4.800m<sup>2</sup>, por lo que consume al año 30,7KWh/m<sup>2</sup>, o lo que es lo mismo, 120W por m<sup>2</sup> y por día de trabajo. Una de las razones para conseguir estos datos es que los usuarios aceptaron limitar el uso de cargas enchufadas (ordenadores, impresoras, teléfonos móviles, etc.) a 86W por m<sup>2</sup> y por día de trabajo.

En algunos proyectos EBEC en USA, se especifican en los pliegos de condiciones aspectos innovadores y significativos para la economía local como que el 70% de los materiales son aprovisionados de fuentes más cercanas a 500 millas a la redonda y, por supuesto, cumpliendo unos estándares de calidad mínimos que dejan fuera productos de bajo nivel.

## CBF Merrill Environmental Center:



La Chesapeake Bay Foundation se dedica a la protección del medio ambiente y el entorno de Annapolis, Maryland.

El edificio se reconoció como el más ecológico construido hasta el momento en diciembre de 2000, siendo el primero en obtener la clasificación LEED platino en USA, lo que implica que consume alrededor de un 68% menos que uno convencional.

Los gestores están más orgullosos de las ventajas obtenidas para las personas que de los ahorros energéticos, pudiendo destacar:

1. La ventilación natural es utilizada siempre que sea posible, monitorizando el dióxido de carbono en el interior y exterior del edificio y abriendo las ventanas automáticamente cuando sea preciso.
2. Aprovechan la luz natural para iluminar los interiores, utilizan sistemas de apantallamiento que permiten ver el entorno exterior maximizando el confort de los empleados y obteniendo un índice de satisfacción de los usuarios del 90%.
3. El índice de satisfacción global de los usuarios fue el segundo más alto entre más de 600 edificios de la comparativa CBE.
4. El 80% de los usuarios expresaban que tenían altos niveles de moral, bienestar y sensación de ‘pertener’ al trabajo.
5. Los usuarios tienen un fuerte sentido de orgullo por el edificio. El 97% se mostró orgulloso de enseñar el edificio a visitantes. Indicando la filosofía del edificio, pues ésta se ajustaba a los principios y valores de la organización: “aquí se puede ver en qué y cómo estamos trabajando”.
6. El 74% de los comentarios fueron de naturaleza positiva. Entre los aspectos a mejorar se encuentran los siguientes: los problemas acústicos asociados a una oficina abierta, algunas condiciones térmicas, la necesidad de más salas de reuniones, y el deslumbramiento en algunos momentos por diferencia de nivel de iluminación entre el exterior y el interior.
7. La organización se preocupa más allá del impacto dentro del edificio y ha establecido sistemas de motivación para promocionar el uso de la bicicleta o la posibilidad de compartir vehículos para ir al trabajo. Además, han incluido instalaciones específicas para apoyar la política tales como espacios para custodiar las bicicletas, duchas para las personas que caminan, corren o llegan en bicicleta. El centro ofrece bicicletas y coches eléctricos para el transporte en horas de trabajo. Por supuesto, aprovechan las nuevas tecnologías para la comunicación con video conferencia.

## North Face



Por último, algunas comunidades, universidades y empresas con grandes campus, están planteándose su huella de carbono total y están tomando medidas, como es el caso de **North Face** en sus oficinas de Alameda en California.

Con una superficie del campus de 5,6 hectáreas y una edificación de 19.000m<sup>2</sup>, tienen un balance positivo de energía.



### Measured Energy Stats

**16.8 - 29.5 = -12.7\***

BUILDING'S  
TOTAL EUI

RENEWABLE  
PRODUCTION RPI

BUILDING'S  
NET EUI

**Gary Graham** director de gestión de energía en Cushman & Wakefield:

*“Mi visión es que en 2020 tendremos muchos más EBEC, con todos los sistemas centralizados controlados por el mismo software. Los sistemas mejoran continuamente la eficacia del edificio además de mantenerlo. Para llegar a esto, hoy tenemos que presentar correctamente buenos casos de éxito que ya tenemos, y diseminar el conocimiento a muchos niveles, dando formación con convicción”.*

Pasará en este mercado como en el de la telefonía móvil: si nos lo hubieran contado hace unos años, no nos lo hubiéramos creído: sin embargo, ahora no podemos vivir sin ella. Al principio, esta tecnología era para unos pocos adinerados que tuvieran la suerte de vivir en un país en el que estuviera disponible. Hoy se usa por todo el mundo, mientras que antes se usaba solo para hablar desde el coche, que ya era bastante. En la actualidad, es una herramienta de información y comunicación en el que hablar es solo una parte, de hecho, el sistema guarda nuestra vida en la ‘nube’.

Desde luego, la transición fue profunda, los que nos enseñaron estaban por todos lados, en muchos casos, nuestros hijos o conocidos. Las razones fundamentales para el éxito fueron que la tecnología estaba suficientemente madura y no fallaba demasiado: y fue evolucionando poco a poco y nosotros con ella, nos resultaba práctico. Los sistemas cada vez eran más fáciles de usar, aunque lo que hubiera por detrás fuera muy complejo. El modelo de valor superó la resistencia de nuestra cultura tradicional (hoy, todavía, algunas personas mayores, se resisten a usar el sistema para algo más que para hablar).

Respecto al ahorro energético, ahora se empieza a cerrar el círculo al tener las tecnologías y los casos de éxito necesarios para el que quiera animarse a ‘conocer’. Con la eficiencia energética pasará lo mismo que con la telefonía, aunque aún lleva retraso porque la propia industria no estaba preparada hace unos años y los intentos fueron fallidos, por lo que hay reticencias adicionales. Sin embargo, podemos afirmar lo siguiente:

1. La tecnología es suficiente y está madura.
2. Los responsables de la decisión son más conscientes de que les interesa, porque lo están verificando.
3. Tenemos que educarnos entre todos.
4. Hemos de dar a conocer los casos de éxito.
5. La gente no se puede creer que se puedan eliminar algunas instalaciones, pero, en muchos casos, es posible, como en el caso del AA. Si no se pueden eliminar, se puede reducir su consumo en un 40% por la nueva tecnología y con una mejor gestión.
6. El sistema nos sirve para ahorrar energía, para mejorar la eficacia de las personas y detectar errores o fallos ocultos.

[Lista de edificios EBEC 2016 en USA](#)

## Algunos casos de éxito en renovación profunda de edificios

<http://www.akridge.com/> **Akridge** tiene en propiedad más de 28 edificios de oficina con un total de 1,3 millones de m<sup>2</sup> en USA ocupados por terceros. En los últimos años han conseguido reducir en un 40% los costes de energía tras un plan de mejora competitiva, para posicionarse con una propuesta de valor diferenciadora respecto a otras ofertas del mercado.

En palabras de su fundador: *“Sí, hemos conseguido reducir el 40% del consumo de nuestros edificios con renovaciones, no fue fácil, y no pasó del día a la noche, pero con la gente adecuada y el compromiso adecuado, ¡¡lo conseguimos!!”*

Diferencia sus propiedades como Clase A+, de alta tecnología, sostenibles y eficientes energéticamente. La fórmula ha pagado sus dividendos permitiéndole: obtener rentas superiores, incrementar el valor de sus inversiones y convirtiéndolo en un líder de referencia en el desarrollo, la construcción y la gestión de edificios.

En palabras de su presidente, conseguir que un edificio sea LEED platino solo tiene un coste extra de 10\$ por m<sup>2</sup> o +- 0,6% del coste del edificio. Un edificio LEED platino consume un 68% menos que uno convencional. Un Edificio Balance Energético Cero consume el 80% menos que uno convencional y además hay que incluir el coste de la generación, pero ¡después no consume nada de energía! Y tiene un valor intrínseco mayor.

Akridge consiguió cumplir sus objetivos sobre la reducción de consume de energía a la vez que incrementó: la satisfacción de los inquilinos de los edificios, su permanencia como inquilinos, y sus ratios de ocupación. *“Creemos que nuestros clientes merecen lo mejor en: servicios del edificio, tecnología, amenidades y excelencia en la gestión del edificios y siempre estamos intentando superar sus expectativas”*.

Akridge siempre se ha comprometido en desarrollar y ofrecer propiedades de primera clase que permitan a sus clientes desarrollar al máximo sus capacidades, y se han establecido como los líderes y principal ejemplo de cómo proteger el entorno con éxito financiero.

Akridge han sido el primero en ofrecer novedades a sus clientes muchas veces, como por ejemplo: en ofrecer el servicio de conserjería, en ofrecer servicio de AC a horas distintas a las del horario comercial, internet de alta velocidad, servicios de conexión económica con distintos proveedores de telefonía móvil a través de líneas fijas, Wi-fi, y fue el primero en ofrecer un edificio con calificación energética LEED Platino a sus clientes. Akridge también fue el primero en ofrecer servicios de tecnología que incluía IT y la operativa del edificio y gestión de la energía para los clientes. Integrar estos servicios fue un gran cambio en el sector y lo hicieron hace 16 años.

Akridge cree que establecer un nivel muy alto de servicios y subirlos constantemente es algo que les diferencia e incrementa la satisfacción de sus clientes. Su claro compromiso por la eficiencia energética, servicio al cliente, y excelencia en el servicio han demostrado ser una oferta ganadora.

Según **Andrew Keller**, responsable del mantenimiento del campus de Genentech INC en San Francisco, que además acoge las oficinas de Roche en USA, (Roche es la cabeza del grupo de empresas): *“gestionar el uso de la energía ha ganado importancia para maximizar la eficiencia de las empresas y reducir costes, siendo fundamental para mejorar nuestros datos económicos y nuestro impacto medioambiental. Los datos, su análisis*

*y su integración en sistemas inteligentes de control, están transformando la forma en la que estamos diseñando y operando los edificios. Por lo tanto, tenemos muchísimo más éxito en nuestros resultados económicos y las personas están más satisfechas. Con estas experiencias, han reducido el consumo de energía en casi un 5% cada año desde 2009, pasando de consumir 153GJ a 129GJ en el 2013”*

Tenemos la oportunidad de cambiar el paradigma del edificio:

1. En costes.
2. Eficiencia de las personas.
3. Flexibilidad.
4. En cómo operamos nuestro edificio.
5. No interesa conocer solo qué producto es el más barato, sino hacer una comparación competitiva.
6. Tenemos que juntar los mundos de los arquitectos con el de los ingenieros y con los proveedores tecnológicos innovadores desde el principio del proyecto.

Según **María Tikoff**, directora del Better Building Challenge del Departamento de Energía de EU, la eficiencia energética nos aporta ahorros, trabajos de calidad para las personas de la región, actividad en el mercado y desarrollo tecnológico.

El objetivo no debe ser un solo edificio, sino transformar todo el parque de nuestra propiedad. Cada uno a su nivel, hacer el mayor esfuerzo, nos aporta mayores ventajas por las que merece la pena trabajar duro. Así, al comparar los consumos de muchos edificios se pueden ver patrones claros:

1. Los gestores de los edificios no tienen datos desglosados de los consumos, tienen que comenzar haciendo la toma de datos que les permita actuar.
2. Las empresas con múltiples edificios suelen tener descentralizada la toma de decisión sobre la gestión del edificio y cada gestor decide sus propias medidas sin optimizar, no teniendo en cuenta las experiencias de todos, lo cual no es adecuado para optimizar.

Así, cinco son los hábitos para convertirse en un líder en la mejora de la eficiencia en los edificios:

1. **Establecer objetivos cuantificados** desde el mayor nivel posible dentro de la organización ayuda a enfocar a toda la estructura. Las compañías que lo hacen suelen dar los pasos necesarios y consiguen los resultados esperados, tal y como se refleja en estos casos: [University of California, Irvine](#), [Legrand](#) y [Best BuyBest Buy](#).
2. **Los datos importan**, si no puedes medirlo, no puedes gestionarlo. Con la información en la mano se pueden tomar medidas correctoras para ahorrar dinero como es el caso de [Macy's](#), [TIAA CREF](#), [Schneider Electric](#), [City of Columbia, Missouri](#), [State of Delaware](#) y [City of Beaverton, Oregon](#).
3. **Mirar más allá de la tecnología**, seguro que una nueva tecnología específica nos aporta ahorros significativos, pero mucho más potencial de mejora nos aportan la combinación de las distintas tecnologías de un edificio con una organización comprometida, buscando mejoras activamente, y la colaboración

de los usuarios y los clientes, tal y como lo consiguieron [3M](#), [City of Arlington, Virginia](#), [Delaware State University](#), [North Carolina](#), [Minnesota](#), [Commonwealth of Massachusetts](#), [Kohl's](#), y [AlcoaAlcoa](#).

4. **Es necesario tener un líder y un equipo.** Un líder puede marcar la diferencia enseñando, orientando e inspirando a los demás. La idea es maximizar los beneficios de gestionar el uso de la energía integrando el ahorro energético en las prácticas cotidianas. Además, esta fórmula puede ayudar a realizar mejoras y ahorros en otras áreas de la compañía, como es el caso de estas compañías que tienen responsables que lideran a los demás: [Saint-Gobain](#), [City of Hillsboro, Oregon](#), [State of Maryland](#), [Cleveland Clinic](#), [City of El Paso, Texas](#) y [Cummins](#).
5. **Aprende, enseña y evoluciona.** Los edificios tienen que evolucionar a la misma velocidad que los líderes y los negocios que constantemente están buscando las mejores prácticas del sector y, también, compartiendo sus experiencias, como ocurre con [City of Atlanta, Georgia](#), [City of Gillette, Wyoming](#), [Legrand](#), [Ford](#) y [HEI Hotels & Resorts](#).

Para más información, se puede acceder a

<https://www4.eere.energy.gov/challenge/home>.

## Joseph Vance Building en el centro de Seattle:



En 2006 La compañía Rose Smart Groth Investment Fund I, L.P. compró este edificio histórico, con la intención de transformarlo en un edificio histórico que fuera líder en aspectos ecológicos. En 2007 consiguieron 98 sobre un posible de 100 en la calificación Energy Star. El propietario se muestra orgulloso al decir: *‘Emparejar los aspectos ecológicos, que incluían el ahorro energético, con una inversión continuada en mejoras, hemos pasado de una ocupación del 68% al 96%, y además hemos mejorado nuestro beneficio y el valor del edificio’.*

El Gobierno Estadounidense ha establecido una competición a nivel de estado para ver cuál de ellos lo está haciendo mejor. Se puede acceder al ranking actual en [list of top cities with the most ENERGY STAR-certified buildings](#).

El 24% de EBEC en USA corresponde a proyectos de renovación profunda que han llegado al estatus de “Cero”

[http://newbuildings.org/sites/default/files/2014\\_Getting\\_to\\_Zero\\_Update.pdf](http://newbuildings.org/sites/default/files/2014_Getting_to_Zero_Update.pdf)

**nbi** new buildings  
institute

<https://newbuildings.org/> en su recuento de proyectos terminados durante el 2016 de edificios con renovación profunda indica que, el incremento del coste es del 15% superior a si solo se actualizarán las instalaciones para cumplir la legislación vigente.

Nosotros podemos añadir que este diferencial de coste se amortiza en pocos meses al mejorar sensiblemente el ahorro en energía y el bien estar y eficacia de las personas. Esto es posible porque al realizar un proyecto integrado entre todas las instalaciones y mejorar el aislamiento, se puede reducir el coste de las instalaciones más costosas como el AC y derivar la inversión hacia el resto de las instalaciones para que sean más eficaces.

## GSA (General Services Administration)



La GSA (General Services Administration) gestiona los edificios oficiales de USA. Están liderando el mercado con el ejemplo y mostrando grandes resultados. La misión de la GSA es ayudar a las agencias federales a comprar de manera más inteligente, reducir su huella inmobiliaria, proporcionar tecnología eficiente y que ahorre costos que ayude a crear un gobierno federal mejor y más eficaz <https://www.gsa.gov/>

## Conclusión

Las renovaciones profundas generan un gran valor para los propietarios y los ocupantes, mucho más allá de los ahorros en coste de energía. Cuando se incluyen en los cálculos todos los beneficios de las renovaciones, estas pueden competir con cualquier otra inversión del negocio, mejorando sus tasas de rendimiento y a un riesgo razonable para la compañía.

Alrededor de la mitad de los edificios están ocupados por sus propietarios, lo que representa una mina de oro para la rentabilidad del negocio, ofreciendo resultados reales, a la vez que preserva y mejora la posición competitiva a largo plazo de la compañía.

Además, aportamos nuestro granito de arena para crear un futuro energético limpio, próspero y seguro para todos.

Antes y después de una renovación profunda, tras la que se consiguió la calificación LEED platino.



# Referencias



**BUTTI, K Y PERLIN, J. (1985)**, *Un hilo dorado. 2500 años de arquitectura y tecnología solar*, Madrid: Hermann Blume. Or.: 1980.

**CSCAE (2014)**, *Un Vitruvio ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*, Barcelona: Gustavo Gili.

**DUNHAM-JONES, E. & WILLIAMSON, J. (2009)**, *Retrofitting Suburbia. Urban design solutions for redesigning suburbs*, New Jersey: John Wiley & Sons.

**FARIÑA TOJO, J. (1998)**, *La ciudad y el medio ambiente natural*, Madrid, Akal Arquitectura.

**FIGUEROA CLEMENTE, M. E. (2007)**, *Los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>: una estrategia sostenible entre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto desde las perspectivas urbana y territorial*, Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.

**HERNÁNDEZ, A. (COORD.) ET ALT. (2013)**, *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*, Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.

**MOSTAFAVI, M & DOHERTY, G. (2011)**, *Ecological Urbanism*, Karlsruhe: Lars Müller Publishers.

**OLGYAY, V. (1963)**, *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press.

**PÉREZ IGUALADA, J. (2005)**, *Manzanas, bloques y casas. Formas construidas y formas del suelo en la ciudad contemporánea*, Valencia: Universidad Politécnica.

**RUEDA, S. (2013)**, *Sistemas de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*.

[http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A-76D1D264/111504/INDI\\_CIU\\_G\\_Y\\_M\\_tcm7177731.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A-76D1D264/111504/INDI_CIU_G_Y_M_tcm7177731.pdf)

**SALVADOR PALOMO, P. J. (2003)**, *La planificación verde en las ciudades*, Barcelona: Gustavo Gili.

**SANZ ALDUÁN (2016)**, *Manual de movilidad peatonal. Caminar en la ciudad*, Madrid: Ibergarceta publicaciones.

Directiva 2009/28/CE: “Fomento del Uso de Energía Procedente de Fuentes Renovables”

<https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>

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

<https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>

RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318 DE LA COMISIÓN de 29 de julio de 2016 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo

<https://www.boe.es/doue/2016/208/L00046-00057.pdf>

CÓDIGO TÉCNICO. Documento básico sobre Ahorro de Energía con modificaciones señaladas de la Orden FOM/588/2017, de 15 de junio

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>

ESTÁNDAR PASSIVHAUS. Requerimientos de una Casa Pasiva.

[http://www.passivehouse.com/02\\_informations/02\\_passive-house-requirements/02\\_passive-house-requirements.htm](http://www.passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm)

“Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas” (Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid 17 de diciembre de 2017). (Fuente: GNG Protocol).

<http://www.ghgprotocol.org/>

La Etiqueta VERDE®. La base de la Certificación VERDE® Green Building Council España).

La Etiqueta LEED® (Fuente: U.S. Green Building Council)

Criterios para la certificación LEED (fuente Foro Iberoamericano de Ciudades. Fundación Ciudad. 2016).

La Etiqueta BREAM® Y el proceso de certificación BREAM® (Fuente: Building Research Establishment. Reino Unido)

Países miembros del World Green Building Council (WGBC). Fuente WGBC

Otras Herramientas de Calificación DOE-2 desarrolladas bajo las bases del World Green Building Council (Fuente WGBC)

Calener VYP y Calener GT. Fuente Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. IDAE. 2017

DOE-2.

<https://simulationresearch.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-18046.pdf>

Energyplus

<https://energyplus.net/>

Openstudio

<https://www.openstudio.net/>

DesignBuilder

<https://www.designbuilder.co.uk>

CYPETherm

<https://Cype.com>

“The optimistion of Timger Frame Closed Panel System for Low Energy Buildings”. Jesús Menéndez, 2016.

Los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España: Avances y decisiones Normativas” (Presentación magistral de Luis Vega, Ministerio de Fomento, en el IV Congreso EECN. Madrid, 17 de diciembre de 2017.

“Curva MacLeamy”. Sesión general de BIM en la convención nacional AIA (American Institute of Architects). Patrick MacLeamy, (Hellmuth-Obata-Kassebaum), 2005.

AEA (Asociación Española de Aluminio y tratamientos de superficie) y ESTUDIO TECNALIA. “La influencia del marco de la Ventana en la Calificación Energética y en la Demanda de Energía de los edificios”, 2014.

BIOURB, DIVERSIDAD BIOCONSTRUCTIVA TRANSFRONTERIZA. Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Hacienda-EREN-Estudio de Arquitectura Manuel Fonseca-ICCL.

“Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea”, 2015.

CRISTINA IGLESIAS PLACED, Universidad de Málaga (CONAMA2014 Congreso Nacional de Medio Ambiente). “Estudio sobre posible amortización y cálculo de ahorro generado en la rehabilitación de la envolvente de edificios de viviendas mediante intervenciones bioclimática”, 2014.

COMUNIDAD de MADRID, Consejería de Economía y Hacienda, Organización Dirección general de Industria, Energía y Minas. “Guía del Estándar Passivhaus-Edificios de consumo energético casi nulo”, 2011.

<http://www.madrid.org>

CTE Código Técnico de la Edificación.

<https://www.codigotecnico.org/>

CTE-CEC. Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. Redacción: Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA. Versión preliminar: enero 2010. Borrador Archivo: CAT-ECv6.2(ENERO10).doc

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-catalogo-informatico-elementos-constructivos>

EDUARDO M<sup>a</sup> DE RAMOS, Director CITAV. Saint-Gobain Cristalería. Congreso “Rehabilitación Eficiente en Edificios: “Vidrios y marcos energéticamente eficientes”, 2011.

<https://ovacen.com/wp-content/uploads/2014/06/Congreso-Rehabilitacion-eficiente-en-edificios-Vidrios-y-marcos-energeticamente-eficientes.pdf>

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.”Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios, Soluciones de Aislamiento con Vidrios y Cerramientos”, 2007.

<http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos>

IDAE. “Guía IDAE: Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3”

[http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Manual\\_fundamentos\\_tecnicos\\_CE3\\_03.pdf](http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3_03.pdf)

IVE Instituto Valenciano de Edificación-Generalitat de Valencia. “Cuadernos de Rehabilitación. P1.Productos y Materiales.”

<http://www.five.es/descargas/archivos>

Máster Universitario: MORENO MILLÁN, ADOLFO. “Estudio paramétrico de factores influyentes en la calificación energética en rehabilitaciones. estudio de las condiciones locales en Andalucía interior”, 2014

OVECEN. Portal de eficiencia energética y arquitectura.

<https://ovacen.com/>

Pedro J Hernández. “Confort, eficiencia energética, radiación, rehabilitación energética”, 2014.

<https://pedrojhernandez.com/author/pedrojhernandez/page/4/>

TECNALIA. “Ensayo sobre ventana PVC”.

UNIVERSIDAD de VALLADOLID. “Proyecto de Rehabilitación energética de la envolvente sede Mergelina de la Escuela de Ingenierías Industriales”, 2016.

VÍA SAINT GOBAIN-SGG CLIMALIT.

<https://www.climalit.es/>

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. “Informe The Business Case for Green Building.”

<http://www.worldgbc.org>

BSR/ASHRAE/IES Standard 202P “Commissioning Process for Buildings and Systems: 2012”.

ASHRAE Guideline 1.1-2007 “HVAC&R Technical requirements for the Commissioning Process”.

Core & Shell K12 School Projects Edition 2009 “LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction”.

Richard B Chase, F. Robert Jacobs “Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros”.

AABCE Commissioning Group “AGC Commissioning Guideline for Buildings Owners”.

GSA “Facilities Standards for the Public Building Services”.

PECI “Model Commissioning Plan and Guide Specification”.

CON LA COLABORACIÓN DE



**Junta de  
Castilla y León**

Consejería de Fomento y Medio Ambiente

**aeice**  
Construcción Eficiente



ESTRATEGIAS  
PARA EDIFICIOS  
DE ENERGÍA CASI NULA