

Índice de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN (pág. 5)

2. ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y ESTRUCTURA DEL DB HE (pág. 6)

3. OBJETIVOS DE ESTA GUÍA DE AYUDA A LA APLICACIÓN DEL NUEVO DB HE 2019 (pág. 8)

4. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL APARTADO DE EJEMPLOS (pág. 8)

5. FICHA 0. VIVIENDA UNIFAMILIAR MÍNIMA (pág. 12)

SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS (pág. 16)

A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL (pág. 17)

Información general (pág. 18)

Programa funcional (pág. 19)

B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA (pág. 24)

Conceptos previos (pág. 24)

Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados (pág. 24)

Imagen. Volumetría (pág. 34)

C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA (pág. 35)

Composición de los cerramientos. Opacos y huecos (pág. 35)

Modelo de puentes térmicos... (pág. 41)

D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS (pág. 45)

Acondicionamiento de invierno (pág. 46)

Acondicionamiento de verano (pág. 48)

Producción de ACS (pág. 49)

Ventilación híbrida (pág. 51)

SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS (pág. 53)

HE1. CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA (pág. 53)

Preparación de datos previos a la comprobación (pág. 57)

Condiciones de la envolvente térmica (pág. 71)

Limitación de descompensaciones (pág. 102)

Limitación de condensaciones de la envolvente térmica (pág. 102)

Comentarios (pág. 104)

HE2. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS (pág. 105)

HE3. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN (pág. 107)

HE4. CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (pág. 108)

Preparación de datos previos a la comprobación (pág. 108)

Contribución renovable mínima para ACS... (pág. 111)

Sistemas de medida de energía suministrada (pág. 114)

HE5. GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA (pág. 115)

HE0. LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO (pág. 116)

Preparación de datos previos a la comprobación (pág. 116)

Consumo de energía primaria no renovable (pág. 116)

Consumo de energía primaria total (pág. 117)

Horas fuera de consigna (pág. 117)

Resultados (pág. 118)

RESUMEN DE CUMPLIMIENTO DE CADA SECCIÓN (pág. 122)

Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios (pág. 122)

SECCIÓN 3. AYUDAS (pág. 126)

INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC (pág. 126)

Datos generales, administrativos y previos (pág. 126)

Base de datos (pág. 127)

Construcción del modelo (pág. 128)

Incorporación de sistemas (pág. 135)

Comentarios sobre la simulación (pág. 135)

CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS (pág. 136)

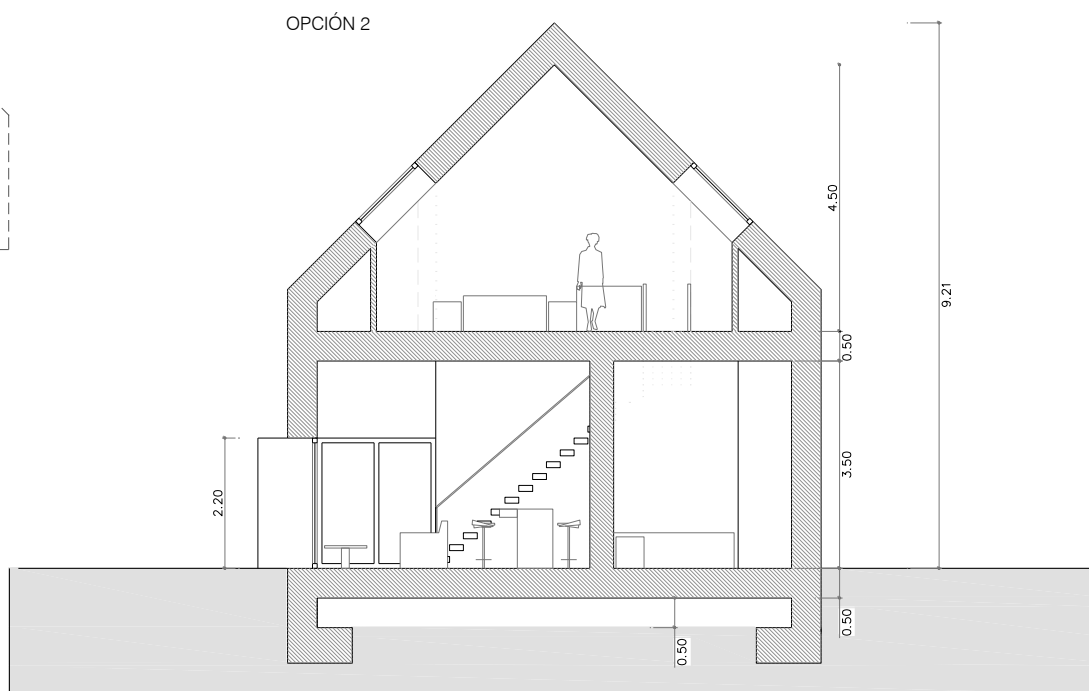
Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior (pág. 136)

Transmitancias de particiones interiores (pág. 138)

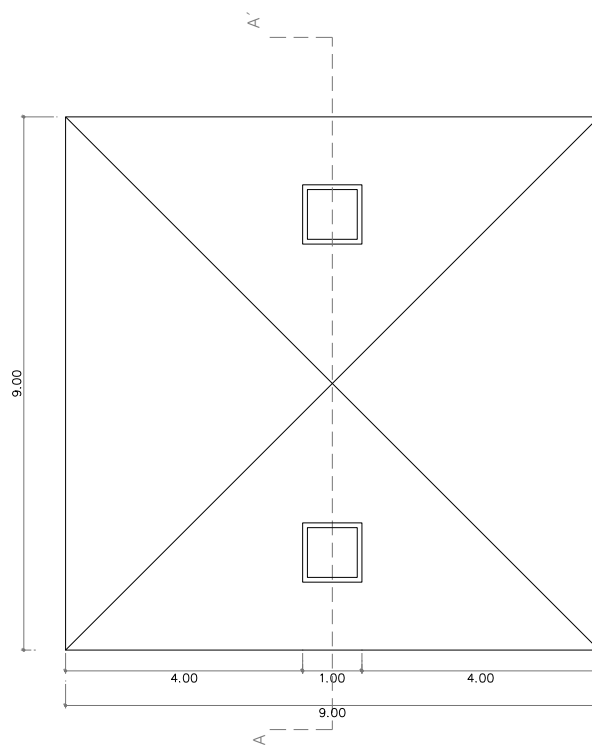
CÁLCULO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES (pág. 147)

Datos previos (pág. 147)

Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales (pág. 151)

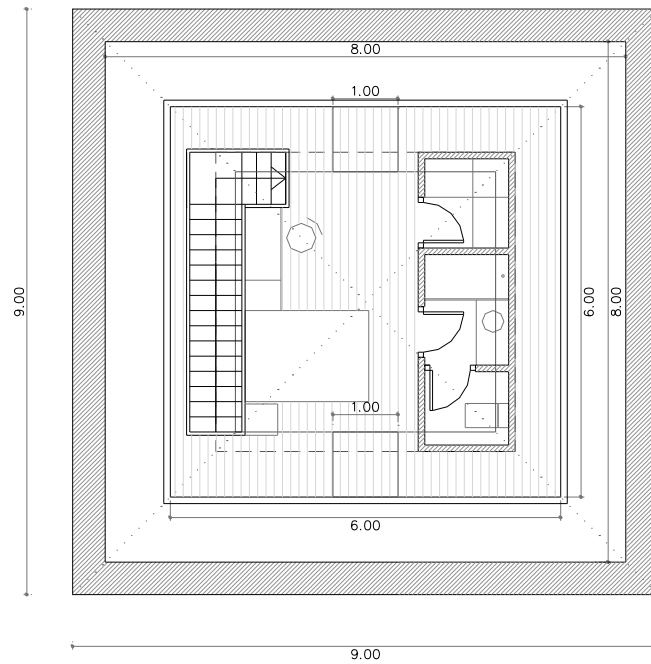


SECCIÓN A-A'

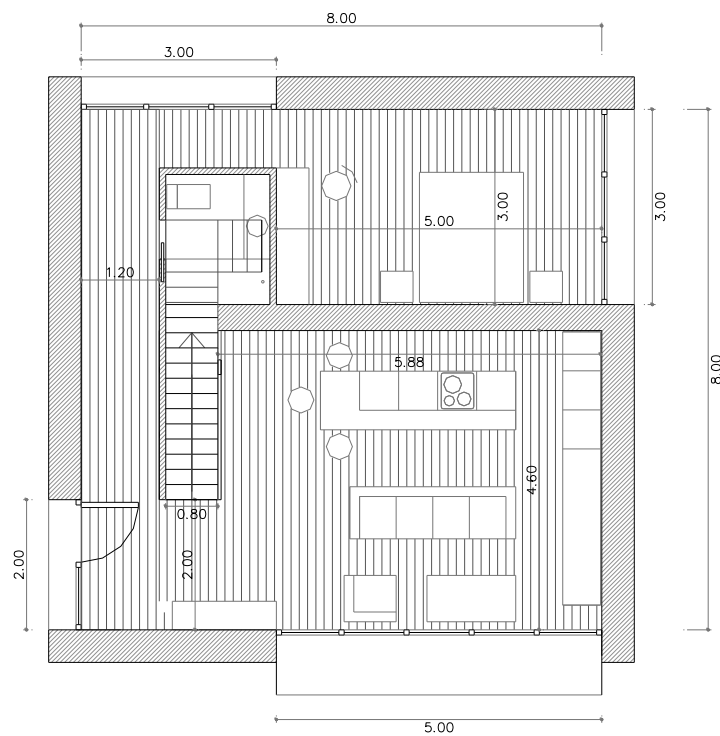


PLANTA CUBIERTA

Sección y planta de cubierta de la OPCIÓN 2.

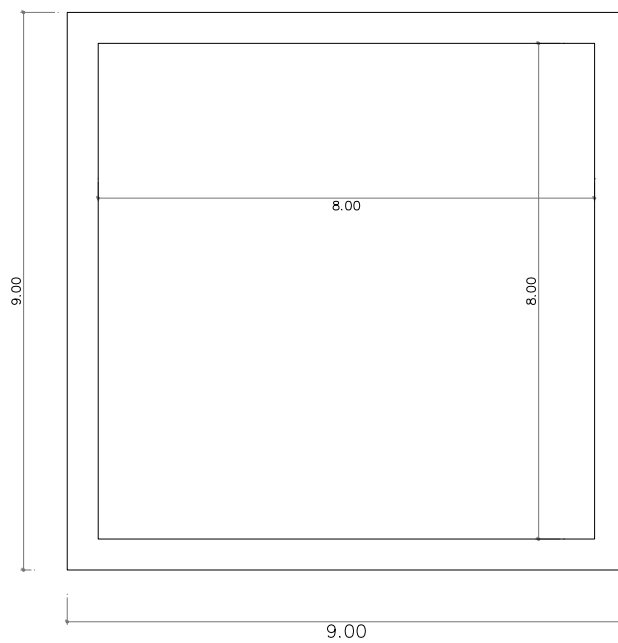


PLANTA BAJOCUBIERTA - Superficie útil interior a la envoltura 36 m²



PLANTA BAJA - Superficie útil interior a la envoltura 64 m²

P02. Planta baja y P03. Bajocubierta con ocupación parcial un dormitorio.



NIVEL CÁMARA SANITARIA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m²

P01. Cámara sanitaria.



Alzados de la opción 2. Aparecen lucernarios en faldones de la cubierta

IMAGEN

3. Imagen. Volumetría



CONST

C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos
2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3

En los siguientes apartados se describen y caracterizan todos los cerramientos que componen la envolvente y particiones del edificio. Así mismo, se ordenan las soluciones asimilables a las empleadas en los diferentes puentes térmicos del edificio, de acuerdo con la clasificación que se establece en el documento de ayuda *DA DB-HE / 3 Puentes térmicos*. Nuevamente indicar, que esta relación de soluciones constructivas es la misma que se empleará en el levantamiento del modelo con la Herramienta Unificada Lider-Calener.

CERR

1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos

Constructivamente, la vivienda se organiza mediante muros de carga estructural, cuya parte resistente está formada por el aparejo de fábrica de ladrillo de un pie de espesor. El acabado exterior consiste en sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE). Está compuesto de una hoja de EPS y el correspondiente acabado de mortero. El trasdosado interior se compone mediante perfilera metálica y doble hoja de placa de yeso laminado. La cámara de aire que forma el trasdosado es de 5 cm. La cubierta es de planos inclinados, a cuatro aguas y cobertura de teja curva tradicional.

El procedimiento de cálculo detallado de las transmitancias de cada cerramiento se puede consultar en el *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Las transmitancias reflejadas incluyen las resistencias superficiales del aire (R_{se} y R_{si}). En la sección de ayudas de este documento se aplica dicho cálculo para varios cerramientos del edificio.

El resumen de los parámetros y detalles referidos a las soluciones constructivas empleadas en el edificio, incluidos sus puentes térmicos, se describen en los siguientes cuadros.

Cerramientos opacos

MURO EXTERIOR

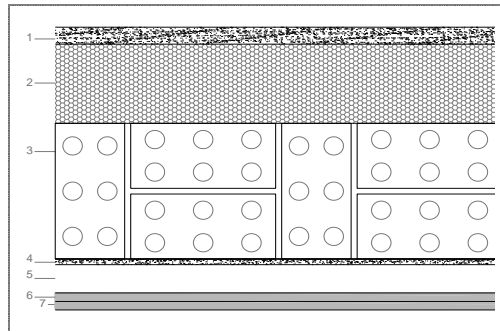
M EXT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,03	0,550
2 EPS Poliestireno	0,14	0,038
3 1 pie LP métrico o catalán	0,24	0,667
4 Mortero de cemento	0,01	0,550
5 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,05	0,18
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,500	

TRANSMITANCIA 0,22 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO DE CÁMARA SANITARIA

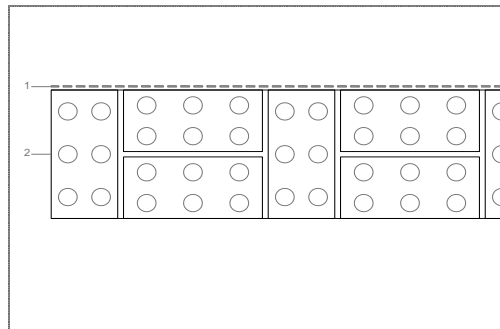
MURO CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Betún fieltro o lámina	0,009	0,23
2 1 pie LP métrico o catalán	0,24	0,667
Total	0,249	

TRANSMITANCIA* 1,76 W/M2k

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Sin corregir por contacto

TABIQUE INTERIOR

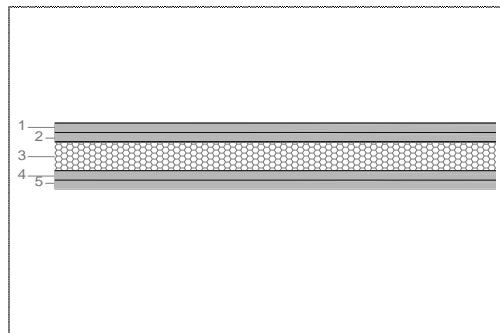
TAB INT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
3 MW Lana mineral	0,04	0,041
4 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
5 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
Total	0,092	

TRANSMITANCIA* 0,46 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Corregida por contacto con N.H. (ver anexo de cálculo)

FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-ACOND)

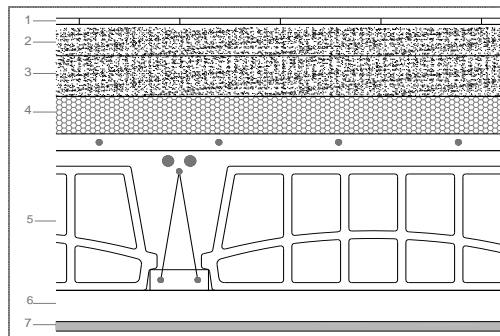
FOR INT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,05	0,550
3 Mortero de cemento de difusión	0,065	0,550
4 XPS Expandido	0,06	0,034
5 FU entrevigado cerámico	0,25	0,908
6 Cámara de aire sin ventilar horizontal	0,05	0,160
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,500	

TRANSMITANCIA* 0,37 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Sin corregir por contacto

FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-NO HAB) *

FOR INT AC-NH

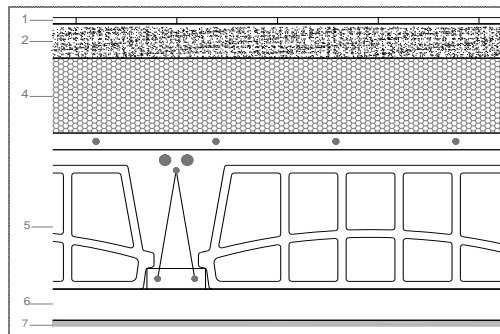
Forjado entre espacio acondicionado y no habitable (opción 1 y parcialmente opción 2)

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,055	0,550
3 XPS Expandido (λ :0,034 (W/m·K)	0,12	0,034
4 FU entrevigado cerámico	0,25	0,908
5 Cámara de aire sin ventilar horizontal	0,05	0,160
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,500	

TRANSMITANCIA * 0,16 W/m²K** 0,17 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Corregida por contacto con N.H. en toda la planta (ver anexo de cálculo)

** Corregida por contacto parcial con N.H. en una parte de la planta (ver anexo de cálculo)

FORJADO CON CÁMARA SANITARIA

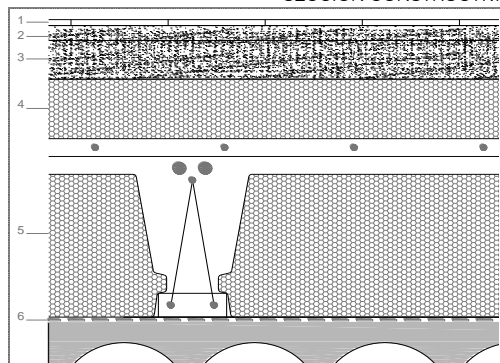
FOR CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,025	0,550
3 Mortero de cemento de difusión	0,06	0,550
4 XPS Expandido	0,1	0,034
5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado	0,3	0,256
6 Lámina de cloruro de polivinilo (PVC)	0,005	0,170
Total	0,500	

TRANSMITANCIA* 0,21 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



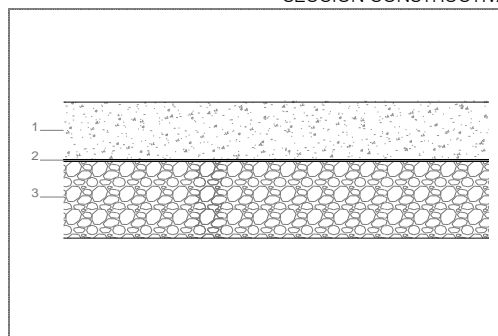
SOLERA DE CÁMARA SANITARIA

SOL CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Hormigón en masa	0,08	1,650
2 Lámina PVC	0,003	0,170
3 Arena y grava	0,12	2,000
Total	0,203	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 2,98 W/m²K

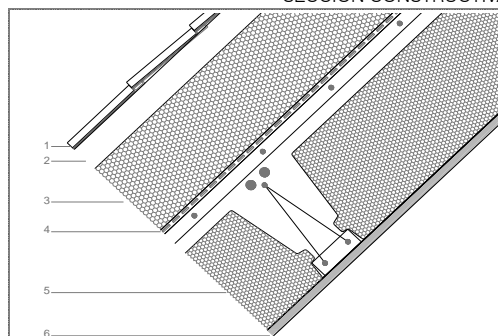
CUBIERTA INCLINADA DE TEJA

CUB IN TEJA

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Teja de arcilla cocida	0,015	1,000
2 Cámara aire ventilada, flujo ascend.	0,05	0,060
3 XPS Expandido	0,16	0,034
4 Betún fieltro o lámina	0,01	0,230
5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado	0,25	0,266
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,500	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 0,17 W/m²K

Huecos

CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA NORTE Y ESTE

N/E

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara interior

VIDRIO

Tipo de vidrio	Doble bajo emisivo < 0,03
Composición	4-16 Argón-4
Factor solar	0,61
Transmitancia térmica	1,0 W/m²K

MARCO

Material	PVC
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Blanco claro
Absortividad	0,3
Trasmirancia térmica	1,5 W/m²K
Porcentaje marco	25 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Blanco medio
ggl;sh,wi	0,05

Permeabilidad al aire	9 m³/h·m²
	Clase 3
U_{HUECO}	1,14 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA SUR Y OESTE

S/O

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara interior

VIDRIO

MARCO

Tipo de vidrio	Doble bajo emisivo < 0,03
Composición	4-16 Argón-4
Factor solar	0,42
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

Material	PVC
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Blanco claro
Absortividad	0,3
Trasmirancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Blanco medio
ggl;sh,wi	0,05

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ²
	Clase 3
U_{HUECO}	1,14 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA ACCESO

PTA

La posición relativa de las carpintería en el muro es alineada a su cara interior

VIDRIO

MARCO

Tipo de vidrio	-
Composición	-
Factor solar	-
Transmitancia térmica	- W/m ² K

Material	Madera densidad media alta
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Blanco claro
Absortividad	0,3
Trasmirancia térmica	2,2 W/m ² K
Porcentaje marco	100 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Blanco medio
ggl;sh,wi	0,05

Permeabilidad al aire	60 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	2,2 W/m²·K

CONFIGURACIÓN LUCERNARIOS SUR Y ESTE

S/E

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara exterior

VIDRIO

MARCO

Tipo de vidrio	Doble bajo emisivo < 0,03
Composición	4-16 Argón-4
Factor solar	0,42
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

Material	Madera densidad media alta
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Blanco claro
Absortividad	0,3
Trasmirancia térmica	2,4 W/m ² K
Porcentaje marco	20 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Blanco medio
ggl;sh,wi	0,05

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ²
	Clase 3
U_{HUECO}	1,29 W/m²·K

CONFIGURACIÓN LUCERNARIOS NORTE

N

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara exterior

VIDRIO

Tipo de vidrio	Doble bajo emisivo < 0,03
Composición	4-16 Argón-4
Factor solar	0,61
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Blanco medio
ggl;sh,wi	0,05

MARCO

Material	Madera densidad media alta
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Blanco claro
Absortividad	0,3
Trasmirancia térmica	2,4 W/m ² K
Porcentaje marco	20 % del hueco

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ² <i>Clase 3</i>
U_{HUECO}	1,29 W/m²·K

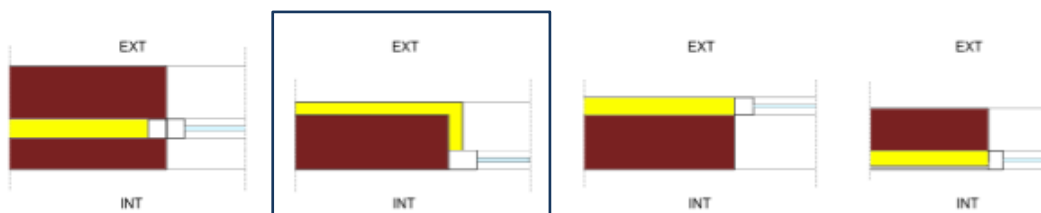
PTES

2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3

JAMBAS EN HUECOS DE FACHADA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

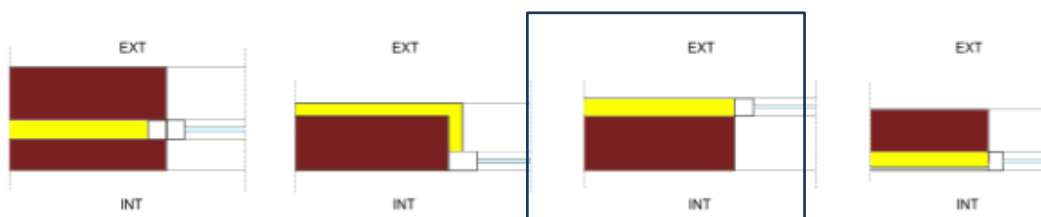
Ψ

0,03 W/mK

JAMBAS EN LUCERNARIOS CUBIERTA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

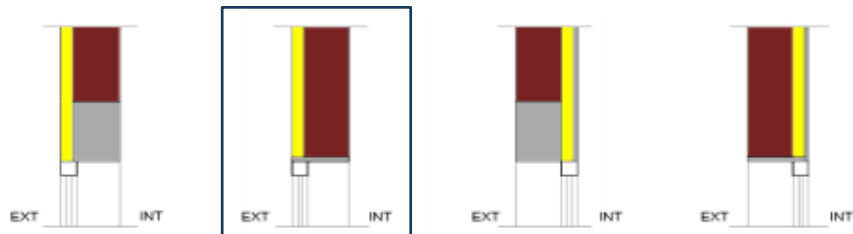
Ψ

0,03 W/mK

DINTELES EN LUCERNARIOS DE CUBIERTA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

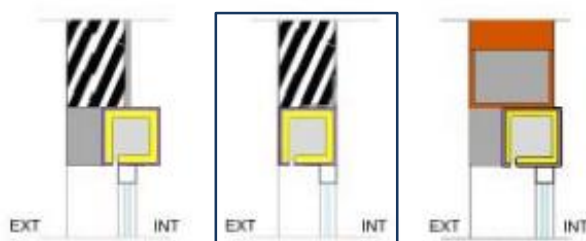
 Ψ

0,02 W/mK

DINTELES Y CAPIALZADOS EN HUECOS DE FACHADA

Capialzados de PVC o madera con aislamiento (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

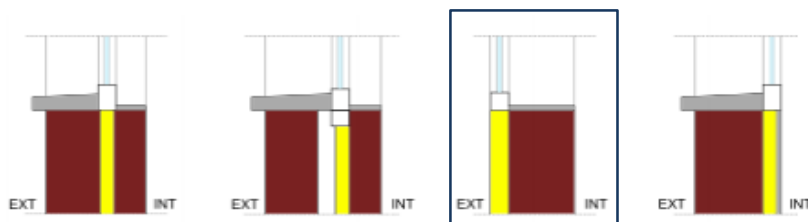
 Ψ

0,22 W/mK

ALFÉZARES EN LUCERNARIOS DE CUBIERTA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

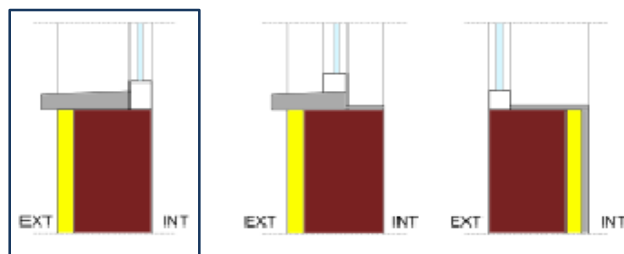
 Ψ

0,08 W/mK

ALFÉIZARES EN HUECOS DE FACHADA

SIN CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (GRUPO 3)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 ψ

0,51 W/mK

FRENTES DE FORJADO

CON CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

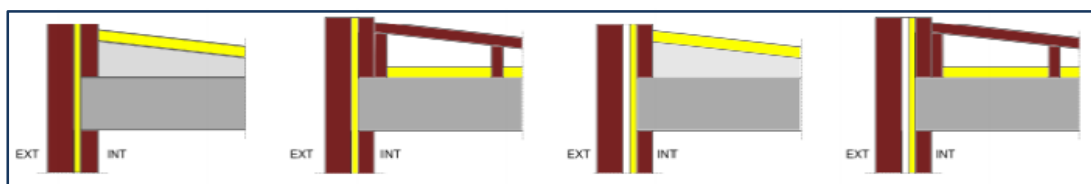
 ψ

0,1 W/mK

CUBIERTAS INCLINADA

CON CONTINUIDAD ENTRE EL AISLAMIENTO DE FACHADA Y EL DE CUBIERTA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

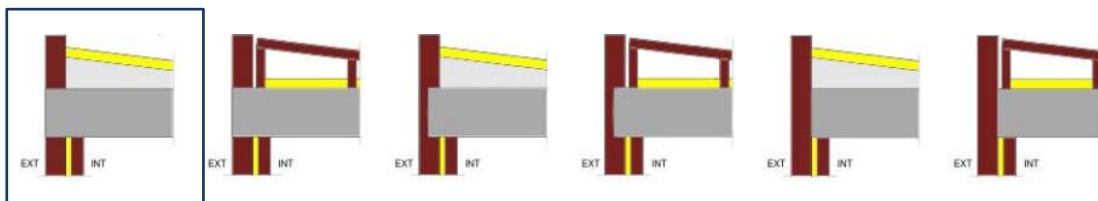
 ψ

0,23 W/mK

CUBIERTAS INCLINADA (interrupción de cubierta con partición interi

SIN CONTINUIDAD ENTRE EL AISLAMIENTO DE FACHADA Y EL DE CUBIERTA (GRUPO 2)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ

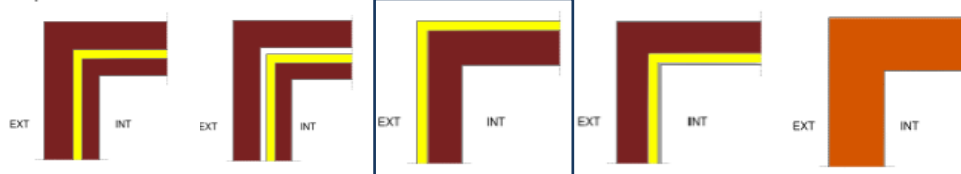
0,84 W/mK

ESQUINAS

SALIENTES (AL EXTERIOR) (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas salientes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ_e

0,05 W/mK

SIST**D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS**

1. Acondicionamiento de invierno
2. Acondicionamiento de verano
3. Producción de ACS
4. Ventilación híbrida

Atendiendo a las consideraciones climáticas de la zona en las que teóricamente se encuentra la vivienda, así como a las opciones más adecuadas en cuanto a las fuentes de energía final a utilizar, se proponen los sistemas que se describen a continuación.

Se ha previsto un sistema mixto de calefacción-ACS con el equipo de producción compartido. Dicha producción de energía térmica se realiza mediante una caldera de biomasa que pueda atender a ambos servicios. Se ha considerado esta opción, porque si en algún contexto está justificada la elección de este tipo de calderas, sería en este entorno rural donde esta tecnología ya se encuentra muy extendida tanto en forma de calderas como de “estufas” de combustión de biomasa. Estas últimas, se utilizan habitualmente como complemento de otros sistemas de calefacción en los espacios y periodos de mayor demanda.

La distribución de energía térmica a los espacios, para el sistema de calefacción, se realiza mediante circuitos (ida – retorno) de agua a baja temperatura (orientativamente temperaturas de retorno inferiores a 50°C). En consecuencia, las unidades terminales más apropiadas al sistema de producción y distribución previsto son las superficies radiantes. En este caso, se ha optado por una solución de suelo radiante.

El sistema de ACS dispone de un acumulador de 100 l (150 l en alguna de las opciones de mayor demanda) donde se prepara a la temperatura de servicio (en este caso 60°C) mediante intercambiador alimentado desde la caldera de biomasa.

En principio, considerando las condiciones climáticas de la zona E1 en la que se ubica el edificio, no se ha previsto un sistema activo de refrigeración. En todo caso, las demandas y consumos de este servicio se evaluarán, pues es un dato que HULC facilita al cubrirlo mediante los sistemas de sustitución que aplica el programa.

Por último, se incorpora un sistema de ventilación híbrido, que cumple con las características que se recogen en el documento básico de salubridad *HS 3 “Calidad del aire interior”*. Aplicando dicha exigencia, se realizan las admisiones naturales a través de aireadores situados en las carpinterías de los huecos de los “locales secos”, es decir, dormitorios, salones y zonas de estar. Las extracciones se realizan de forma mecánica desde los cuartos húmedos de la vivienda, es decir, cocinas, baños y aseos. No se han previsto en principio recuperadores de calor para el sistema.

El número de extractores previsto responde a la disposición de los cuartos húmedos realizándose de manera individual en algunos casos y agrupada cuando es posible.

CALOR

1. Acondicionamiento de invierno

Considerando que en el clima normativo E1, las demandas de refrigeración serán mínimas, se propone un sistema de “calefacción por agua³” y que como se ha dicho, forma parte de un sistema mixto de calefacción-ACS compartiendo entre ambos el equipo de producción. Dicha producción, se realiza mediante caldera de biomasa que para este proyecto y estas condiciones de entorno puede ser una alternativa muy adecuada. La distribución de la energía térmica se realiza mediante un circuito de agua (ida-retorno), que impulsa el agua a 45°C. Como elementos terminales de emisión, se emplean superficies radiantes, en este caso los suelos de la vivienda.

Estas y otras características de la instalación de calefacción, se resumen en los siguientes cuadros, uno para cada opción objeto de estudio:

OPCIÓN 1. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual.

PRODUCCIÓN

Caldera individual de biomasa

Potencia térmica nominal25 KW

Combustible empleado: biomasa pelets

Rendimiento a potencia nominal:93 %

TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

Circuito de agua

con temperatura de impulsión a45 °C

EMISORES EN LOS ESPACIOS

Suelo radiante. Potencia media de emisión:

Planta baja (P02):70 W/m²

DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

Planta baja	Superficie (m²)	Potencia (W)
Cocina-comedor-estar	28,80	2.016
Entrada + distribuidor	13,44	941
Aseo	4,14	290
Dormitorio principal	17,62	1.233
total planta	64,00	4.480
Totales	64,00	4.480

(*) Las superficies reflejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la supercie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.

La densidad de potencia que se indica en cada planta se refiere a la potencia máxima nominal entregada por los emisores (suelo radiante)

³ “Calefacción por agua”: pertenece a los sistemas de climatización toda agua, es decir, que emplea el agua como fluido caloportador o de transporte de la energía térmica a los espacios que se quieren acondicionar. En este caso los emisores o unidades terminales suelen ser radiadores, superficies radiantes o fancoils.

OPCIÓN 2. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual.

PRODUCCIÓN

Caldera individual de biomasa	
Potencia térmica nominal	25 KW
Combustible empleado: biomasa pelets	
Rendimiento a potencia nominal:	93 %

TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

Circuito de agua	
con temperatura de impulsión a	45 °C

EMISORES EN LOS ESPACIOS

Suelo radiante. Potencia media de emisión:	
Planta baja (P02):	70 W/m ²
Planta bajocubierta (P03):	85 W/m ²

DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

Planta baja	Superficie (m ²)	Potencia (W)
Cocina-comedor-estar	28,80	2.016
Entrada + distribuidor	13,44	941
Aseo	4,14	290
Dormitorio principal	17,62	1.233
total planta	64,00	4.480
Planta bajocubierta		
Dormitorio	29,15	2.478
Aseo	6,85	582
total planta	36,00	3.060
Totales	100,00	7.540

(*) Las superficies reflejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la superficie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.

OPCIÓN 3. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual.

PRODUCCIÓN

Caldera individual de biomasa	
Potencia térmica nominal	25 KW
Combustible empleado: biomasa pelets	
Rendimiento a potencia nominal:	93 %

TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

Circuito de agua	
con temperatura de impulsión a	45 °C

EMISORES EN LOS ESPACIOS

Suelo radiante. Potencia media de emisión:	
Planta baja (P02):	70 W/m ²
Planta bajocubierta (P03):	85 W/m ²

DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

Planta baja	Superficie (m ²)	Potencia (W)
Cocina-comedor-estar	28,80	2.016
Entrada + distribuidor	13,44	941
Aseo	4,14	290
Dormitorio principal	17,62	1.233
total planta	64,00	4.480
Planta bajocubierta		
Dormitorio 1	14,13	1.201
Dormitorio 2	14,13	1.201
Aseo 1	5,22	444
Aseo 2	5,22	444
Distribuidor-estar	25,30	2.151
total planta	64,00	5.440
Totales	128,00	9.920

(*) Las superficies reflejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la superficie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.

FRÍO

2. Acondicionamiento de verano

En principio no se propone sistema de refrigeración considerando las condiciones de entorno del proyecto. La demanda, potencialmente baja de este servicio, no parece hacerlo necesario. En la simulación del modelo en HULC, se hará cargo de esta demanda el sistema por defecto cuyas características son las siguientes:

- Vector energético: electricidad
- Rendimiento nominal: 2,6.

ACS

3. Producción de ACS

El sistema de preparación de ACS se vincula en la parte de producción al ya descrito de calefacción, es decir, la caldera prevista de biomasa. El sistema incorpora un acumulador de 100 litros para las dos primeras opciones de menor ocupación y de 150 litros para la opción 3 de mayor demanda diaria.

Otra ventaja de la elección de la biomasa como combustible del sistema, es su condición de fuente de energía renovable. En virtud de la modificación establecida en la exigencia *HE 4 de contribución mínima mediante fuentes renovables en la producción de ACS*, se abren las opciones a cualquier fuente de energía renovable producida en el propio edificio o su entorno próximo. En concreto en el apartado 2 Caracterización de la exigencia, el texto dice:

"Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables; bien generada en el propio edificio o bien a través de la conexión a un sistema urbano de calefacción"

En el apartado 3 de cuantificación de dicha exigencia punto 3.1 1) se concreta lo siguiente:

"La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d."

"Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida."

Como vemos en el texto normativo citado en el párrafo anterior, la valoración de la demanda ha de incluir la energía que se pierde en la conducción del agua hasta los puntos de consumo, la que se pierde en la recirculación si existe, así como la que se disipa al ambiente a través de las paredes del acumulador previsto. Las primeras, distribución y recirculación las estimaremos en un porcentaje, que, en nuestro caso, creemos se aproximará a un 5% debemos considerar que por el tamaño de la vivienda no es previsible que exista recirculación ni grandes recorridos de distribución hasta los puntos de consumo.

Respecto a las pérdidas producidas en el depósito de acumulación realizaremos en el capítulo correspondiente un cálculo aproximado. Su valor dependerá del tamaño del acumulador, de su grado de aislamiento y del salto térmico entre la temperatura en su interior y la del ambiente en el que se encuentre situado.

En el apartado correspondiente veremos cuál es la aportación renovable del sistema y si se cumplen o no los valores de contribución establecidos para este edificio. El resto de los datos y características principales de la instalación se resumen en el cuadro de la página siguiente:

PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE ACS

PRODUCCIÓN SISTEMA CONVENCIONAL

Características de la caldera

Caldera individual de biomasa	
Potencia térmica	25 KW
Combustible empleado: biomasa pelets	
Rendimiento nominal: 0,93	

Preparación y distribución

Tipo de preparación final:	Acumulador
Tª de distribución 60 °C	
Tª de utilización 60 °C	

Acumulador

Opción 1	100 litros
Opción 2	100 litros
Opción 3	150 litros

Coeficiente de pérdidas

Opciones 1 y 2 A-U	0,5 W/°C
Opción 3 A-U	0,8 W/°C

SIST. DE APOYO MEDIANTE RENOVABLES

Combustión de biomasa (Pellets)	
Preparación mediante depósito de acumulación	

DEMANDA DE ACS

Opción 1: solo planta baja

Dormitorios	1
Ocupantes (*)	1,5
Necesidades de ACS	28 l/p.día
(Op. 1) Demanda de ACS	42 l/día
Estim. pérdidas (5%)	2,1 l/día
Total	44,1 l/día

Opción 2: planta baja + bajocubierta

Dormitorios	2
Ocupantes (*)	3
Necesidades de ACS	28 l/p.día
(Op. 2) Demanda de ACS	84 l/día
Estim. pérdidas (5%)	4,2 l/día
Total	88,2 l/día

Opción 3: planta baja + bajocubierta peraltada

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	4
Necesidades de ACS	28 l/p.día
(Op. 3) Demanda de ACS	112 l/día
Estim. pérdidas (5%)	5,6 l/día
Total	117,6 l/día

(*) En el anejo F (Tabla a) del DB HE, se fijan ocupaciones mínimas en función del número de dormitorios. En nuestros ejemplos se han tomado para todas las opciones dichos valores de ocupación. Con ellos se han calculado las demandas diarias de ACS.

VENT

4. Ventilación híbrida

La instalación de ventilación que se ha considerado para la vivienda consiste en un sistema híbrido, con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. La entrada de aire exterior se transfiere desde los locales secos (salón – comedor, dormitorios) hacia los locales húmedos a través de las holguras de las puertas, suponiendo una sección de paso suficiente para los caudales de transferencia necesarios en cada caso. Todo ello de acuerdo con lo establecido en el *DB HS3, Calidad del aire interior*.

El resto de las características de esta instalación para cada una de las tres opciones se definen en los siguientes cuadros resumen:

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 1

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 1, el nº de dormitorios es de 1, por lo que aplicando la tabla 2.1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

CAUDAL DE ADMISIÓN

Locales secos

Dormitorio principal	8 l/s
Salón - comedor	6 l/s
Total	14 l/s

CAUDAL DE EXTRACCIÓN

Locales húmedos

Cocina	6 l/s
Aseo pl. baja	6 l/s
Total	12 l/s
Caudal mínimo extrac.	12 l/s

CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

14 l/s
50,4 m³/h

EQUIPOS PREVISTOS

U.	Equipo	Potencia (W)	Q max. (m³/h)
1	Extractor multitubo	5	75

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 2

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 2, el nº de dormitorios es de 2, y aplicando la tabla 2,1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

CAUDAL DE ADMISIÓN

Locales secos

Dormitorio principal	8 l/s
Dormitorio 2	4 l/s
Salón - comedor	8 l/s
Total	20 l/s

CAUDAL DE EXTRACCIÓN

Locales húmedos

Cocina	7 l/s
Aseo pl. baja	7 l/s
Aseo pl. bajocubierta	7 l/s
Total	21 l/s
Caudal mínimo extrac.	24 l/s

CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

24 l/s
86,4 m³/h

EQUIPOS PREVISTOS

U.	Equipo	Potencia (W)	Q max. (m³/h)
2	Extractor multitubo	4	50

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 3

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 3 el nº de dormitorios es de 3, por lo que aplicando la tabla 2,1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

CAUDAL DE ADMISIÓN

Locales secos

Dormitorio principal	8 l/s
Dormitorio 2	4 l/s
Dormitorio 3	4 l/s
Salón - comedor	10 l/s
Zona de estar bajocubierta	10 l/s
Total	36 l/s

CAUDAL DE EXTRACCIÓN

Locales húmedos

Cocina	8 l/s
Aseo pl. baja	8 l/s
Aseo 1 pl. bajocubierta	8 l/s
Aseo 2 pl. bajocubierta	8 l/s
Total	32 l/s
Caudal mínimo extrac.	33 l/s

CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

36 l/s
129,6 m³/h

EQUIPOS PREVISTOS

U.	Equipo	Potencia (W)	Q max. (m³/h)
2	Extractor multitubo	5	75

CUMPLE

SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS

HE1	Condiciones para el control de la demanda energética
HE2	Condiciones de las instalaciones térmicas
HE3	Condiciones de las instalaciones de iluminación
HE4	Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
HE5	Generación mínima de energía eléctrica
HE0	Limitación del consumo energético.
RES	Resumen del cumplimiento de todos los indicadores de cada sección

En los puntos siguientes, se realiza un recorrido por todas las exigencias que se han de aplicar a este ejemplo, comprobando el cumplimiento de cada uno de los apartados y para cada una de las opciones. Para ello se toma como punto de partida la documentación previa que se ha presentado en la sección descriptiva anterior y se calculan cada uno de los parámetros específicos de acuerdo con las características del edificio y así poder compararlos con los valores límite o de referencia.

En paralelo, se han simulado las distintas configuraciones en HULC tal y como se detalla en el capítulo de AYUDAS. Los resultados obtenidos, figuran como referencia en algunos apartados del cumplimiento.

HE1

HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Condiciones de la envolvente térmica
3. Limitación de descompensaciones
4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica
5. Comentarios

Se trata de la exigencia con un mayor número de requisitos y seguramente la que ha sufrido una mayor transformación respecto al documento anterior. Varios de estos requisitos se verán afectados por decisiones que se toman en el origen del proyecto y están relacionados con la configuración y morfología del edificio. Conviene, por tanto, evaluar desde el inicio las consecuencias de algunas de estas decisiones que se toman en las primeras fases del proyecto.

La principal novedad de la exigencia que establece las condiciones para el control de la demanda energética (HE1), es que desaparece el control explícito sobre los valores de demanda. Las justificaciones a este respecto figuran detalladas en la “*Guía de aplicación del DB HE 2019*” que es complementaria a esta guía de ejemplos.

Respecto a la nueva estructura del DB HE1, recordemos que ordena la cuantificación de la exigencia en tres bloques principales de la siguiente forma:

1. Condiciones de la envolvente térmica. En este apartado, se establece el control sobre diferentes parámetros que afectan al comportamiento y calidad de la envolvente térmica del edificio. A su vez se divide en varios apartados:
 - La transmitancia de la envolvente térmica.
Controla las transferencias de energía por conducción a través de la envolvente del edificio. Se limita la transmitancia térmica de cada elemento de la ET (U_{lim}) y también se define una especificación referida al valor medio de transmitancia de la envolvente térmica (K_{lim}).
 - El control solar de la envolvente térmica.
 - La permeabilidad al aire de la envolvente térmica.
2. Limitación de descompensaciones entre unidades del mismo uso, o de usos diferentes.
3. Limitación de condensaciones (intersticiales) en la envolvente térmica

En primer lugar, debemos realizar una descripción completa de la posición, geometría y composición de cada uno de los elementos de la envolvente térmica del edificio en cada uno de los 3 casos de estudio. Para reducir las variables posibles, la composición inicial de los cerramientos será la misma en las tres opciones y simplemente variará la geometría local de los cerramientos de cada planta y la definición de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica del edificio. En todo caso, como se ha dicho, la volumetría global del edificio se mantiene constante.

La caracterización de la envolvente térmica para realizar las diferentes comprobaciones hace referencia a su definición geométrica, composición y en función de su trazado a otros parámetros derivados:

- Definición geométrica de la envolvente:
 - Superficie de los cerramientos.
Respecto a la superficie de los diferentes cerramientos, su medición no plantea mayor problema y queda reflejada en las tablas. La altura de los cerramientos es la misma de la planta a la que pertenece. La superficie total de un cerramiento la componen su parte opaca más la de los huecos si los hubiera.
- Composición de la envolvente:
 - Transmitancia térmica $[U]^4$ de cada elemento de cerramiento perteneciente a la envolvente o a las particiones interiores. Se obtiene a partir de las características y composición de los cerramientos. Valor de $[U]$ expresado en $W/m^2 \cdot K$.

Normalmente los cerramientos opacos ya pertenezcan a la envolvente o a particiones interiores, estarán compuestos de varias “hojas” y diferentes materiales. El cálculo de la transmitancia de estos elementos se describe detalladamente en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. También en esta guía y en el apartado de ayudas, se incorpora un resumen y varios ejemplos de cálculo.

⁴ flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Respecto a la transmitancia en huecos, nuevamente figura desarrollada la metodología de cálculo en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

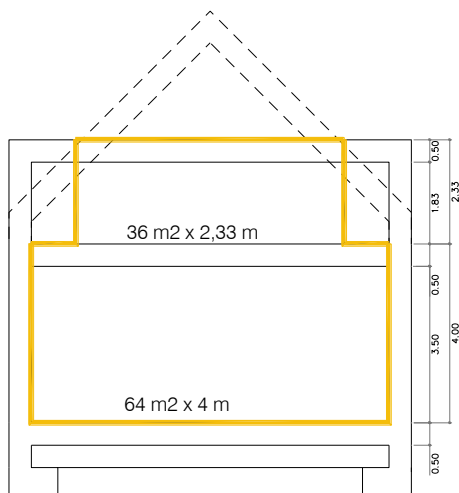
- Transmitancia térmica lineal⁵ en puentes térmicos.
- Permeabilidad al paso de aire de la envolvente térmica. Afecta nuevamente tanto a los huecos como al conjunto de la envolvente térmica del edificio.
 - La permeabilidad de los huecos se caracteriza mediante ensayo y una presión diferencial de 100 Pa expresada en $[m^3/hm^2]$.
 - Para el cálculo de la permeabilidad del conjunto de la envolvente térmica, el DB HE, en su *Anejo H Determinación de la permeabilidad al aire del edificio*, establece los métodos para obtener el valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa, $[n_{50}]$ expresado en $[h^{-1}]$. Lo veremos más adelante.
- Volumen que encierra la E.T.
Respecto al volumen trabajaremos con dos conceptos de volumen diferentes:
 - En primer lugar, el volumen Interior total (empleado por ejemplo para el cálculo de la compacidad). Este sería el que encierra en su totalidad la envolvente térmica, incluyendo forjados y espesor de cubierta.
 - Por otra parte, emplearemos lo que hemos llamado volumen de “aire interior” que recoge el volumen “útil”, descontando del total los forjados y espesor de cubierta. Este volumen lo utilizaremos en el cálculo de la permeabilidad al aire del conjunto de la envolvente térmica $[n_{50}]$.

En este apartado referido al volumen, debemos hacer una puntualización más (ya hemos hecho alguna referencia con anterioridad). Cuando calculamos el volumen encerrado en el espacio bajocubierta y pensando en la simulación que en paralelo estamos realizando en HULC, hablamos de “volumen equivalente”. Nos estamos refiriendo en este caso, al que encierra un prisma recto de la misma planta que el bajocubierta de nuestro ejemplo y de altura (equivalente) la necesaria para que su volumen sea idéntico al que encierra la cubierta original de planos inclinados. Su trazado se detalla para las 3 opciones en los gráficos siguientes:

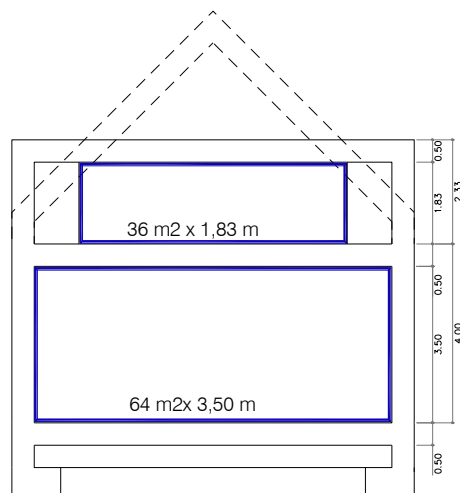
⁵ flujo de calor, en régimen estacionario, para una longitud y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del puente térmico que se considera.

Los esquemas en sección de los volúmenes a considerar para las dos configuraciones de esta opción 2, son los siguientes:

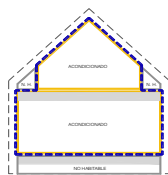
OPCIÓN 2 CONFIGURACIÓN 1



Volúmen total de la ET para compactidad



Volúmen de "aire interior"

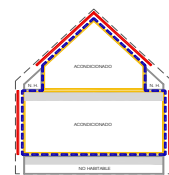


GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

OPCIÓN 2: Primera configuración

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta
N.H.:Cámara sanitaria
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los
contactos de la
envolvente térmica con
el exterior o terreno



PLANTAS	ESPACIOS	IDENTIFICACIÓN	TIPO DE ESPACIO	ancho	largo	$\angle \in a ET?$ $\in ET=1$ $\notin ET=0$	Sup.Planta dentro ET (m²)	Sup.ÚTIL dentro ET (m²)	Altura planta y espacios (m)	Volumen $\in ET$ (m³)	Altura libre planta (m)	Volumen, de *aire interior* $\in ET$ (m³)
P01												
	P01 E01	Cáma Sanit	NO HABIT.	8,00	8,00	0	0,00	0,00	1	0,00	0,50	0,00
TOTALES PLANTA 01							0,00	0,00		0,00		0,00
P02												
	P02 E01	P. Baja	ACOND	8,00	8,00	1	64,00	64,00	4	256,00	3,5	224,00
TOTALES PLANTA 02							64,00	64,00		256,00		224,00
P03									Equivalente*		Equivalente*	
	P03 E01	Bajo cubiert	NO HABIT.	14,00	1,00	0	0,00	0,00	2,33	0,00	1,83	0,00
	P03 E02	Bajo cubiert	NO HABIT.	14,00	1,00	0	0,00	0,00	2,33	0,00	1,83	0,00
	P03 E03	Bajo cubiert	ACOND	6,00	6,00	1	36,00	36,00	2,33	83,88	1,83	65,88
TOTALES PLANTA 03							36,00	36,00		83,88		65,88
TOTALES EDIFICIO							100,00	100,00		339,88		289,88

(*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual (el volumn real de este espccio es ligeramente superior)

Código de cerramiento	Tipo de Contacto	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. Total Cerramiento (m²)	$\angle \in a ET?$ $\in ET=1$ $\notin ET=0$	Sup. E.T. (m²)	COMPUT COMPAC (*) SI=1 NO=0	S. COMPUT. COMPACIDAD (m²)
-----------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	----------	-----------------------------	---	----------------	-----------------------------------	----------------------------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01						0,00		0,00		0,00
--------------------------	--	--	--	--	--	-------------	--	-------------	--	-------------

PLANTA BAJA. P02

M2.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	32,00	1	32,00
M2.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	32,00	1	32,00
M2.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	32,00	1	32,00
M2.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	32,00	1	32,00
F2.1	NH	SUELO	8	8		64,00	1	64,00	0	0,00
F3.1	ACOND	TECHO	6	6		36,00	0	0,00	0	0,00
F3.2	NH	TECHO	28	1		28,00	1	28,00	0	0,00

TOTALES PLANTA 02						256,00		220,00		128,00
--------------------------	--	--	--	--	--	---------------	--	---------------	--	---------------

PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

M2.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	0	0	0,00
M2.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	0	0	0,00
M2.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	0	0	0,00
M2.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	0	0	0,00
F3.1	ACOND	SUELO	6	6		36,00	0	0	0	0,00
F3.2	ACOND	SUELO	28	1		28,00	0	0	0	0,00
C3-N1	EXTERIOR	CUBIERTA	6		4,24	12,73	1	12,73	1	12,73
C3-E1	EXTERIOR	CUBIERTA	6		4,24	12,73	1	12,73	1	12,73
C3-S1	EXTERIOR	CUBIERTA	6		4,24	12,73	1	12,73	1	12,73
C3-O1	EXTERIOR	CUBIERTA	6		4,24	12,73	1	12,73	1	12,73
C3-N2	EXTERIOR	CUBIERTA	8	6	1,41	9,87	0	0	0	0,00
C3-E2	EXTERIOR	CUBIERTA	6	6	1,41	8,46	0	0	0	0,00
C3-S2	EXTERIOR	CUBIERTA	6	6	1,41	8,46	0	0	0	0,00
C3-O2	EXTERIOR	CUBIERTA	6	6	1,41	8,46	0	0	0	0,00
P3-N1	N.H.	PARTICIÓN	6		1,50	9,00	1	9	0	0,00
P3-E1	N.H.	PARTICIÓN	6		1,50	9,00	1	9	0	0,00
P3-S1	N.H.	PARTICIÓN	6		1,50	9,00	1	9	0	0,00
P3-O1	N.H.	PARTICIÓN	6		1,50	9,00	1	9	0	0,00

TOTALES PLANTA 03						202,16		86,91		50,91
--------------------------	--	--	--	--	--	---------------	--	--------------	--	--------------

TOTALES EDIFICIO						458,16		306,91		178,91
-------------------------	--	--	--	--	--	---------------	--	---------------	--	---------------

VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR	339,88
--	---------------

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE* CON ESTA CONFIGURACIÓN

339,8/178,9

1,90

(*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o partedel edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ($A = \sum A_i$). Se expresa en m³/m²

ET

2. Condiciones de la envolvente térmica

En este apartado, se van a comprobar un total de 5 requisitos que afectan a la envolvente térmica del edificio y que le son de aplicación por su uso (residencial privado) y alcance de la intervención (proyecto de obra nueva):

REFERIDOS A LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

1. LÍMITE EN LA TRANSMITANCIA DE CADA ELEMENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Tabla 3.1.1.a - HE1

DATOS PREVIOS

* Zona climática de invierno

E

* Transmitancia térmica de cada elemento de la ET ($W/m^2 \cdot K$)

U

La transmitancia térmica (U) de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica no superará el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1:

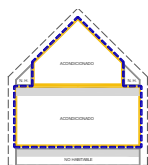
TIPO DE CERRAMIENTO	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (US, UM)	0,8	0,7	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (UC)	0,55	0,5	0,44	0,4	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (UT) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (UMD)	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (UH)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,8
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [$W/m^2 K$]

Nuestro edificio, está situado en la zona climática de invierno “E”, y es esta la columna que se ha resaltado sobre la tabla de valores límite que se han de cumplir.

En las tres opciones de estudio se han utilizado de partida las mismas soluciones constructivas, pero la diferente configuración del perímetro de la envolvente térmica hace que algunos cerramientos según la variante elegida, tenga distintos requerimientos en cada configuración.

La justificación del cumplimiento se realiza en los siguientes cuadros ordenados por opciones de estudio de igual forma que en los apartados anteriores. En dichos cuadros, se resalta en color azul aquellos elementos sujetos al cumplimiento de estos valores límite por pertenecer a la envolvente térmica.

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. Total Cerramiento (m²)	¿es a ET? ∈ ET=1 ∉ ET=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. (m²)	U W/m²K	U _{lim} W/m²K	Cumplimiento Valores límite
---------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	----------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------	-----------------	----------------	---------	------------------------	-----------------------------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01	0,00	0,00	0,00	0,00									NO APLICA
-------------------	------	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------

PLANTA BAJA. P02

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	25,40		25,40	0,22	0,37	CUMPLE
H2-N1	EXTERIOR	VENTANA		3	2,2		1		6,60	6,60	1,14	1,80	CUMPLE
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	25,40		25,40	0,22	0,37	CUMPLE
H2-E1	EXTERIOR	VENTANA		3	2,2		1		6,60	6,60	1,14	1,80	CUMPLE
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	21,00		21,00	0,22	0,37	CUMPLE
H2-S1	EXTERIOR	VENTANA		5	2,2		1		11,00	11,00	1,14	1,80	CUMPLE
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	4	32,00	1	27,60		27,60	0,22	0,37	CUMPLE
H2-O1	EXTERIOR	PUERTA		1	2,2		1		2,20	2,20	2,20	5,70	CUMPLE
H2-O2	EXTERIOR	VENTANA		1	2,2		1		2,20	2,20	1,14	1,80	CUMPLE
F2.1	NH	SUELO		8	8	64,00	1	64,00		64,00	0,19	0,59	CUMPLE
F3.1	ACOND	TECHO		6	6	36,00	0	-	-	0,00	0,37	-	-
F3.2	NH	TECHO		28	1	28,00	1	28,00	-	28,00	0,17	0,59	CUMPLE
TOTALES PLANTA 02						256,00		191,40	28,60	220,00			CUMPLE

PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	-	-	0	0,22	-	-				
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	-	-	0	0,22	-	-				
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	-	-	0	0,22	-	-				
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA		8	0,5	4,00	0	-	-	0	0,22	-	-				
F3.1	ACOND	SUELO	6	6		36,00	0	-	-	0	0,37	-	-				
F3.2	NH	SUELO	YA	SE	HA	COMPUTADO	SU	SUPERFICIE	Y	COMPROBADA	SU	TRANSMITANCIA	COMO	TECHO	DE	PLANTA	BAJ
C3-N1	EXTERIOR	CUBIERTA	6			4,24	12,72	1	11,22	-	11,22	0,17	0,33				CUMPLE
H3-N1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1,5				1		1,50	1,5	1,29	1,80				CUMPLE
C3-E1	EXTERIOR	CUBIERTA	6			4,24	12,72	1	12,72	-	12,72	0,17	0,33				CUMPLE
C3-S1	EXTERIOR	CUBIERTA	6			4,24	12,72	1	11,22	-	11,22	0,17	0,33				CUMPLE
H3-S1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1,5				1		1,50	1,5	1,29	1,80				CUMPLE
C3-O1	EXTERIOR	CUBIERTA	6			4,24	12,72	1	12,72	-	12,72	0,17	0,33				CUMPLE
C3-N2	EXTERIOR	CUBIERTA	8	6		1,41	9,87	0	-	-	-	0,17	-				-
C3-E2	EXTERIOR	CUBIERTA	8	6		1,41	9,87	0	-	-	-	0,17	-				-
C3-S2	EXTERIOR	CUBIERTA	8	6		1,41	9,87	0	-	-	-	0,17	-				-
C3-O2	EXTERIOR	CUBIERTA	8	6		1,41	9,87	0	-	-	-	0,17	-				-
P3-N1	N.H.	PARTICIÓN	6			1,50	9,00	1	9,00		9	0,46	0,59				CUMPLE
P3-E1	N.H.	PARTICIÓN	6			1,50	9,00	1	9,00		9	0,46	0,59				CUMPLE
P3-S1	N.H.	PARTICIÓN	6			1,50	9,00	1	9,00		9	0,46	0,59				CUMPLE
P3-O1	N.H.	PARTICIÓN	6			1,50	9,00	1	9,00	-	9	0,46	0,59				CUMPLE

TOTALES EDIFICIO	434,36	275,28	31,60	306,88									CUMPLE
------------------	--------	--------	-------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--------

En esta primera configuración de la OPCIÓN 2, la envolvente térmica incluye los cerramientos verticales que separan el espacio acondicionado de la planta bajocubierta respecto al NO HABITABLE que le rodea. También incluye la parte del forjado de esta planta bajocubierta que separa los espacios NO HABITABLES respecto a la planta baja (P01) acondicionada.

El valor límite que se fija en la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica*, establece que las medianeras y particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica para la zona climática de invierno "E", no han de superar una transmitancia límite de 0,59 W/m²K. El forjado medianero F3.2 (U: 0,17 W/m²K) si cumple este requisito, al igual que las particiones verticales con un valor de U: 0,46 W/m²K. En el caso de optar por esta configuración en proyecto, habrá que tener especial atención a la composición de estas particiones verticales y forjado. Normalmente por tratarse de particiones interiores no incorporan aislamiento térmico. En el caso de estar incluidos como elementos de la envolvente térmica deben disponer del aislamiento suficiente para cumplir el valor límite requerido.

En la sección de AYUDAS, se desarrolla el cálculo de la transmitancia de estos elementos singulares. Se trata de cerramientos que separan espacios acondicionados de espacios no habitables, que a su vez están en contacto con el aire exterior. El procedimiento de cálculo de su transmitancia $[U]$ requiere una corrección respecto al procedimiento general empleado en los cerramientos en contacto con el exterior.

Por otra parte, el forjado de planta baja medianero con el espacio no habitable de la cámara sanitaria cumple en todas las opciones el valor límite establecido para medianeras y particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica.

Coeficiente global de transmisión de calor (a través de la envolvente térmica del edificio) [K]: Valor medio del coeficiente de transmisión de calor para la superficie de intercambio térmico de la envolvente (A_{int}). Hay que recordar que se considera área de intercambio, exclusivamente la superficie de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno. Se excluyen expresamente los contactos con otros espacios. Se expresa en W/m^2K .

$$K = \sum x H_x / A_{int}$$

donde:

H_x : corresponde al coeficiente de transferencia de calor del elemento x perteneciente a la envolvente térmica (incluyendo sus puentes térmicos). Se incluyen aquellos elementos en contacto con el terreno, con el ambiente exterior, y se excluyen aquellos en contacto con otros edificios u otros espacios adyacentes;

A_{int} es el área de intercambio de la envolvente térmica obtenida como suma de los distintos componentes considerados en la transmisión de calor. Excluye, por tanto, las áreas de elementos de la envolvente térmica en contacto con edificios o espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica.

De forma simplificada, puede calcularse este parámetro a partir de las transmitancias térmicas y superficies de los elementos de la envolvente térmica y de un factor de ajuste:

$$K = \sum_x b_{tr,x} [\sum_i A_{x,i} U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \psi_{x,k} + \sum_j x_{x,j}] / \sum_x \sum_i b_{tr,x} A_{x,i}$$

donde:

$b_{tr,x}$ es el factor de ajuste para los elementos de la envolvente. Su valor es 1 excepto para elementos en contacto con edificios o espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica, donde toma el valor 0;

$A_{x,i}$ es el área de intercambio del elemento de la envolvente térmica considerado;

$U_{x,i}$ es el valor de la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado;

En el Documento de Apoyo DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente térmica y en las normas UNE-EN ISO relacionadas se dispone de valores orientativos de transmitancia térmica de los diferentes elementos de la envolvente térmica.

La transmitancia térmica aplicable a los elementos en contacto con el terreno incluye no sólo la transmitancia intrínseca del elemento sino también el efecto del terreno.

Ver también en la sección 3 de AYUDAS diferentes ejemplos de cálculo.

$l_{x,k}$ es la longitud del puente térmico considerado;

$\psi_{x,k}$ es el valor de la transmitancia térmica lineal del puente térmico considerado;

$x_{x,j}$ es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

El edificio de estudio en todas sus variantes es de uso residencial privado. El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte de este, con uso residencial privado, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado	Zona climática de invierno						
	Compacidad V/A [m³/m²]	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,9	0,81	0,70	0,62

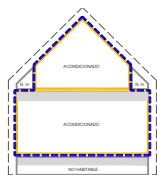
Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

Nuestro ejemplo, en todas sus variantes, se trata de un edificio nuevo, perteneciente a la zona climática de invierno "E".

Como vemos, para este indicador el valor límite es función de la compacidad del edificio, en nuestro caso, se han obtenido dichos valores en las tablas anteriores y se incorporan como referencia en todas las tablas para cada una de las configuraciones. Para valores de compacidad entre 1 y 4, qué es el caso de nuestras 5 variantes de estudio, habrá que interpolar el valor límite entre 0,43 y 0,62 W/m²·K proporcionalmente a la compacidad de cada configuración.

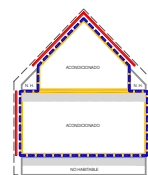
En las siguientes tablas se relacionan (se resaltan mediante sombreado) para cada opción y cada configuración del modelo, todos los elementos de la envolvente afectados por este indicador (los de contacto con el aire exterior o terreno) caracterizando su transmitancia térmica y coeficiente de transmisión térmica lineal para puentes térmicos. A partir de dichos valores, las superficies de cada elemento y longitudes de los puentes térmicos, se obtendrá el coeficiente global de transmisión de calor (K) y se comparará con el valor límite fijado en la tabla 3.1.1.b-HE1.

Respecto a los puentes térmicos, solo se han considerado los lineales y se han descartado en el cálculo, los posibles puentes térmicos puntuales existentes en el edificio.

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta
N.H.: Cámara sanitaria
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los
contactos de la envolvente
térmica con el exterior o
terreno



Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	$\ell \in \text{a ET?}$ $\in \text{ET}=1$ $\notin \text{ET}=0$	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²)	U W/m²K	U x Área W/K
---------------------	------------------	-------------	--	---	-----------------------	-----------------	---	---------	--------------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01**PLANTA BAJA. P02**

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,22	5,59
H2-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	1,14	7,52
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,22	5,59
H2-E1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	1,14	7,52
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	21,00		21,00	0,22	4,62
H2-S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		11,00	11,00	1,14	12,54
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	27,60		27,60	0,22	6,07
H2-O1	EXTERIOR	PUERTA	1	1		2,20	2,20	2,20	4,84
H2-O2	EXTERIOR	VENTANA	1	1		2,20	2,20	1,14	2,51
F2.1	NH	SUELO	1	0	-	-	-	0,19	-
F3.1	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,17	-

TOTALES PLANTA 02

99,40 28,60 128,00 56,80

PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
F3.1	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-N1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	11,22	-	11,22	0,17	1,91
H3-N1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	1,29	1,94
C3-E1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-S1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	11,22	-	11,22	0,17	1,91
H3-S1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	1,29	1,94
C3-O1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-N2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-E2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-S2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-O2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
P3-N1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-E1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-S1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-O1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-

TOTALES PLANTA 03

47,88 3,00 50,88 12,01

TOTALES EDIFICIO

147,28 31,60 178,88 68,81

P U E N T E S T É R M I C O S

Definición	ψ T. lineal W/m-K	Longitud L(m)	$\psi \times L$ W/K
Frente forjados	0,1	32,00	3,20
Cubiertas planas	0,225	32,00	7,20
	0,84	24,00	20,16
Esquinas exteriores	0,043	34,96	1,50
Esquinas interiores			0,00
Forjado int contacto aire			0,00
Alfeizar	0,51	13,00	6,63
	0,08	2,00	0,16
Dinteles/capialzados	0,01	13,00	0,13
	0,01	2,00	0,02
Jambas	0,02	22,00	0,44
	0,02	6,00	0,12
Pilares			0,00
Suelos con terreno			0,00

TOTALES EDIFICIO

180,96 39,56

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,90

CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [\sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_{x,k} + \sum j x_{x,j}] / \sum x i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (69,81 + 39,56) / 178,88 = 0,606$$

C O M P R O B A C I Ó N K

K EDIFICIO	K_{lim}	Cumplimiento Valores límite
0,61	0,49	NO CUMPLE

Esta primera configuración de la opción 2 aunque pueda parecer similar a la que se ha estudiado anteriormente, es bastante diferente.

Al dejar fuera de la envolvente térmica los espacios no habitables del bajocubierta, hemos trazado la frontera de dicha envolvente térmica, incluyendo las fachadas que afectan a la planta baja, pero doblando por el forjado del bajocubierta para incluir también las particiones verticales que separan los espacios acondicionados del bajocubierta de su perímetro no habitable. Se recoge por último el tramo final de los planos inclinados hasta cumbrera.

Consideraciones respecto al incumplimiento de esta configuración:

Como decimos, puede parecer similar esta solución a la segunda configuración de la opción 1 que hemos visto anteriormente, pero basta repasar los datos geométricos para concluir que es sustancialmente diferente.

- En la solución que ahora nos ocupa prescindimos de buena parte de la superficie de los faldones de cubierta (casi el 50%) y del peralte de fachada (16 m²) perteneciente al bajo de cubierta.
- Por otra parte, en los faldones de cubierta que pertenecen a la ET, se incorporan dos lucernarios iguales de tamaño, uno orientado a norte y otro a sur de 1,5 m² de superficie cada uno. La transmitancia del hueco para ellos es de 1,22 W/m²K.
- la proporción de huecos respecto a la superficie total de la envolvente térmica computable para este indicador se aproxima al 18%.
- La inclusión de los lucernarios de cubierta empeora la transmitancia media de huecos pertenecientes a la envolvente térmica.
- Esta configuración, con más pliegues en el trazado de la envolvente térmica provoca que sea la variante con más longitud de puentes térmicos (180,96 m) de todas las estudiadas hasta el momento.

En consecuencia, el valor medio que representa [K] es de 0,61 W/m²K muy alejado del valor límite que para este modelo con una compacidad de 1,90 es de 0,48 obtenido por interpolación de los valores de la tabla 3.1.1.b-HE1.

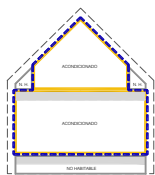
Consideraciones para el cumplimiento de esta configuración

Respecto a las soluciones sí serían en este caso similares a las planteadas para la primera configuración de la opción 1, es decir una acción combinada de:

- Reducción de la transmitancia del conjunto del hueco
- Reducción de la transmitancia en la parte opaca de los cerramientos implicados
- Mejora si es posible del tratamiento de puentes térmicos que afectan especialmente a esta variante de estudio.
- Reducción de la proporción de huecos en fachada.

En la página siguiente se propone una opción de cumplimiento.

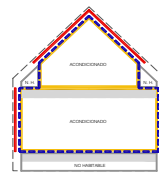
M E J O R A



OPCIÓN 2: Primera configuración

Acondicionados: P.B. Ocupación parcial BJ cubierta
N.H.: Cámara sanitaria
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los
contactos de la envolvente
térmica con el exterior o
terreno



Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	$\lambda \in \text{a ET?}$ $\in \text{ET}=1$ $\notin \text{ET}=0$	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²)	U W/m²K	U x Área W/K
---------------------	------------------	-------------	---	---	-----------------------	-----------------	---	---------	--------------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01

PLANTA BAJA. P02

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,20	5,08
H2-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	0,76	5,02
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,20	5,08
H2-E1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	0,76	5,02
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	21,00		21,00	0,20	4,20
H2-S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		11,00	11,00	0,76	8,36
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	27,60		27,60	0,20	5,52
H2-O1	EXTERIOR	PUERTA	1	1		2,20	2,20	1,00	2,20
H2-O2	EXTERIOR	VENTANA	1	1		2,20	2,20	0,76	1,67
F2.1	NH	SUELO	1	0	-	-	-	0,19	-
F3.1	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,17	-

TOTALES PLANTA 02

99,40 28,60 128,00 42,14

PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	0	-	-	-	-	0,22	-
F3.1	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-N1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
H3-N1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	0,89	1,34
C3-E1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-S1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
H3-S1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	0,89	1,34
C3-O1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-N2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-E2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-S2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-O2	EXTERIOR	CUBIERTA	0	-	-	-	-	0,17	-
P3-N1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-E1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-S1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-O1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-

TOTALES PLANTA 03

50,88 3,00 53,88 11,32

TOTALES EDIFICIO

150,28 31,60 181,88 53,46

P U E N T E S T É R M I C O S

Definición	ψ T. lineal W/m-K	Longitud L(m)	$\psi \times L$ W/K
Frente forjados	0,1	32,00	3,20
Cubiertas planas	0,225	32,00	7,20
	0,84	24,00	20,16
Esquinas exteriores	0,043	34,96	1,50
Esquinas interiores			0,00
Forjado int contacto aire			0,00
Alfeizar	0,08	13,00	1,04
	0,08	2,00	0,16
Dinteles/capialzados	0,01	13,00	0,13
	0,01	2,00	0,02
Jambas	0,02	22,00	0,44
	0,02	6,00	0,12
Pilares			0,00
Suelos con terreno			0,00
TOTALES EDIFICIO		180,96	33,97

DATOS PREVIOS

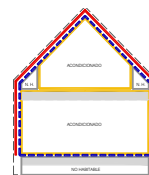
COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,90

CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [\sum \lambda A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum j x x, j] / \sum x b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (53,46 + 33,97) / 181,88 = 0,481$$

C O M P R O B A C I Ó N K		
K EDIFICIO	K _{lim}	Cumplimiento Valores límite
0,48	0,49	CUMPLE

**OPCIÓN 2: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta
N.H.:Cámara sanitaria
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los
contactos de la envolvente
térmica con el exterior o
terreno

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	$\ell \in$ a ET? \in ET=1 \notin ET=0	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m ²)	Sup. HUECO (m ²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m ²)	U W/m ² K	U x Área W/K
---------------------	------------------	-------------	---	---	------------------------------------	------------------------------	--	----------------------	--------------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01**PLANTA BAJA. P02**

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,22	5,59
H2-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	1,14	7,52
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	25,40		25,40	0,22	5,59
H2-E1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		6,60	6,60	1,14	7,52
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	21,00		21,00	0,22	4,62
H2-S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1		11,00	11,00	1,14	12,54
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	27,60		27,60	0,22	6,07
H2-O1	EXTERIOR	PUERTA	1	1		2,20	2,20	2,20	4,84
H2-O2	EXTERIOR	VENTANA	1	1		2,20	2,20	1,14	2,51
F2.1	NH	SUELO	1	1	-	-	-	0,19	-
F3.1	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,17	-

TOTALES PLANTA 02

99,40 28,60 128,00 56,80

PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

M2-N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	4	-	4,00	0,22	0,88
M2-E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	4	-	4,00	0,22	0,88
M2-S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	4	-	4,00	0,22	0,88
M2-O1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	4	-	4,00	0,22	0,88
F3.1	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,37	-
F3.2	NH	SUELO	0	-	-	-	-	0,17	-
C3-N1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	11,22	-	11,22	0,17	1,91
H3-N1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	1,29	1,94
C3-E1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-S1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	11,22	-	11,22	0,17	1,91
H3-S1	EXTERIOR	LUCERNARIO	1	1		1,5	1,50	1,29	1,94
C3-O1	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	12,72	-	12,72	0,17	2,16
C3-N2	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	9,87		9,87	0,17	1,68
C3-E2	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	9,87		9,87	0,17	1,68
C3-S2	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	9,87		9,87	0,17	1,68
C3-O2	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	9,87		9,87	0,17	1,68
P3-N1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-E1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-S1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-
P3-O1	N.H.	PARTICIÓN	1	0	-	-	-	0,46	-

TOTALES PLANTA 03

103,36 3,00 106,36 22,24

TOTALES EDIFICIO

202,76 31,60 234,36 79,05

P U E N T E S T É R M I C O S

Definición	ψ T. lineal W/m-K	Longitud L(m)	$\psi \times L$ W/K
Frente forjados	0,1	32,00	3,20
Cubiertas planas	0,225	32,00	7,20
			0,00
Esquinas exteriores	0,043	40,60	1,75
Esquinas interiores			0,00
Forjado int contacto aire			0,00
Alfeizar	0,51	13,00	6,63
	0,08	2,00	0,16
Dinteles/capialzados	0,01	13,00	0,13
	0,01	2,00	0,02
Jambas	0,02	22,00	0,44
	0,02	6,00	0,12
Pilares			0,00
Suelos con terreno			0,00
TOTALES EDIFICIO		162,60	19,65

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,73

CÁLCULO

$$K = \frac{\sum x H_x}{A_{int}} = \frac{\sum x b_{tr,x}}{\sum x A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_{x,k} + \sum j x_{x,j}} / \sum x b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (79,05 + 19,65) / 234,36 = 0,421$$

C O M P R O B A C I Ó N K

K EDIFICIO	K_{lim}	Cumplimiento Valores límite
0,42	0,48	CUMPLE

Esta opción, es prácticamente idéntica a la configuración dos de la opción 1. Solamente se diferencian en la presencia de los dos lucernarios del bajocubierta que no estaban presentes en aquella. Con esta pequeña variación de superficies en la relación entre opacos y huecos el cumplimiento en cuanto a valores es muy similar.

Consideraciones acerca del cumplimiento de esta configuración:

- La compacidad es idéntica pues tanto la superficie de envolvente en contacto con el aire exterior como el volumen encerrado son idénticos en ambos casos y su valor es 1,73. Por tanto el valor límite de referencia obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1 es el mismo en ambos casos: 0,48 W/m²K.
- Las pequeñas variaciones de superficies* de opacos y de huecos debidas a la incorporación de los dos pequeños (2 x 1,5 m²) lucernarios del bajocubierta, penalizan ligeramente el valor de [K] y lo elevan en esta opción a 0,42 W/m²K frente a los 0,41 W/m²K de la configuración de la opción 1.

*Existen pequeñas diferencias en las superficies reflejadas en las tablas debidas al redondeo de decimales realizado por la hoja de cálculo.

REFERIDOS AL CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

1. CONTROL SOLAR ($q_{sol;jul}$)

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ [kWh/m²·mes]

DATOS PREVIOS

* Ganancias solares en julio (KWh/m²) de huecos con protecciones móviles activadas

* Área útil de los espacios incluidos dentro de la ET del edificio (m²) A_{util}

El parámetro de control solar ($q_{sol;jul}$), es la relación entre las ganancias solares para el mes de julio ($Q_{sol;jul}$) a través de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica con sus protecciones solares móviles activadas, y la superficie útil de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica (A_{util}).

En el caso de edificios nuevos como el de nuestro ejemplo, el parámetro de control solar ($q_{sol;jul}$) no superará el valor límite de la tabla 3.1.2-HE1 considerando además el uso del edificio (en nuestro caso residencial privado):

USO	$q_{sol;jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ [kWh/m²·mes]

Para obtener las ganancias por radiación solar que se producen a través de los huecos necesitamos conocer:

1. La radiación incidente sobre el hueco en el periodo de estudio (el mes de julio)
2. Las obstrucciones y protecciones fijas y móviles de las que dispone cada hueco y que limitan el acceso de la radiación solar durante el período que queremos analizar. Es decir, la transmitancia de energía solar de los huecos. Para ello necesitamos a su vez conocer:
 - Por una parte, la transmitancia solar del vidrio (factor solar del vidrio),
 - Los obstáculos o elementos de sombra fijos que limitan el acceso solar del hueco
 - Los elementos de sombra móviles previstos que se puedan activar como elementos de protección estacional.

El método de cálculo detallado de estos parámetros lo podemos encontrar en el apartado 2.2 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Los valores de irradiación solar media en el mes de julio para las diferentes zonas climáticas en las tablas 20 y 21 del apartado 2.3 del mismo documento

Mediante tablas personalizadas para cada opción se define el cumplimiento de este requisito. En dichas tablas aparece la terminología que se define a continuación:

 $g_{gl;wi}$

Es la transmitancia total de energía solar del vidrio sin los dispositivos de sombra activos. Se expresa habitualmente como la relación en tanto por uno entre la radiación incidente y la que finalmente atraviesa el vidrio. Es un dato que normalmente nos facilitará el fabricante del vidrio. Se obtiene a partir del valor

de la transmitancia total de energía solar a incidencia normal, $g_{gl;n}$ y un factor de corrección por dispersión del vidrio, $F_w = 0,90$. ($g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n}$). (Tabla B.22 del Anexo B de la UNE-EN ISO 52016-1)

$g_{gl;sh,wi}$

Es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con los dispositivos de sombra móvil activos. Sus valores los podemos obtener en la "Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh,wi}$)" del DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

$F_{gl;sh,obst}$

Es el factor de sombra del hueco o lucernario por obstáculos externos al hueco (voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc.). Se puede obtener de las tablas (tabla 16 a 19) del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.* En caso de que no se justifique adecuadamente, el valor de $F_{sh,obst}$ se debe considerar igual a la unidad.

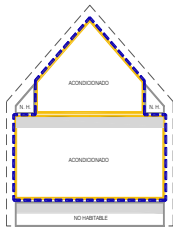
La consideración del factor de sombra que corresponda a la vegetación podrá ser tenida en cuenta o no por el proyectista, siendo necesaria una evaluación diferenciada en función de la geometría del elemento y su follaje (hoja perenne o caduca). En nuestro caso no se ha tenido en cuenta en ningunas de las opciones en estudio.

A continuación, se incluyen las tablas de comprobación del cumplimiento de este requisito que en nuestro caso y partiendo de la existencia de persianas, no ha planteado mayor dificultad. El hecho de haber incluido, como elemento de sombra móvil, las persianas tradicionales colocadas por el exterior y en un color claro, limita de manera importante la radiación solar que accede al interior del edificio encontrándose dichas persianas desplegadas. Las dificultades de cumplimiento serán mayores si empleamos dispositivos de protección solar móvil menos efectivos en tanto en cuanto dichos dispositivos,

- se dispongan por el interior en lugar de por el exterior
- su color sea oscuro con un factor reflexión más desfavorable, frente a colores más claros y factor de reflexión más favorable.
- se trate de toldos en lugar de persianas o cortinas en lugar de aquellos.

Las tablas de cumplimiento se han simplificado por opciones, sin detallar configuraciones dentro de cada opción, ya que estas últimas no modifican superficies ni características de los huecos ni superficies útiles de los espacios dentro de la envolvente térmica. Conviene comentar que los cálculos del factor de sombra del hueco por obstáculos externos ($F_{gl;sh,obst}$) se obtienen a través de la simulación de HULC. En cuanto a las ganancias de radiación solar, se han tomado como valores de irradiación solar media acumulada en el mes de julio en cada hueco los de la Tabla 20 (*Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol;jul}$) [kWh/m^2]*) del DA DB-HE/1 *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.* Para los lucernarios (inclinados 45° en cada faldón) se interpola el valor de irradiación entre los correspondientes a una superficie horizontal y el asignado a una superficie vertical en su orientación. También se podría utilizar, y sería más preciso, una tabla de factores de corrección por inclinación aplicada a los valores de irradiación sobre el plano horizontal.

HULC parte en cada caso de unos valores que son más exactos aún y los resultados de ganancias solares a través de cada hueco pueden presentar pequeñas variaciones respecto al cálculo de esta tabla. Los valores que calcula HULC se pueden consultar en el archivo "KyGananciasSolares" que se genera en la simulación.



OPCIÓN 2: Para las dos configuraciones

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.:Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquemas

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	Sup. HUECO (m2)	Fracción de marco en tanto por uno	Rad. solar plano vidrio sin obstáculos (*) $H_{sol;jul}$ (KWh/m ²)	$g_{gl;wi}$	$g_{gl;sh;wi}$	$F_{gl;sh;obst}$	Ganancia Solar de Julio a través del hueco (KWh/m ²)	Ganancia solar TOTAL de Julio a través del hueco (KWh)
---------------------	-------------	-------------	-----------------	------------------------------------	---	-------------	----------------	------------------	--	--

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

TOTALES PLANTA 01	0,00
-------------------	------

PLANTA BAJA. P02

H2-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	6,60	0,25	56,67	0,61	0,05	0,83	1,76	11,64
H2-E1	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	6,60	0,25	114,88	0,61	0,05	0,84	3,62	23,88
H2-S1	VENTANA TIPO SUR	SUR	11,00	0,25	82,09	0,42	0,05	0,56	1,72	18,96
H2-O1	PUERTA TIPO OESTE	OESTE	2,20	1,00	106,71	-	0,00	0,81	0,00	0,00
H2-O2	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	2,20	0,25	106,71	0,42	0,05	0,81	3,24	7,13

TOTALES PLANTA 02	61,62
-------------------	-------

H3-N1	LUCERNARIO TIPO NORTE	NORTE	1,50	0,20	126,23	0,61	0,05	1,00	5,05	7,57
H3-S1	LUCERNARIO TIPO SUR	SUR	1,50	0,20	138,94	0,42	0,05	1,00	5,56	8,34

TOTALES PLANTA 03	15,91
-------------------	-------

TOTALES EDIFICIO	77,53
------------------	-------

DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m²)
(Para esta configuración) 100,00

CÁLCULO

$$q_{sol} = Q_{sol;jul} / A_{util} = \sum_k F_{sh;obst} \times g_{gl;sh;wi} \times (1 - F_F) \times A_{w,p} \times H_{sol;jul} / A_{util}$$

$$q_{sol} = 77,53 / 100 = 0,775$$

COMPROBACIÓN qsol;jul

qsol;jul EDIFICIO	qsol;jul,lim CTE	Cumplimiento Valores límite
----------------------	---------------------	--------------------------------

0,78

2,00

CUMPLE

[*] Se han tomado como valores de irradiación solar media acumulada en el mes de julio en cada hueco los de la Tabla 20 (Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol;jul}$) [KWh/m²]) del DA DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. Para los lucernarios (inclinados 45° en cada faldón) se interpola el valor de irradiación entre los correspondientes a una superficie horizontal y el asignado a una superficie vertical en su orientación. HULC parte en cada caso de unos valores que son más precisos y los resultados de ganancias solares a través de cada hueco pueden presentar pequeñas variaciones respecto al cálculo de esta tabla. Los valores que utiliza HULC se pueden consultar en el archivo "KyGananciasSolares" que se genera en la simulación.

REFERIDOS AL CONTROL DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE LA ET

Las soluciones constructivas y condiciones de ejecución de los elementos de la envolvente térmica asegurarán una adecuada estanqueidad al aire. Particularmente, se cuidarán los encuentros entre huecos y opacos, puntos de paso a través de la envolvente térmica y puertas de paso a espacios no acondicionados.

Con estas premisas, hemos de garantizar la estanqueidad suficiente al paso del aire en la envolvente térmica del edificio. Para ello se han de cumplir los siguientes requisitos.

1. PERMEABILIDAD AL AIRE (Q₁₀₀) DE LOS HUECOS QUE PERTENECEN A LA ET

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q_{100,lim} [m³/h·m²]

DATOS PREVIOS

* Zona climática de invierno E

* Permeabilidad de los huecos medida con sobrepresión de 100 Pa Q₁₀₀

La permeabilidad de todos los huecos de la envolvente térmica no superará los valores límite de la siguiente tabla:

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q _{100,lim} [m ³ /h·m ²]	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos (Q _{100,lim})*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q₁₀₀.

Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m³/h·m²) y clase 3 (≤9 m³/h·m²) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Los valores considerados en nuestros casos de estudio se corresponden en todos ellos con una clase 3 y límite de permeabilidad según ensayo normalizado de 9 m³/h·m².

En consecuencia, el cuadro de justificación del cumplimiento sea el siguiente:

OPCIÓN		Clase de la carpintería	Permeabilidad al aire de huecos (Q ₁₀₀) [m ³ /h·m ²]	Valor límite (Q _{100,lim}) [m ³ /h·m ²]	CUMPLIMIENTO
Opción 1	Configuración 1	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE
	Configuración 2	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE
Opción 1	Configuración 1	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE
	Configuración 2	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE
Opción 3	Configuración única	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE

2. RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE CON UNA PRESIÓN DIFERENCIAL DE 50 Pa (n₅₀)

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa

DATOS PREVIOS

* Compacidad del edificio según la configuración elegida (V/A) (m³/m²)

* Cálculo de la permeabilidad al aire del edificio

n₅₀

Relación del cambio de aire: relación entre el flujo de aire a través de la envolvente térmica del edificio y su volumen interno. En el ámbito de este DB se emplea el valor obtenido para una presión diferencial a través de la envolvente de 50 Pa, (n₅₀).

En edificios nuevos de uso residencial privado, con una superficie útil total superior a 120 m², la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa (n₅₀), no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.b HE1.

Compacidad V/A [m ³ /m ²]	n ₅₀
V/A ≤ 2	6,00
V/A ≥ 4	3,00

Los valores límite de las compacidades intermedias (2 < V/A < 4) se obtienen por interpolación

Los valores límite a cumplir son función de la compacidad del edificio. Dicho valor ya se ha calculado para nuestro edificio en los apartados anteriores para todas las opciones de estudio.

La condición de superficie útil superior a 120 m² hará que la aplicabilidad de este indicador sea diferente en las 3 opciones y variantes que estamos analizando. En las dos opciones de la configuración 1 la superficie útil de los espacios es de 60 m² por lo que no es de aplicación este requisito. Lo mismo ocurre en las dos configuraciones de la opción 2 en las que la superficie útil es de 100 m². Solamente en la opción 3 en la que la superficie útil es de 128 m² habrá que justificar el cumplimiento de este requisito.

Para justificar el cumplimiento en el "Anejo H Determinación de la permeabilidad al aire del edificio" se proponen dos vías posibles:

- Determinación mediante ensayo. El valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa, [n₅₀], puede obtenerse mediante ensayo realizado según el método B de la norma UNE-EN 13829:2002 Determinación de la estanqueidad al aire en edificios (de próxima revisión). Método de presurización por medio de ventilador.
- Determinación mediante valores de referencia. El valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa, [n₅₀], puede calcularse, a partir de la siguiente expresión:

$$n_{50} = 0,629 \cdot (C_o \cdot A_o + Ch \cdot Ah) / V$$

donde:

n₅₀ es el valor de la relación del cambio de aire a 50Pa;

V es el volumen interno (de aire interior en nuestras tablas) de la envolvente térmica, en [m³];

C_o es el coeficiente de caudal de aire de la parte opaca de la envolvente térmica, expresada a 100 Pa, en [m³/h·m²], obtenido de la tabla a-Anejo H. Dicho valor es de 16 m³/h·m² para edificios nuevos o existentes con permeabilidad mejorada y 29 m³/h·m² para edificios existentes

DESC

3. Limitación de descompensaciones

Dado que el edificio que estamos estudiando en sus 5 configuraciones diferentes, todos sus espacios pertenecen siempre a la misma “unidad de uso”⁶, una única propiedad y sin zonas comunes compartidas con otras unidades de uso, este apartado no se aplica a ninguna de sus particiones interiores.

**COND
ENSA**

4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica

A este respecto dentro de la Sección HE 1. *Condiciones para el control de la demanda energética*, en el punto 3.3. Limitación de condensaciones en la envolvente térmica, se establece lo siguiente:

En el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. En ningún caso, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual podrá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Por tanto, la comprobación a la que se refiere este apartado ha de realizarse exclusivamente para las condensaciones intersticiales.

Esta comprobación no es necesario realizarla para los cerramientos en contacto con el terreno ni para aquellos que incorporen barrera de vapor. En el caso de incorporarse dicha barrera de vapor, es conveniente recordar que ha de situarse siempre en la cara caliente de dicho cerramiento. En particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad, se debe colocar la barrera contra el vapor en el lado del cerramiento en contacto con el espacio no habitable.

El documento de apoyo DA DB-HE / 2 “*Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*” recoge procedimientos para el cálculo del riesgo de condensaciones (tanto superficiales como intersticiales) y puede emplearse para el cálculo y justificación del cumplimiento de esta exigencia. En nuestro caso, para la justificación del cumplimiento se ha recurrido a dicho procedimiento de cálculo y en la Sección 3 de AYUDAS de esta guía, se desarrolla la comprobación completa para el MURO EXTERIOR del edificio del ejemplo.

⁶ Definición incluida en el Anejo A del CTE DB HE. edificio o parte de él destinada a un uso específico, en la que sus usuarios están vinculados entre sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación; o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. En el ámbito de este Documento Básico, se consideran unidades de uso diferentes, entre otras, las siguientes:

a) en edificios de vivienda, cada una de las viviendas.
b) en edificios de otros usos, cada uno de los establecimientos o locales comerciales independientes.

De igual forma, se procedería con todos los cerramientos que requieran dicha comprobación. Se trata de justificar mediante cálculo analítico, que en ninguna de las capas que componen la solución constructiva empleada en el cerramiento, la presión de vapor supera el valor de la presión de saturación de vapor de agua. Esta comprobación se realiza bajo las condiciones exteriores medias más desfavorables (mes de enero) y las condiciones interiores operacionales o de cálculo.

La composición del cerramiento y las características necesarias (para el cálculo) de cada una de sus capas son las siguientes:

CARACTERIZACIÓN DEL CERRAMIENTO

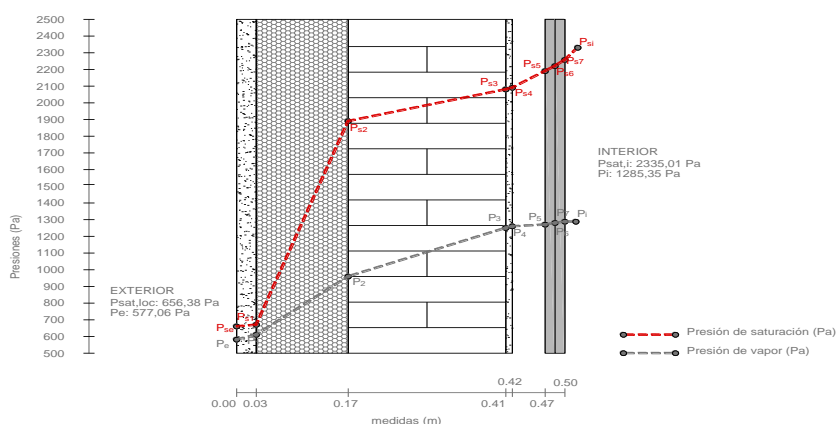
CAPAS DEL CERRAMIENTO	espesor. e (m)	Cond. λ (W/m·K)	$R_{termica}$ (m ² ·K/W)	μ factor resist. difus. vapor de agua	S_d (m)
Resistencia térmica suprf exterior	-	-	0,04	-	-
1 Mortero de cemento	0,030	0,550	0,05	10	0,3
2 EPS Poliestireno	0,140	0,038	3,68	20	2,8
3 1 pie Ladrillo Perforado métrico o catalán	0,240	0,667	0,36	10	2,4
4 Mortero de cemento	0,010	0,550	0,02	10	0,1
5 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,050		0,18	1	0,05
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06	4	0,06
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06	4	0,06
Resistencia térmica suprf. Interior	-	-	0,13	-	-

*en el apartado de ayudas se define cada uno de estos valores y se indica la fuente o procedimiento para obtenerlos.

A modo de resumen (ver cálculo completo en la sección de AYUDAS) se detalla en la siguiente tabla, los resultados del cálculo y el cumplimiento de la condición descrita anteriormente por la que la presión de vapor (P) en cada capa del cerramiento es menor que la presión de saturación (P_s):

	EXTERIOR	Superf ext.	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4	CAPA 5	CAPA 6	CAPA 7	Superf int.	INTERIOR
Resistencia térmica m ² ·K/ W	-	R_{se} 0,04	R_1 0,055	R_2 3,684	R_3 0,360	R_4 0,018	R_5 0,180	R_6 0,060	R_7 0,060	R_{si} 0,13	-
Temperaturas °C	θ_e 1,00	θ_{se} 1,12	θ_1 1,34	θ_2 16,63	θ_3 18,13	θ_4 18,20	θ_5 18,95	θ_6 19,20	θ_7 19,45	θ_{si} 19,99	θ_i 20,00
Pres. vapor satur. Pa	$P_{sat, loc}$ 656,38	P_{se} 661,90	P_{s1} 672,78	P_{s2} 1892,07	P_{s3} 2079,29	P_{s4} 2089,16	P_{s5} 2189,17	P_{s6} 2223,42	P_{s7} 2258,14	P_{si} 2335,01	P_{si} 2335,01
Presiones vapor Pa	P_e 577,06	P_e 577,06	P_1 613,89	P_2 957,60	P_3 1252,21	P_4 1264,48	P_5 1270,62	P_6 1277,98	P_7 1285,35	P_i 1285,35	P_i 1285,35

Trasladando estos valores sobre el esquema constructivo del cerramiento, se puede observar que las gráficas de ambas presiones no entran en contacto en ningún punto de la sección del muro. Por tanto, bajo las condiciones de este análisis, no existe riesgo de condensaciones intersticiales en el cerramiento.



COMT

5. Comentarios

Como resumen muy breve del análisis que se ha realizado de esta exigencia, decir lo siguiente:

- El control sobre la demanda energética se realiza mediante requisitos que favorecen el mejor comportamiento pasivo del edificio. Estos requisitos afectan a las pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente, a la capacidad del edificio para controlar la radiación solar a través de huecos, a la permeabilidad al paso del aire a través de la envolvente térmica (opacos y huecos) y a la presencia de condensaciones intersticiales en los cerramientos que puedan menoscabar sus prestaciones.
- Existe un amplio margen para el proyectista a la hora de definir la envolvente térmica tanto constructivamente, como en su propio trazado y relación con los espacios de su entorno.

HE2**HE2. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS**

Esta exigencia se desarrolla en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Dicho documento se encuentra actualmente en revisión.

No obstante, conviene recordar que la aplicación del RITE afecta a las características y condiciones de funcionamiento de las instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

En nuestro edificio afecta a los siguientes sistemas y equipos de la vivienda:

- Sistema de calefacción y producción de ACS
- Sistema de ventilación

Respecto a las exigencias técnicas relativas a la eficiencia energética y que se recogen en el *Artículo 12. Eficiencia energética*, se dice:

“Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales”

En concreto, se requiere el cumplimiento de los siguientes requisitos:

1. Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.
2. Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.
3. Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.
4. Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

5. Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
6. Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

Para justificar que una instalación cumple dichas exigencias, podrá optarse por una de las siguientes opciones:

- a) adoptar soluciones basadas en las **Instrucciones técnicas**, cuya correcta aplicación en el diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y utilización de la instalación, es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias; o
- b) adoptar soluciones alternativas, entendidas como aquellas que se apartan parcial o totalmente de las Instrucciones técnicas. El proyectista o el director de la instalación, bajo su responsabilidad y previa conformidad de la propiedad, pueden adoptar soluciones alternativas, siempre que justifiquen documentalmente que la instalación diseñada satisface las exigencias del RITE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de las soluciones basadas en las Instrucciones técnicas.

Dentro de la PARTE II del documento referido a las Instrucciones Técnicas, la IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética, recoge los requisitos a cumplir en los siguientes apartados:

- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío (apartado 1.2.4.1)
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío (apartado 1.2.4.2)
- Justificación del cumplimiento de la exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas en el apartado 1.2.4.3.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos en el apartado 1. 2.4.4.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía en el apartado 1.2.4.5.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables en el apartado 1.2.4.6.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional en el apartado 1.2.4.7.

HE3

HE3.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

NO ES DE APLICACIÓN AL USO RESIDENCIAL PRIVADO

Por tratarse nuestro ejemplo de un edificio nuevo y de uso residencial privado, existen diferentes exclusiones que afectan a la incorporación o exigencia sobre determinados sistemas. En concreto y en lo que afecta a este apartado, en el “*DB HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación*”, se excluyen del ámbito de aplicación las instalaciones interiores de viviendas. Por lo tanto, esta instalación no se describe en este apartado por no afectarle ninguna exigencia del Documento Básico de Ahorro de Energía en su sección HE 3.

Aunque obvio, convendría reseñar en este punto, que la “no exigencia” de este apartado, no significa que no sea conveniente el control sobre el rendimiento y consumo de esta instalación.

Una buena concepción de la instalación de iluminación, aprovechando en la mayor medida posible la iluminación natural y disponiendo como fuentes de iluminación artificial las de mejor rendimiento, contribuirá a un menor gasto energético general en el edificio.

HE4

HE4.CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina
3. Sistemas de medida de energía suministrada

DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

En el ámbito de aplicación definido en el documento básico exigencia "HE 4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria" se dice lo siguiente:

1 Ámbito de aplicación

1 Las condiciones establecidas en este apartado son de aplicación a:

- a) edificios de nueva construcción con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a **100 l/d**, calculada de acuerdo al Anejo F.
- b)

En lo que afecta a nuestro ejemplo en sus diferentes configuraciones y teniendo en cuenta los cálculos de la demanda para cada caso según el procedimiento establecido en *Anejo F Demanda de referencia de ACS*, tenemos en primer lugar y partiendo de la demanda de diseño lo siguiente:

DEMANDA DE ACS

Opción 1: solo planta baja

Dormitorios	1
Ocupantes (*)	1,5
Necesidades de ACS	28 l/p-día
(Op. 1) Demanda de ACS	42 l/día
Estim. pérdidas (5%)	2,1 l/día
Total	44,1 l/día

Opción 2: planta baja + bajocubierta

Dormitorios	2
Ocupantes (*)	3
Necesidades de ACS	28 l/p-día
(Op. 2) Demanda de ACS	84 l/día
Estim. pérdidas (5%)	4,2 l/día
Total	88,2 l/día

Opción 3: planta baja + bajocubierta peraltada

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	4
Necesidades de ACS	28 l/p-día
(Op. 3) Demanda de ACS	112 l/día
Estim. pérdidas (5%)	5,6 l/día
Total	117,6 l/día

(*) se ha considerado para el cálculo la ocupación estricta establecida en la *Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado*, dentro del *Anejo F Demanda de referencia de ACS (CTE DB HE)*

El valor límite normativo se fija en la exigencia de la siguiente forma:

3.1 Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina

1 La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e **incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación**. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.

Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida.

En principio y como vemos en el cuadro anterior, tanto la opción 1 como la 2 no alcanzan el valor mínimo de demanda de 100 litros/día. No obstante, en dicho cuadro solo están consideradas las pérdidas por distribución (en este caso se considera que por el pequeño tamaño del edificio no existe recirculación), faltaría por aplicar las pérdidas debidas a la acumulación. Respecto a la opción 1, partiendo de 44,1 l/d, no parece que puedan alcanzarse en ningún caso los 100 l/d equivalentes incluyendo las pérdidas producidas en el depósito. El caso 2 parte de 88,2 l/d (incluyendo el 5% de pérdidas por distribución) y sería necesario estimar las pérdidas por acumulación y comprobar el total. Finalmente, en la opción 3 la demanda de ACS es ya de 117,6 litros/día considerando la demanda de diseño y el incremento del 5% de pérdidas en el transporte. En este caso, se superan los 100 l/d y considerando que la preparación es a 60°C, estará claramente sujeta al cumplimiento de los valores de contribución mediante fuentes de energía renovables en la preparación de ACS.

Para concretar la demanda total en el supuesto de la opción 2, hemos de estimar las pérdidas debidas a la acumulación, transformarlas en l/d equivalentes preparados a 60°C y sumarlas a la demanda de diseño ya obtenida anteriormente. Conocida la demanda total en l/d, sabremos si se superan los 100 l/d de referencia normativa.

Para este cálculo partiremos de las características del depósito que en nuestro caso figuran en la ficha de la instalación, y realizaremos una estimación de las pérdidas que mes a mes se producen en el depósito de acumulación. Lo haremos de la siguiente forma:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \cdot n^{\circ} \text{ de horas del mes}$$

Donde,

Q: Pérdidas mensuales de calor producidas en el depósito de acumulación (W·h)

A: área de la envolvente del depósito (m²)

U: coeficiente de transmisión térmica de la envolvente del acumulador (W/m²·K)

ΔT: salto térmico entre la temperatura interior del depósito y la temperatura ambiente exterior al mismo (°C)

Conocidos los dos primeros términos de la expresión, que constituyen el coeficiente de pérdidas del depósito y que para el caso de la opción 2 (depósito de 100 litros) es:

$$\text{Coeficiente de pérdidas (A·U)} = 0,5 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Este dato, figura en el cuadro de características de la instalación y es el que nos solicita HULC en la ficha del depósito cuando lo incorporemos como equipo que forma parte del sistema mixto calefacción-ACS.

Respecto al salto térmico, consideraremos, de manera simplificada, una temperatura constante en el interior del depósito de 65°C y de 20°C como temperatura ambiente del lugar en el que se ubica el

acumulador (suponemos un espacio interior). Con estos valores estimamos las pérdidas medias mensuales.

En la siguiente tabla se recogen los cálculos descritos anteriormente:

CÁLCULO DE PERDIDAS EN DEPÓSITO OPCIÓN 2 EN LAS 2 CONFIGURACIONES

DEMANDA		I/día	ALTITUD		m
Demanda [D] de diseño por ocupación preparando a 60°C:		84,00	Capital de provincia (Teruel)		912,0
Demanda media [D] incluyendo pérdidas (5%) a 60°C (*):		88,20	De proyecto en parcela (Albarracín)		1.200,0

MES	nº días	nº de horas del mes	Tª ambiente Ubicación depósito (°C) (**)	Tª agua fría TERUEL Capital (°C)	B	Az (1200m-912m)	Tª agua fría a 1200 m.s.n.m. (°C)	Coefficiente pérdidas depósito A·U (W/°C)	ΔT depósito T _{interior} , T _{exterior} °C	Pérdidas Depósito ACS (W·h)	Pérdidas Depósito ACS (KW·h)
Enero	31	744	20	6,0	0,0066	288	4,10	0,5	45	16740,00	16,74
Febrero	28	672	20	7,0	0,0066	288	5,10	0,5	45	15120,00	15,12
Marzo	31	744	20	8,0	0,0066	288	6,10	0,5	45	16740,00	16,74
Abril	30	720	20	10,0	0,0033	288	9,05	0,5	45	16200,00	16,20
Mayo	31	744	20	12,0	0,0033	288	11,05	0,5	45	16740,00	16,74
Junio	30	720	20	15,0	0,0033	288	14,05	0,5	45	16200,00	16,20
Julio	31	744	20	18,0	0,0033	288	17,05	0,5	45	16740,00	16,74
Agosto	31	744	20	17,0	0,0033	288	16,05	0,5	45	16740,00	16,74
Septiembre	30	720	20	15,0	0,0033	288	14,05	0,5	45	16200,00	16,20
Octubre	31	744	20	12,0	0,0066	288	10,10	0,5	45	16740,00	16,74
Noviembre	30	720	20	8,0	0,0066	288	6,10	0,5	45	16200,00	16,20
Diciembre	31	744	20	6,0	0,0066	288	4,10	0,5	45	16740,00	16,74
Valores medios y totales:				11,17			9,74			197.100,00	197,10

TOTAL PERDIDAS EN DEPÓSITO DE ACS:										197,10	KW-h/año
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------	-----------------

(*) esta demanda incluye un 5% debido a pérdidas por distribución y recirculación (que no es previsible en este caso)

(**) Temperatura ambiente exterior al depósito. Consideramos en este caso que el depósito se encuentra en un interior a una temperatura media constante de 20°C.

Tª agua fría en la altitud de proyecto = Tª agua fría en capital de provincia - B · ΔZ

B es un coeficiente de valor 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre

El cálculo de la temperatura del agua fría en la localidad (Albarracín), a la altitud de proyecto, se ha realizado según el criterio que se describe en el *Anejo G Temperatura del agua de red* del DB HE.

El siguiente paso será transformar esas pérdidas anuales de 197.100 W·h que se producen en el acumulador en l/d equivalentes.

La media diaria de pérdidas en el depósito será:

$$197.100 \text{ Wh/año} / 365 \text{ días año} = 540 \text{ W·h/día}$$

Para el cálculo de los l/d equivalentes empleamos la siguiente expresión:

$$\frac{l}{d} \text{ equivalentes} = \frac{\text{Energía perdida/día}}{\Delta T \cdot C_a \cdot \rho_a}$$

Donde:

Energía perdida/día: es el valor de la energía que se ha perdido como media diaria en el acumulador (Wh/día)

ΔT: salto térmico entre la temperatura de preparación del ACS (60°C en nuestro caso) y la media anual del agua fría a la altitud de proyecto (en nuestro caso 9,74°C) y.

C_a: Calor específico del agua.

ρ_a: Densidad del agua.

en consecuencia,

$$\frac{l}{d} = \frac{540 \frac{Wh}{día}}{(60^{\circ}C - 9,74^{\circ}C) \cdot 1,163 W \frac{h}{Kg} K \cdot \frac{1Kg}{l}} = 9,2309$$

Por tanto, la demanda equivalente total de la opción 2 en litros/día, será:

$$l/d \text{ (opción 2)} = 88,2 + 9,2 = 97,4$$

Como en esta opción 2 tampoco se alcanzan los 100 l/d, solamente la opción 3 estaría sujeta al cumplimiento de la sección HE4

La contribución mediante fuentes de energía renovables en este caso, al ser la demanda inferior a 5000 l/d, cubrirá como mínimo el 60% de dicha demanda.

C. RENOV

2. Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina

Para la opción 3 y a partir de la demanda de ACS diaria que figura en la ficha de la instalación, la temperatura del agua fría en la localidad (Albarracín) calculada según el criterio que se describe en el *Anejo G Temperatura del agua de red* y la temperatura de preparación (60°C en nuestro caso), se puede obtener la energía necesaria total anual (KW·h) para preparar el volumen de ACS que demanda el edificio.

Restaría obtener las pérdidas producidas en el depósito de acumulación que las calculamos tomando las características del depósito que figuran en la ficha de la instalación, y aplicando la expresión que ya hemos visto en el apartado anterior:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \cdot n^{\circ} \text{ de horas del periodo}$$

Donde,

Q: Pérdidas mensuales de calor producidas en el depósito de acumulación (W·h)

A: área de la envolvente del depósito (m²)

U: coeficiente de transmisión térmica de la envolvente del acumulador (W/m²·K)

ΔT: salto térmico entre la temperatura interior del depósito y la temperatura ambiente exterior al mismo (°C)

El coeficiente de pérdidas (A·U), figura en la ficha de la instalación dentro de las características del depósito y que para el caso de la opción 3 (capacidad del depósito de 150 litros) es:

$$\text{Coeficiente de pérdidas (A·U)} = 0,8 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Respecto al salto térmico, consideramos nuevamente una temperatura constante en el interior del depósito de 65° C y de 20°C como temperatura ambiente del lugar en el que se ubica el acumulador que, como hemos dicho, lo suponemos situado en un espacio interior. Con estos valores se han estimado las pérdidas medias mensuales. Debemos recordar que HULC realiza este cálculo de una

manera más precisa, a partir de una simulación horaria anual, en consecuencia, se producirán pequeñas diferencias entre los resultados obtenidos en el cálculo manual y el de referencia en HULC.

La HE4 establece la contribución de renovables en demanda de ACS (no en energía final) y por ello, debemos calcular la demanda mensual de energía para ACS que se realiza directamente con la fórmula:

$$D_{ACS} = V_{ACS} \cdot C_a \cdot \rho_a \cdot (60^\circ - T_{\text{agua red}}) \text{ [kW}\cdot\text{h]}$$

En la tabla que se incorpora a continuación se recogen todos los cálculos descritos anteriormente. Una vez obtenida la demanda total anual en KW·h y dividiendo dicho valor por la superficie útil de proyecto (128 m²) obtenemos la demanda de ACS en KW·h/m²·año.

Como ayuda para el cálculo y diseño de esta instalación se puede tomar como referencia *la Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica (edición v1.0. Madrid, abril de 2020)*.

El resumen del cálculo es el siguiente:

PREPARACIÓN ACS OPCIÓN 3 CONFIGURACIÓN ÚNICA						SUPERF. DE PROYECTO:		m ²		
						Vivienda unifamiliar opción 3 configuración única		128,00		
DEMANDA					l/día	ALTITUD			m	
Demanda [D] de diseño por ocupación preparando a 60°C:					112,00	Capital de provincia (Teruel)			912,0	
Demanda media [D] incluyendo pérdidas (5%) a 60°C (*):					117,60	De proyecto en parcela (Albarracín)			1.200,0	
MES	nº días	Tª ambiente Ubicación depósito (°C) (**)	Tª agua fría TERUEL Capital (°C)	B	Az (1200m- 912m)	Tª agua fría a 1200 m.s.n.m. (°C)	V _{ACS} 60°C (l/mes)	D _{ACS} mes (KW·h)	Perdidas Depósito ACS (KW·h)	TOTAL D _{ACS} mes (KW·h)
Enero	31	20	6,0	0,0066	288	4,10	3645,60	237,01	26,78	263,79
Febrero	28	20	7,0	0,0066	288	5,10	3292,80	210,24	24,19	234,44
Marzo	31	20	8,0	0,0066	288	6,10	3645,60	228,53	26,78	255,31
Abril	30	20	10,0	0,0033	288	9,05	3528,00	209,05	25,92	234,97
Mayo	31	20	12,0	0,0033	288	11,05	3645,60	207,54	26,78	234,33
Junio	30	20	15,0	0,0033	288	14,05	3528,00	188,54	25,92	214,46
Julio	31	20	18,0	0,0033	288	17,05	3645,60	182,10	26,78	208,89
Agosto	31	20	17,0	0,0033	288	16,05	3645,60	186,34	26,78	213,13
Septiembre	30	20	15,0	0,0033	288	14,05	3528,00	188,54	25,92	214,46
Octubre	31	20	12,0	0,0066	288	10,10	3645,60	211,57	26,78	238,36
Noviembre	30	20	8,0	0,0066	288	6,10	3528,00	221,16	25,92	247,08
Diciembre	31	20	6,0	0,0066	288	4,10	3645,60	237,01	26,78	263,79
Valores medios y totales:			11,17			9,74	42.924,00	2.507,64	315,36	2.823,00
Demanda [D] ACS:									22,05	KW·h/m ² ·año

(*) esta demanda incluye un 5% debido a pérdidas por distribución y recirculación (que no es previsible en este caso)

(**) Temperatura ambiente exterior al depósito. Consideramos en este caso que el depósito se encuentra en un interior a una temperatura media constante de 20°C.

$T^a_{\text{agua fría en la altitud de proyecto}} = T^a_{\text{agua fría en capital de provincia}} - B \cdot \Delta Z$

B es un coeficiente de valor 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre

En consecuencia, el proceso de cálculo para obtener la contribución renovable para ACS sería el siguiente:

1. Determinar qué parte de la demanda de ACS es satisfecha por cada sistema: en este caso solo hay un sistema y por tanto la caldera de biomasa abastecerá el 100% de la demanda (en el caso por ejemplo de que hubiera además paneles solares térmicos, la caldera solo abastecería la demanda que no lleguen a cubrir los paneles)

2. Obtener el consumo de energía final, por vector energético, para cada sistema de acuerdo con su rendimiento: la caldera de biomasa del modelo tiene un rendimiento del 93% lo que resulta en el siguiente cálculo para obtener la energía final consumida:

$$\frac{Q \text{ (calor entregado)}}{\text{Energía Final consumida}} = 0,93$$

$$\frac{22,05 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}{\text{Energía final consumida}} = 0,93$$

$$\text{Energía Final consumida} = \frac{22,05 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}{0,93} = 23,71 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}$$

3. Calcular la fracción de esa energía final que es de origen renovable: este cálculo de manera general se puede realizar a través de la relación entre sus factores de paso a energía primaria renovable y total ($f_{ep,ren}/f_{ep,tot}$). Estos datos se obtienen del Documento Reconocido del RITE, "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España"

Factores de conversión de energía final a primaria			
	Valores aprobados		
	kWh E.primaria renovable / kWh E. final	kWh E.primaria no renovable / kWh E. final	kWh E.primaria total / kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	0,396	2,007	2,403
Electricidad convencional peninsular	0,414	1,954	2,368
Electricidad convencional extrapeninsular	0,075	2,937	3,011
Electricidad convencional Baleares	0,082	2,968	3,049
Electricidad convencional Canarias	0,070	2,924	2,994
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	0,072	2,718	2,790
Gasóleo calefacción	0,003	1,179	1,182
GLP	0,003	1,201	1,204
Gas natural	0,005	1,190	1,195
Carbón	0,002	1,082	1,084
Biomasa no densificada	1,003	0,034	1,037
Biomasa densificada (pelets)	1,028	0,085	1,113

Tabla de factores de paso entre energía final y primaria según vectores energéticos.

$$f_{ep,ren}/f_{ep,tot} = 1,028/1,113 = 0,9236$$

$$\text{Energía Final de "origen renovable"} = 23,71 \cdot 0,9236 = 21,898 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}$$

4. Convertir la energía final de origen renovable a demanda de "origen renovable" usando de nuevo el rendimiento de cada sistema con relación a cada uno de los vectores energéticos que usa:

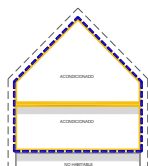
$$\text{Demanda de "origen renovable"} = 21,898 \cdot 0,93 \text{ (rend. caldera)} = 20,365 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}$$

5. Sumar todas las contribuciones renovables de la demanda: dado que solo tenemos un sistema renovable que abastezca el servicio de ACS (la caldera de biomasa) la demanda total renovable será la abastecida por la caldera, es decir, **20,365 kWh/ m²·año**
6. Calcular qué porcentaje representa esa demanda "renovable" respecto a la demanda de ACS

Demanda de "origen renovable" / Demanda total de ACS = $20,365 / 22,05 = 0,9235$

$$\% D_{ACS,ren}=92,4\%$$

El resumen de todo el proceso de cálculo expuesto se recoge en la siguiente tabla:



OPCIÓN 3:
configuración única

P R E P A R A C I Ó N D E A. C. S.										
Demanda inicial en l/dfa	Demanda corregida pérdidas (5%) l/dfa	Demanda TOTAL con pérdidas depósito KW·h/m²·año	rendimiento nominal caldera (PCI) %	Consumo E. Final KW·h/m²·año	factor de paso a E.P.T. (f _{ep,tot})	factor de paso a E.P.R. (f _{ep,ren})	f _{ep,ren} /f _{ep,tot}	Consumo energía final de origen renovable (kWh/m²·año)	Demanda de origen renovable (kWh/m²·año)	Relación Demanda de "origen renovable"/ Demanda total de ACS
112	117,6	22,05	93	23,71	1,113	1,028	0,9236	21,90	20,37	0,924
						FRACCIÓN RENOVABLE DE LA DEMANDA DE ACS (%)		VALOR LÍMITE CTE DB HE4 (%)		Cumplimiento Valores límite
CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES						92,4		60	CUMPLE	
Contribución general				70%						
Demanda de ACS < 5.000 l/d				60%						

MEDID

1. Sistemas de medida de energía suministrada

Los sistemas de medida que se han de incorporar para el control de la energía suministrada en la preparación de ACS cumplirán las especificaciones y condiciones que se establecen en el Reglamento Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

"Los sistemas de medida de la energía suministrada procedente de fuentes renovables se adecuarán al vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)."

HE5

HE5.GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

NO ES DE APLICACIÓN AL RESIDENCIAL PRIVADO

Por tratarse nuestro ejemplo de un edificio nuevo y de uso residencial privado, existen diferentes exclusiones que afectan a la incorporación o exigencia sobre determinados sistemas. En concreto y en lo que afecta a este apartado, En el “*DB HE5 Generación mínima de energía eléctrica*”, se excluye en su aplicación al uso residencial privado. Por tanto, no es exigible que este edificio incorpore ninguna instalación de producción de energía eléctrica procedente de fuentes renovables.

HE0

HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Consumo de energía primaria no renovable
3. Consumo de energía primaria total
4. Horas fuera de consigna
5. Resultados

DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

Debido a la complejidad de los cálculos que es preciso realizar en este apartado, recurrimos a los valores obtenidos mediante simulación del modelo en HULC. Estas simulaciones han sido contrastadas a lo largo de todo el proceso mediante la comprobación de los resultados obtenidos en los diferentes cálculos previos.

EPNR

2. Consumo de energía primaria no renovable

El consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,nren,lim}$) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0 para uso residencial privado (que es nuestro caso):

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Tabla 3.1.a - HE0 Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

EPT

3. Consumo de energía primaria total

El consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,tot,lim}$) obtenido de la tabla 3.2.a-HE0 para uso residencial privado como es nuestro caso:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL

Tabla 3.2.a - HE0 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m ² ·año] para uso residencial privado	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

HORAS

4. Horas fuera de consigna

El total de horas fuera de consigna no excederá el 4% del tiempo total de ocupación. En el diseño de los sistemas previstos para el acondicionamiento térmico de los espacios, se ha de prever esta circunstancia. De las 8760 horas que tiene el año, los espacios acondicionados del edificio no pueden permanecer más 350 horas fuera de las condiciones de confort establecidas.

En todos nuestros casos de estudio y considerando el clima (E1) en el que se sitúa el edificio, se ha optado por no incluir un sistema activo de refrigeración. Esto puede conducir a que, si realizamos la simulación del modelo sin activar los sistemas de sustitución o referencia, aparezca un cierto número de horas “fuera de consigna” en las que no se alcanzan las condiciones de confort en periodo de verano y, que se sumarán a las que estén relacionadas con la insuficiente potencia asignada a las unidades terminales de calefacción. Por esta razón se ha optado por realizar todos los cálculos activando los sistemas por defecto del programa de cálculo (HULC). Bajo estas condiciones el número de horas fuera de consigna será siempre 0, pues los sistemas de sustitución compensarán el déficit de los sistemas previstos y en consecuencia, se computarán sus consumos producidos según los vectores energéticos y las características del siguiente cuadro:

Tecnología	Vvector energético	Rendimiento nominal
Producción de calor y ACS	Gas natural	0,92 (PCS)
Producción de frío	Electricidad	2,60

Tabla 4.5-HE0 Sistemas de referencia

RESUL TADOS

5. Resultados

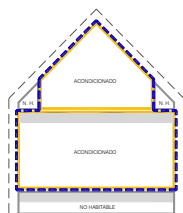
A continuación, se exponen los valores de consumo de cada configuración y para cada uno de los servicios que demanda el edificio. Cada tabla consta de dos partes. En la primera, mediante hoja de cálculo, a partir del consumo de energía final obtenido con HULC y aplicando los factores de paso⁷, se obtienen los consumos de energía primaria total (E.P.T.), energía primaria no renovable (E.P.N.R.), y energía primaria renovable (E.P.R.).

La segunda parte de cada tabla, referida al cumplimiento de los valores límite, se aplica directamente sobre los datos de la ficha que ofrece HULC para la justificación del cumplimiento. Entre la primera y segunda tabla de cada grupo, puede haber pequeñas variaciones en los decimales de algunos de los valores.

Factores de conversión de energía final a primaria			
	Valores aprobados		
	kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	0,396	2,007	2,403
Electricidad convencional peninsular	0,414	1,954	2,368
Electricidad convencional extrapeninsular	0,075	2,937	3,011
Electricidad convencional Baleares	0,082	2,968	3,049
Electricidad convencional Canarias	0,070	2,924	2,994
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	0,072	2,718	2,790
Gasóleo calefacción	0,003	1,179	1,182
GLP	0,003	1,201	1,204
Gas natural	0,005	1,190	1,195
Carbón	0,002	1,082	1,084
Biomasa no densificada	1,003	0,034	1,037
Biomasa densificada (pelets)	1,028	0,085	1,113

Tabla de factores de paso entre energía final y primaria según vectores energéticos.

⁷ Figuran en el Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA.



OPCIÓN 2: Primera configuración

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.:Cámara sanitaria + espacio perimetral en BJC

Envolvente térmica según esquema

SERVICIO	VECTOR ENERGÉTICO	[D] KW·h/m ² ·año	Consumo E. Final KW·h/m ² ·año	factor de paso a E.P.T.	Consumo E. Prim. Total KW·h/m ² ·año	factor de paso a E.P.N.R.	Consumo E. P. NO RENOV. KW·h/m ² ·año	Consumo E. P. RENOV. KW·h/m ² ·año
CALEFACCIÓN	BIOMASA	39,45	42,17	1,113	46,94	0,085	3,58	43,35
	GAS NATURAL (*)		0,57	1,195	0,68	1,19	0,68	0,003
REFRIGERACIÓN	ELECTRICIDAD (*)	4,62	1,83	2,368	4,33	1,954	3,58	0,76
ACS	BIOMASA	20,75	22,31	1,113	24,83	0,085	1,90	22,94
VENTILACIÓN	ELECTRICIDAD	-	0,54	2,368	1,28	1,954	1,06	0,22
TOTALES			67,42		78,07		10,79	67,27

(*) Aportación de los sistemas de sustitución en calefacción cubriendo las horas fuera de consigna mediante caldera de gas natural y en refrigeración mediante electricidad

CUMPLIMIENTO HE0

CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² año)			CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m ² año)			NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA		
Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento
10,80	43,00	CUMPLE	78,10	86,00	CUMPLE	0*	350 (4% anual)	CUMPLE

C U M P L E

(*) Sistemas de sustitución activados

Como breve resumen general del estudio realizado de todas las configuraciones, se puede concluir lo siguiente:

- Las mayores dificultades de cumplimiento se encuentran en la opción 1 donde el volumen acondicionado se encuentra exclusivamente en la planta baja.

Pese a tener el mejor valor de compacidad de todos los modelos estudiados, la superficie de envolvente computable a efectos del cálculo del coeficiente K, se reduce a las fachadas de planta baja, por lo que se ve perjudicado por una mayor proporción de huecos que contribuyen con una transmitancia más desfavorable que la de la parte opaca. De las dos configuraciones estudiadas en esta opción 1, resuelve mejor el cumplimiento de HE 1 la segunda configuración, que incluye el bajocubierta, pues en esta solución la cubierta inclinada compensa la transmitancia más desfavorable de los huecos de planta baja.

- Algo parecido ocurre en la opción 2 respecto al control de la demanda. No se cumple el valor límite de K en la primera configuración debido a una peor relación huecos-opacos de la E.T. computable. En la segunda configuración en cambio, la continuidad por el exterior de la envolvente térmica compensa la transmitancia más desfavorable de los huecos.
- La mayor carga de calefacción y refrigeración se producen también en la planta baja, por ser donde se disponen el mayor número de huecos y de mayor superficie. En consecuencia, cuando consideramos como único espacio acondicionado el de la planta baja, el reparto de demanda y consumos asociados por unidad de superficie resulta más desfavorable. En las opciones 2 y 3 en las que tenemos más superficie acondicionada, la demanda y consumos en kW·h/m²·año, resulta más equilibrada.
- Respecto a la relación del cambio de aire a 50 Pa, $[n_{50}]$, en general planteará problemas de cumplimiento en edificios pequeños, exentos, sin contactos en su perímetro, con un índice de forma (compacidad) desfavorable. No obstante, si el edificio aun siendo pequeño tiene una proporción de huecos importante y estos huecos son suficientemente estancos al paso del aire, puede favorecer la justificación del cumplimiento. Ese es nuestro caso, donde este requisito solamente se aplica en la opción 3 (> 120 m² útiles) y se consigue el cumplimiento mejorando la estanquidad de los huecos al incorporar carpinterías clase 4, que garantiza menos de 3 m³/h·m².
- En consecuencia, aunque es posible conseguir el cumplimiento en todas las opciones estudiadas, tanto en la opción 2 segunda configuración, como en la opción 3 configuración única, este cumplimiento es más sencillo y plantea menos modificaciones sobre las condiciones iniciales planteadas.

AYUDA

SECCIÓN 3. AYUDAS

- 1 Levantamiento del modelo en HULC
- 2 Cálculo de transmitancias
- 3 Cálculo y comprobación de las condensaciones intersticiales

HULC

1. INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC

1. Datos generales, administrativos y previos
2. Base de datos
3. Construcción del modelo
4. Incorporación de sistemas
5. Comentarios sobre la simulación

Para el levantamiento del edificio en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER (HULC) se ha empleado la *Versión 2.0.2203.1160 de 26 de abril*.

DAT

1. Datos generales, administrativos y previos

En este apartado se utilizan los datos que figuran en el capítulo inicial de esta guía, donde se describe el edificio y la información de contexto general. Son datos comunes a las tres opciones salvo en lo que se refiere al caudal de ventilación que se ha de introducir en la ficha de datos generales de HULC. Dado que se varía la configuración de dormitorios los caudales serán diferentes según los casos. En el apartado de sistemas figuran los caudales de cálculo para cada configuración.

Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla de datos generales.

BDAT

2. Base de datos

Este apartado se refiere a la definición de todos los cerramientos que componen el modelo de estudio en cada caso. Como se ha indicado desde el principio la composición dichos cerramientos es idéntica en todos los casos. Se deben introducir todos los componentes de los cerramientos tal y como aparecen descritos en el apartado de definición constructiva. Todos los elementos empleados figuran disponibles en la base de datos del programa a excepción de los vidrios y marcos necesarios para componer la solución de los huecos y que, en este caso, se recomienda que se creen manualmente con las especificaciones que figuran en su ficha.

Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla de base de datos constructiva.

MODL

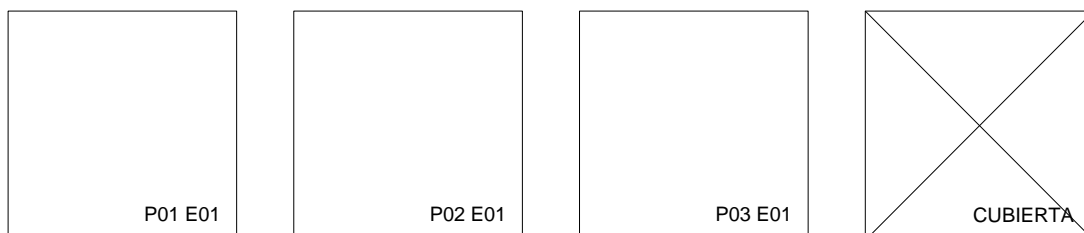
3. Construcción del modelo

Consideraciones previas

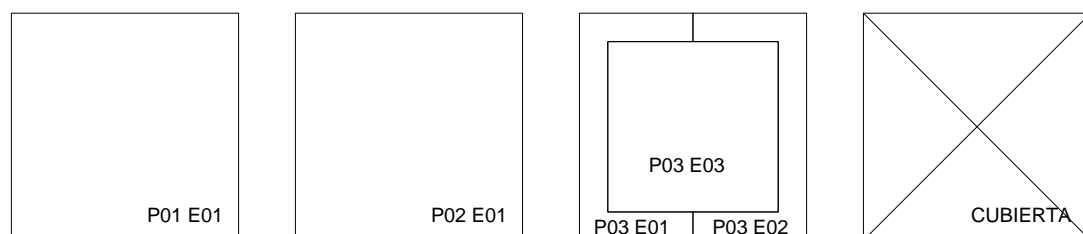
Es necesario explicar aquí algunas de las recomendaciones a tener en cuenta a la hora de levantar el modelo en HULC:

- Las plantas son muy sencillas y salvo la planta bajocubierta de la opción dos, se pueden modelar como espacio único (igual a planta) en cada una de ellas. Se recomienda utilizar la definición de polilíneas en un programa CAD e importarlas desde HULC generando espacios. Los esquemas de división de espacios que se han empleado son los siguientes:

OPCIONES 1 y 3

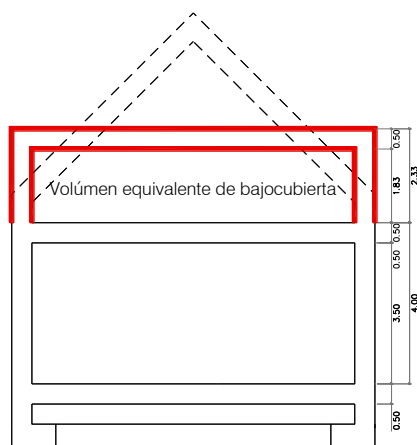


OPCIÓN 2



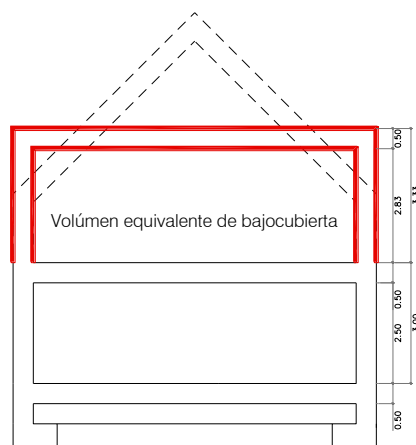
- La altura de planta de la cámara sanitaria es en todos los casos de 1 m. Como el espesor del forjado de planta baja es de 0,5 m la altura libre de esa cámara sanitaria será de 0,5 m.
- La altura de planta baja en las opciones 1 y 2 (en todas sus configuraciones) es de 4 metros por lo que descontando el espesor de forjado de la planta bajocubierta (0,5 m) resulta una altura libre de planta de 3,5 metros. Para la opción 3 la altura de planta baja es de 3 metros y en consecuencia su altura libre es de 2,5 metros.
- Para los espacios bajocubierta inclinada como es nuestro caso, debemos indicar al programa una altura equivalente de un prisma recto de la misma base que nuestra planta y cuyo volumen sea el mismo que el que encierra el bajocubierta (incluidos los espesores de la cubierta). El esquema sería el siguiente:

OPCIONES 1 y 2



Simulación en HULC

OPCIÓN 3



En lo que se refiere al levantamiento propiamente dicho no entraña ninguna dificultad especial y se va levantando planta por planta recogiendo las condiciones geométricas descritas en el apartado de planos.

Cámara sanitaria.

- P01 E01.

Es idéntica en todas las opciones y configuraciones. Se posiciona en la cota -1, sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el terreno. Hay que tener la precaución de definirla inmediatamente como espacio no habitable y fuera de la envolvente. La altura de planta es de 1 metro. El nivel de estanqueidad con el que se ha definido este espacio es 3 según valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

Tabla 8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h^{-1})

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

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

Planta baja.

- P02 E01.

Esta planta en cuanto a su configuración de espacio único es igual en las 3 opciones. En su levantamiento sólo varía la altura de planta que para las opciones 1 y 2 es de 4 metros y para la opción 3 es de 3 metros.

A la hora de crear los huecos hay que recordar y asignar correctamente por orientaciones tal y como se indica en las fichas correspondientes del apartado definición constructiva. Tendremos una configuración de huecos para las orientaciones norte y este y otra configuración diferente para las orientaciones sur y oeste.

Conforme vayamos creando los cerramientos de fachada debemos definir el color de acabado que en este caso se trata de un rojo claro y absorptividad de 0,65.

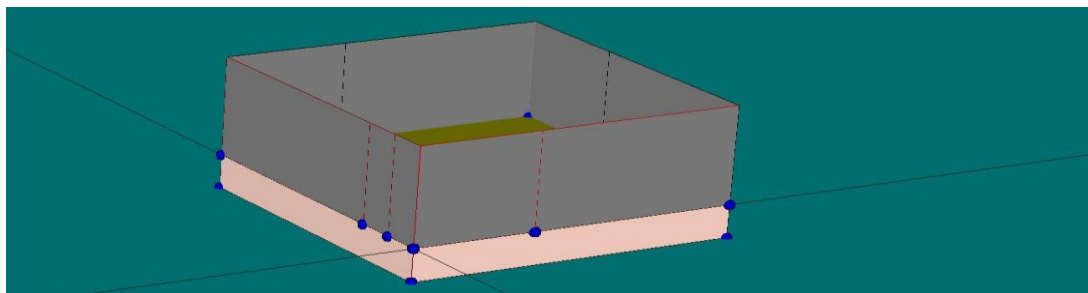


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta baja

Planta bajocubierta. OPCIONES 1 Y 3

En las opciones 1 y 3, se compone de un único espacio igual a la planta. En la opción 1 se trata de un espacio habitable y en la opción 3 de un espacio acondicionado en su totalidad

- P03 E01.

En el caso de la opción 1 y 3 levantaremos todos los cerramientos de la planta a mano con la opción “crear cerramientos singulares”. Tendremos una parte de cerramientos verticales exteriores de 0,5 metros de altura en la opción 1 y de 1,5 metros en la opción 3. A partir de ese peralte, se levantan los 4 faldones de cubierta que cubren el espacio. Para ese último paso es necesario crear una línea 3 D de punta con la altura de la cumbrera.

La opción 3 tiene una singularidad y es que incorpora lucernarios en los planos de cubierta y además estos lucernarios tienen continuidad en huecos en el tramo de cerramiento vertical. Ambos huecos habrá que introducirlos por coordenadas de manera manual editando tanto los faldones de cubierta implicados como de cerramiento vertical de fachada.

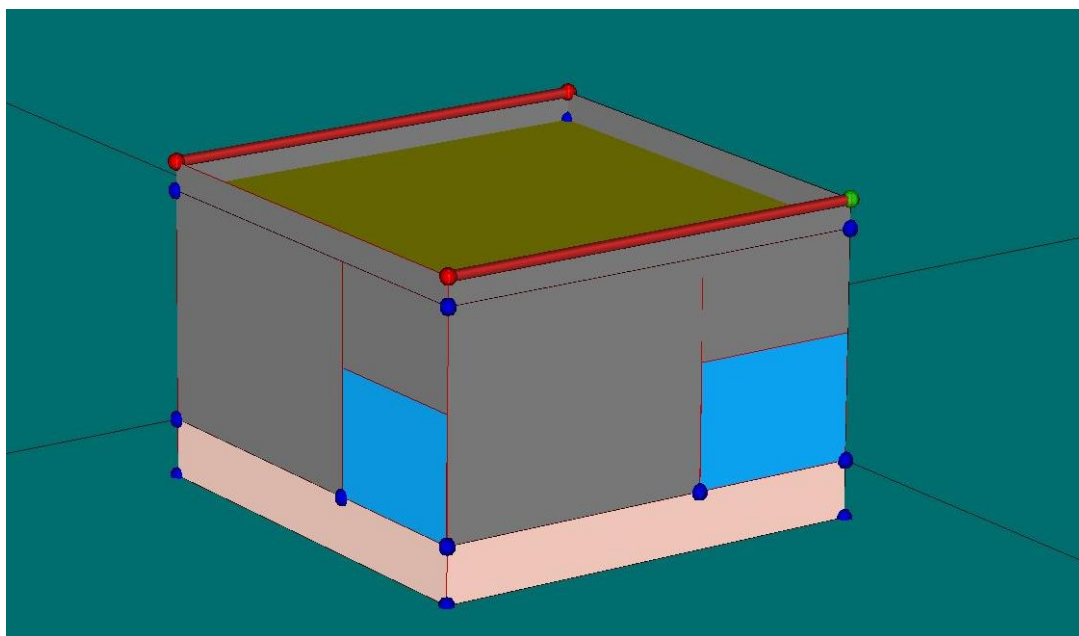


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 1. Muro de fachada en esa planta de 0,5 m.

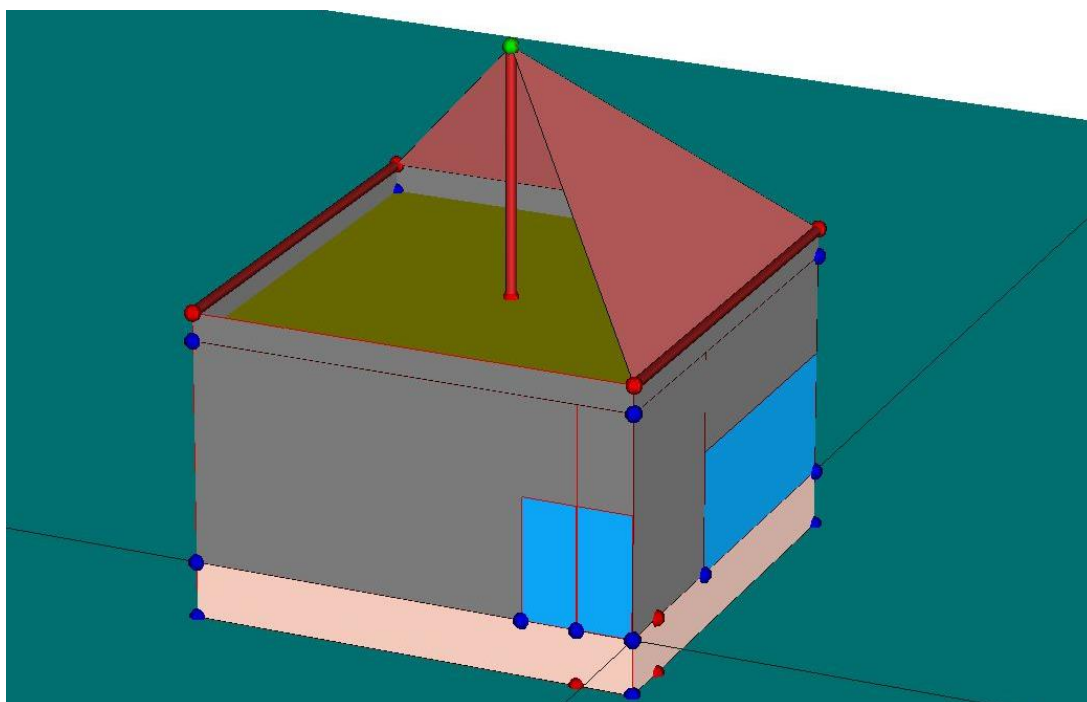


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 1. Muro de fachada en esa planta de 0,5 m.

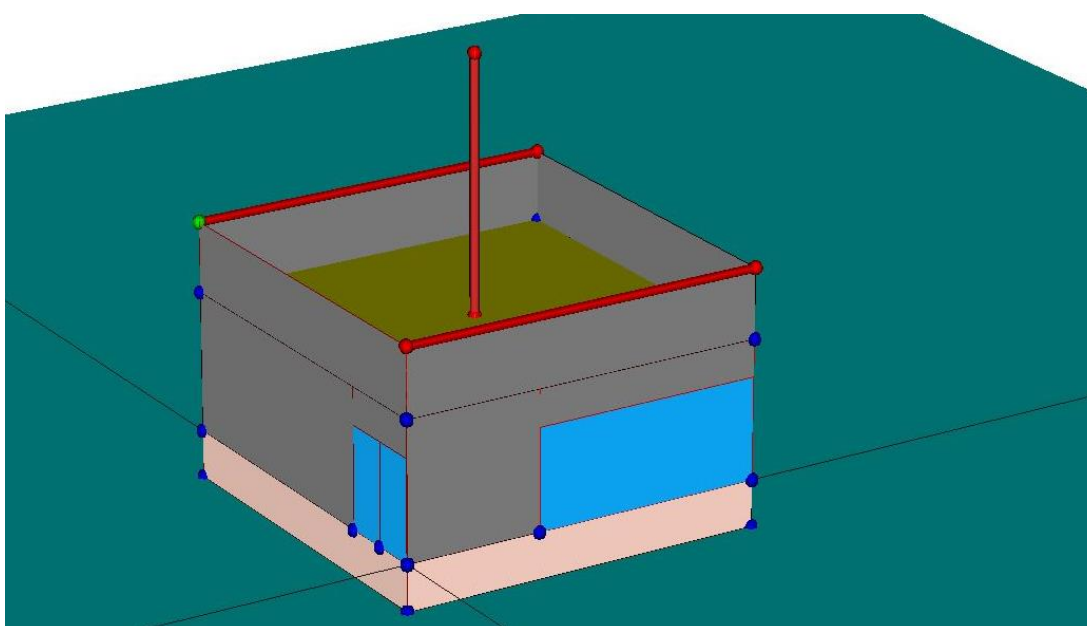


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 3. Muro de fachada en esa planta de 1,5 m.

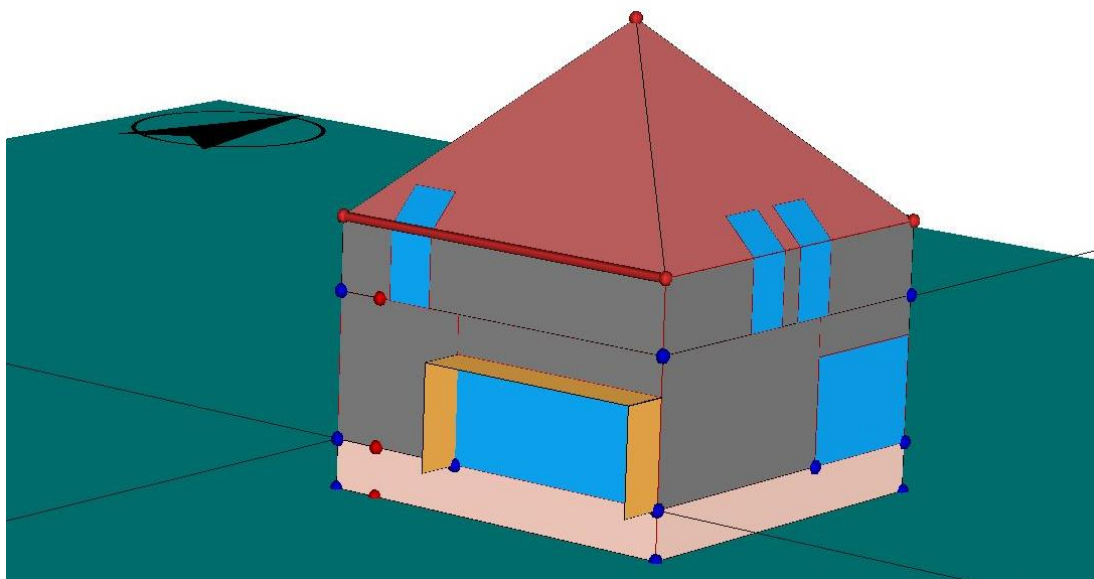


Imagen del edificio terminado opción 3

Planta bajocubierta. OPCIÓN2

En la opción 2 la planta se ocupa de manera parcial, disponiéndose un espacio central acondicionado de dimensiones 6mx 6m y altura mínima de 1,5 metros., dejando el perímetro con altura inferior a 1,5 metros, como espacio no habitable. Por razones de configuración del espacio central se ha optado por dividir el espacio perimetral no habitable en dos: P03 E01y P03 E02.

- P03 E01, P03 E02 y P03 E03.

El proceso de construir estos espacios es la parte más delicada de todo el levantamiento. Toda la tabiquería interior y cerramientos exteriores han de realizarse de manera manual con la opción ya citada anteriormente de "crear cerramientos singulares". Una parte importante es la definición de los paños de cubierta inclinada, que en este caso ha de hacerse por tramos cubriendo uno a uno cada espacio de los que componen la planta (3). Hay que asegurarse de que cada uno de esos tramos se asigna correctamente a su espacio.

Los espacios no habitables P03 E01y P03 E02 se definen en la simulación con un nivel de estanqueidad 1.

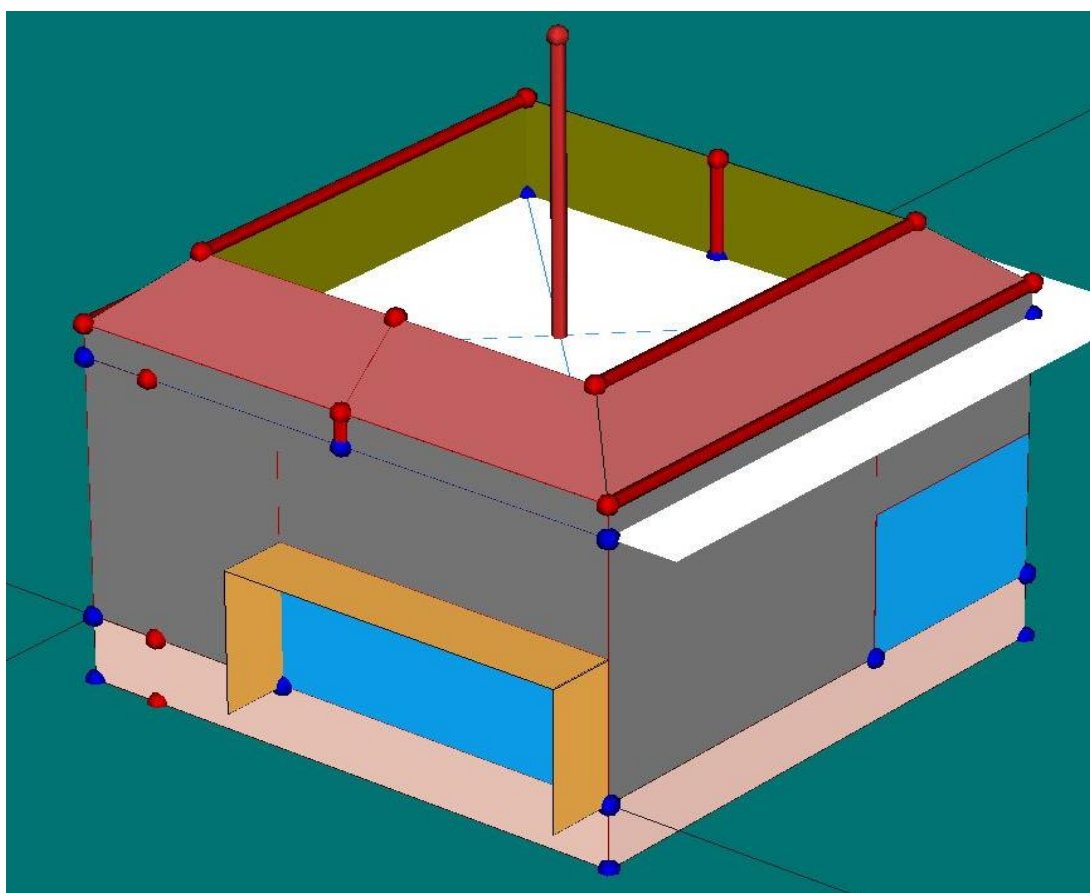
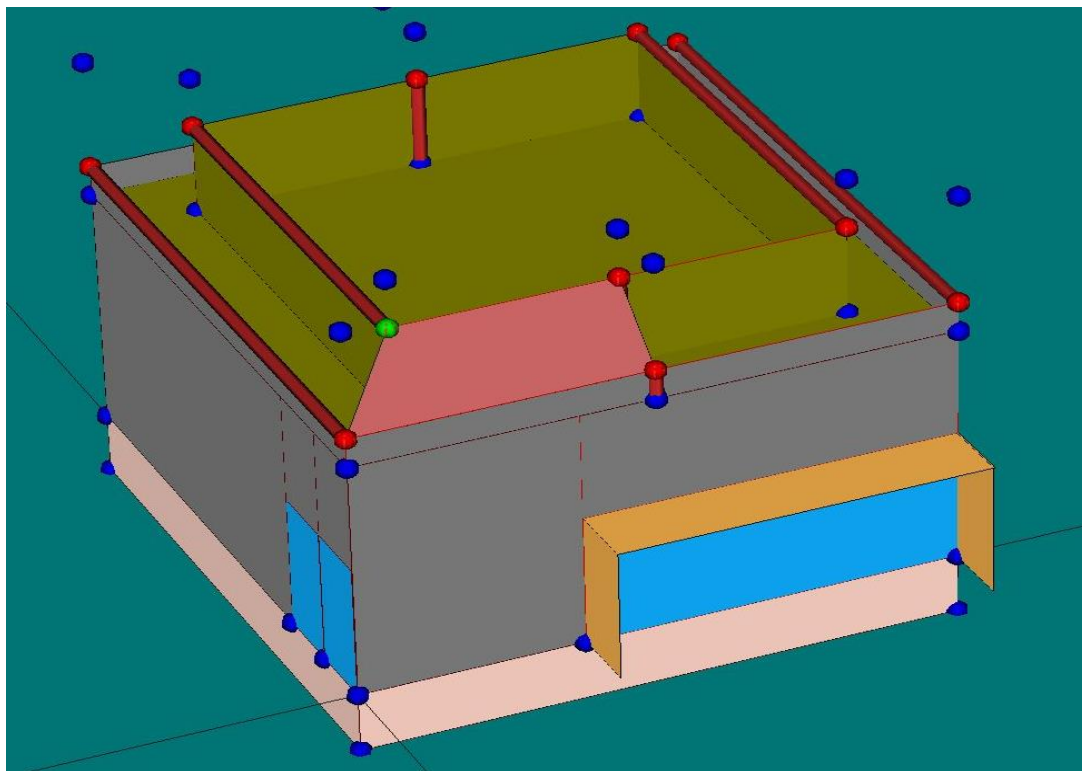


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2

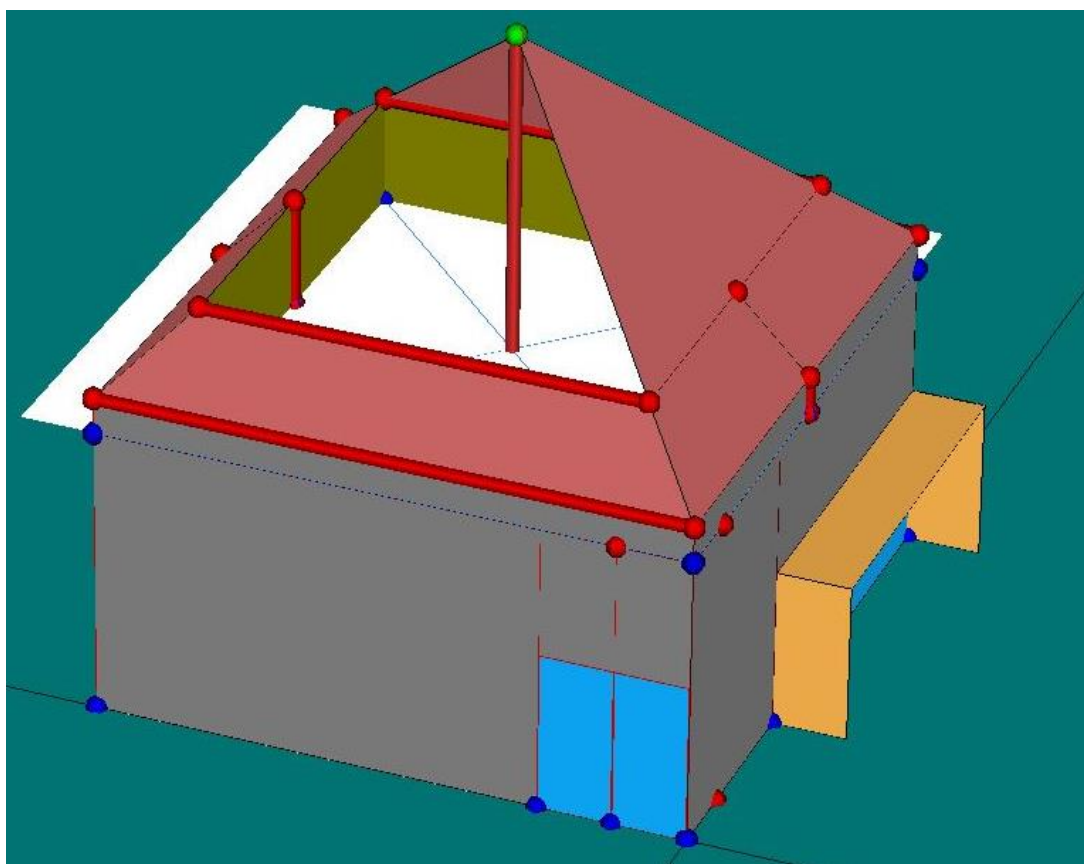


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2

El último paso consistiría en la creación de los lucernarios de cubierta que de manera obligatoria ha de hacerse de manera manual editando el plano de cubierta en el que queremos introducirlo.

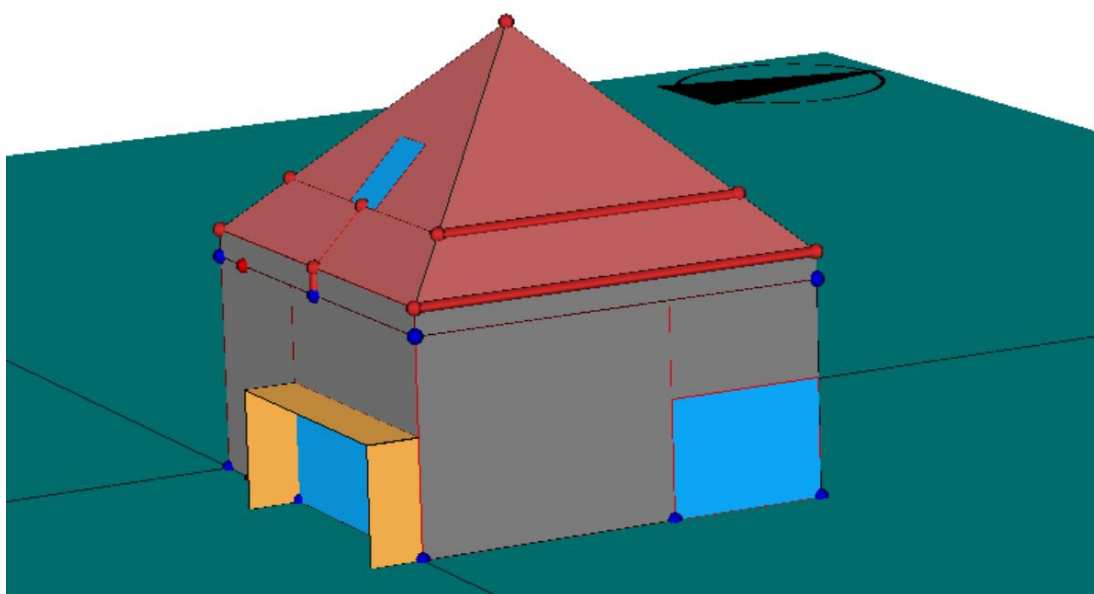


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2. Edificio terminado

SIST

4. Incorporación de sistemas

A la hora de introducir los sistemas se recomienda proceder de la siguiente forma:

- Crear el sistema de ventilación

Utilizar los datos que figura en la ficha de descripción del sistema para cada una de las opciones. Hay que recordar que no se ha considerado la inclusión de recuperadores de calor por lo que esta parte de la ficha no es necesario cumplimentarla.

Definición Sistema

Imagen de la introducción de sistemas en el módulo de CALENER VYP de HULC para opción 2

- A continuación, creamos el sistema mixto de calefacción y ACS

Para ello reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Creamos un equipo de producción (Caldera de baja temperatura por defecto), la demanda y un acumulador de ACS. Por último, introducimos las unidades terminales de cada espacio acondicionado con las potencias que se asignan en la ficha.

SIMUL

5. Comentarios sobre la simulación

Respecto a los datos que se obtienen mediante HULC respecto a los que se han calculado mediante hoja de cálculo, decir que son idénticos en la mayoría de los casos. Se presentan pequeñas diferencias en aquellos que implican superficies y volúmenes debidos principalmente a pequeñas imprecisiones derivadas del reparto de superficies de opacos y huecos en cerramientos o en el cálculo de volúmenes por redondeos en decimales.

TRSMT

2. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS

1. Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior
2. Transmitancias de particiones interiores

Se va a realizar a continuación a modo de ejemplo el cálculo⁸ de varios cerramientos, un caso general de contacto con el exterior y varios cerramientos singulares de contacto con espacios no habitables que aparecen en las diferentes opciones de estudio.

U

1. Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior

Se tratará normalmente de cerramientos compuesto de varias “hojas” y diferentes materiales. De manera general mediante el inverso de la suma de las resistencias térmicas de cada capa más las resistencias térmicas superficiales en ambas caras del cerramiento, obtenemos el valor de la transmitancia para el conjunto (U):

Su cálculo, se describe detalladamente en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. De manera resumida, exponemos a continuación los pasos básicos para dos ejemplos concretos de nuestro modelo.

Para los cerramientos opacos en contacto con el aire exterior, su transmitancia se obtiene directamente mediante la expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

siendo,

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K / W$].

Por otra parte:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

siendo,

R_1, R_2, \dots, R_n las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [$m^2 \cdot K / W$];

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la *Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior* [$m^2 \cdot K / W$] de acuerdo con la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K / W$].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

siendo,

e el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

⁸Para un desarrollo más detallado, consultar *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

En el caso de materiales heterogéneos, como las fábricas, se puede considerar la conductividad equivalente del conjunto.

Para los cerramientos en contacto con el terreno, la transmitancia intrínseca del cerramiento ha de ser corregida por el efecto del terreno. Para ello:

- **Suelos:** se puede aplicar la *Tabla 3 Transmitancia térmica U_s [$W/m^2 \cdot K$]* para soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste, o la *Tabla 4 Transmitancia térmica U_s [$W/m^2 \cdot K$]* para soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno
- **Muros o pantallas:** se obtiene de la *Tabla 5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T [$W/m^2 \cdot K$]* en función de su profundidad z , y de la resistencia térmica del muro.
- **Cubiertas:** La transmitancia térmica U_T [$W/m^2 \cdot K$] de las cubiertas enterradas se obtiene mediante el procedimiento general descrito anteriormente para cerramientos en contacto con el aire exterior, considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad $\lambda=2$ W/m·K.

En primer lugar, nos ocupamos del cálculo del muro exterior cuya composición se emplea en todas las configuraciones de estudio.

Ejemplo 1. MURO EXTERIOR

La composición del muro exterior es la siguiente:

MURO EXTERIOR			M EXT
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO			SECCIÓN CONSTRUCTIVA
capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)	
1 Mortero de cemento	0,03	0,550	
2 EPS Poliestireno	0,14	0,038	
3 1 pie LP métrico o catalán	0,24	0,667	
4 Mortero de cemento	0,01	0,550	
5 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,05	0,18	
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
Total	0,500		
TRANSMITANCIA	0,22 W/m²K		

Aplicando la expresión (1):

$$U_m = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,03}{0,55} + \frac{0,14}{0,038} + \frac{0,24}{0,667} + \frac{0,01}{0,55} + 0,18 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,015}{0,25} + 0,13} = \frac{1}{4,59} = 0,217 \approx 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Las resistencias térmicas superficiales de la cara exterior y de la cara interior del cerramiento, se obtienen de la Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [$m^2 \cdot K/W$] del DA DB-HE / 1.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$]




Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

La capa correspondiente a la cámara de aire sin ventilar se introduce por su resistencia térmica [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$] obtenida de la tabla 2 del DA DB-HE / 1

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$]

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

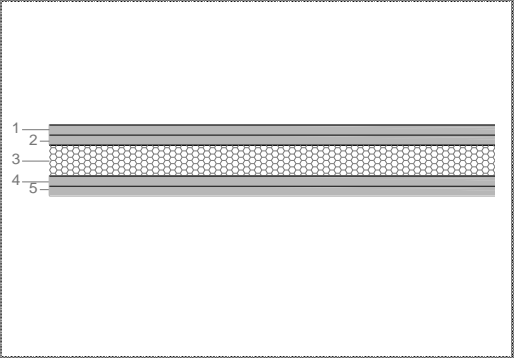
Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

U

1. Transmitancias de particiones interiores

Ejemplo 2

El siguiente ejemplo que vamos a desarrollar, se refiere al cálculo de la transmitancia del tabique interior que separa en la planta bajocubierta de la OPCIÓN 2, el espacio acondicionado (dormitorio y aseo) de los espacios no habitables de su perímetro. Su composición es la siguiente:

TABIQUE INTERIOR			TAB INT
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO			SECCIÓN CONSTRUCTIVA
capas	espesor (m)	Cond. λ ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)	
1 Placa de yeso laminado	0,013	0,250	
2 Placa de yeso laminado	0,013	0,250	
3 MW Lana mineral ($\lambda: 0,041$ ($\text{W/m} \cdot \text{K}$))	0,04	0,041	
4 Placa de yeso laminado	0,013	0,250	
5 Placa de yeso laminado	0,013	0,250	
Total	0,092		

Para el cálculo de la transmitancia U [W/m²K] se considera el caso de cualquier partición interior en contacto con un espacio no habitable que a su vez esté en contacto con el exterior. El caso general, excluido el de contactos con cámaras sanitarias se resuelve de la siguiente forma:

La transmitancia térmica U [W/m²K] viene dada por la siguiente expresión:

$$U_{\text{Tabique}} = U_P \cdot b$$

siendo,

U_P: la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada como en el ejemplo anterior según la expresión (1), tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla 6. [m² K/ W] del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

B: el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla 7 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,04}{0,041} + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13} = 0,692707979 \approx \mathbf{0,69 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Las resistencias térmicas superficiales de la cara exterior y de la cara interior del cerramiento, se obtienen en este caso de la Tabla 6. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [m²·K/ W] del DA DB-HE / 1

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [m ² K/W]		
Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor		
	R _{se}	R _{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)	0,17	0,17

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

El coeficiente de reducción de temperatura b para espacios adyacentes no habitables (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajocubierta inclinada (como es nuestro caso) se puede obtener de la tabla 7 del DA DB-HE / 1 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura 6 del DA DB-HE / 1), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento (A_{h-nh} / A_{nh-e}), donde el subíndice nh-e se refiere al cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior, y el subíndice h-nh se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (véase figura 6 del DA DB-HE / 1). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla 8:

CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;

CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

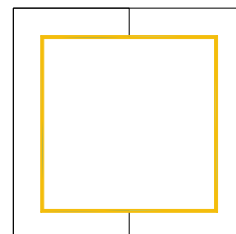
Dado que los espacios no habitables P03 E01y P03 E02 se definen en la simulación con un nivel de estanqueidad 1 (ver ayuda al levantamiento en HULC), nos encontramos en el caso 1, espacio ligeramente ventilado.

En cuanto a las superficies de los cerramientos la relación es la siguiente:

A_{h-nh} :

Este cerramiento tiene un perímetro de 6 m (de lado) x 4 lados = 24 m y una altura de 1,5 m Esto hace una superficie total de $24 \times 1,5 = 36 \text{ m}^2$ (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 36,00 \text{ m}^2$$



A_{h-e} :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m En total, 16 m^2 .
- La segunda parte se corresponde con la parte de los faldones de cubierta que cierran este espacio no habitable cada uno de estos faldones tiene una superficie de $9,87 \text{ m}^2$ En total una superficie de $39,48 \text{ m}^2$. (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{h-e} = 55,48 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{h-e} = 36 / 55,48 = 0,648$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura, $b = 0,67$ (interpolando un valor más exacto obtendríamos 0,662)

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

	No aislado _{h-e} -Aislado _{h-nh}		No aislado _{h-nh} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{h-nh} -No aislado _{h-nh}	
A_{h-nh} / A_{h-e}	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,69 \cdot 0,662 = 0,456 \approx 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

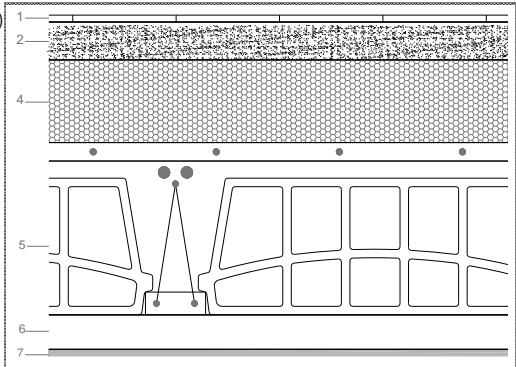
Ejemplo 3

El siguiente ejemplo se refiere a la partición horizontal (forjado) que separa en distintas condiciones el espacio acondicionado de la planta baja del no habitable en el bajocubierta. Como decimos esta separación se produce en diferentes situaciones. En la opción 1, el forjado en toda su superficie separa la planta baja acondicionada del bajocubierta no habitable. En la opción 2, esta situación se limita al perímetro que ocupan los espacios no habitables del bajocubierta. En la opción 3 el forjado divide dos espacios acondicionados (Planta baja- planta bajocubierta).

Debemos por tanto calcular la transmitancia [U] del forjado en dos situaciones diferentes:

- **FORJADO COMPLETO.** En la opción 1 la separación entre acondicionado y no habitable se producen toda la superficie del forjado.
- **FORJADO PERIMETRO.** En la opción 2 la separación entre acondicionado de planta baja y no habitable del bajocubierta afecta exclusivamente a la franja perimetral de los espacios no habitables del bajocubierta.

La composición del forjado que se utiliza en ambos casos es la siguiente:

FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-NO HAB) *			FOR INT AC-NH
Forjado entre espacio acondicionado y no habitable (opción 1 y parcialmente opción 2)			
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO			
capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)	
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300	
2 Mortero de cemento	0,055	0,550	
3 XPS Expandido ($\lambda: 0,034$ (W/m·K)	0,12	0,034	
4 FU entrevigado cerámico	0,25	0,908	
5 Cámara de aire sin ventilar horizontal	0,05	R.T.=0,160	
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
Total	0,500		

Cómo se trata nuevamente de una partición interior que separa un espacio acondicionado de otro no habitable que, a su vez, se encuentra en contacto con el aire exterior, el procedimiento a emplear es el mismo del ejemplo anterior.

FORJADO COMPLETO. Caso de la OPCIÓN 1

La transmitancia térmica U [W/m²K] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjado}} = U_P \cdot b$$

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,10 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,055}{0,55} + \frac{0,12}{0,034} + \frac{0,25}{0,908} + 0,16 + \frac{0,015}{0,25} + 0,10} = 0,230995429 \approx \mathbf{0,23 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [$\text{m}^2\text{K/W}$]

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,17	0,17

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

La capa correspondiente a la cámara de aire sin ventilar se introduce por su resistencia térmica [$\text{m}^2\text{K/W}$] obtenida de la tabla 2 del DA DB-HE / 1

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire [$\text{m}^2\text{K/W}$]

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

A_{h-nh} :

Es el área completa de la planta (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 64,00 \text{ m}^2$$

A_{nh-e} :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m. En total, 16 m^2 .
- La segunda parte se corresponde con la superficie de los faldones de cubierta, cada uno de ellos tiene una superficie de 22,60 m^2 . En total una superficie de 90,40 m^2 . (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{nh-e} = 16 + 90,4 = 106,40 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 64 / 106,40 = 0,601$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura, $b = 0,67$ (interpolando un valor más exacto obtendríamos 0,698)

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} -Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_P \cdot b$$

$$U_P = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,23 \cdot 0,698 = 0,16054 \approx 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

FORJADO DEL PERIMETRO. Caso de la OPCIÓN 2

La transmitancia térmica U [W/m²K] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjado}} = U_P \cdot b$$

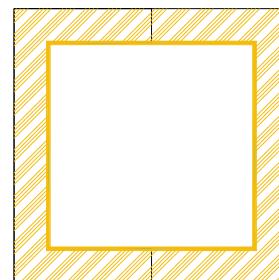
Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,10 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,055}{0,55} + \frac{0,12}{0,034} + \frac{0,25}{0,908} + 0,16 + \frac{0,015}{0,25} + 0,10} = 0,230995429 \approx 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

A_{h-nh} :

Es el área de la franja del perímetro de la planta que ocupan los espacios no habitables del bajocubierta.
(ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 28,00 \text{ m}^2$$



A_{nh-e} :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m. En total, 16 m².
- La segunda parte se corresponde con la parte de los faldones de cubierta que cierran este espacio no habitable cada uno de estos faldones tiene una superficie de 9,87 m². En total una superficie de 39,48 m². (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{nh-e} = 16 + 39,48 = 55,48 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 28 / 55,48 = 0,504$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura, $b = 0,67$, interpolando un valor más exacto obtenemos $0,767$.

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} -Aislado _{nh-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{nh-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{nh-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,23 \cdot 0,767 = 0,176 \approx 0,17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Ejemplo 4

El siguiente ejemplo se refiere a la partición horizontal (forjado) que separa en todos los casos de estudio la planta baja de la cámara sanitaria. Su ejecución se realiza mediante encofrado perdido. Se trata de un caso particular de las particiones interiores que hemos visto hasta ahora. Para el caso de los suelos en contacto con cámaras sanitarias en el DA DB-HE/1 se propone un procedimiento de cálculo para las cámaras de aire ventiladas que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- que tengan una altura h inferior o igual a 1 m;
- que tengan una profundidad z respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.

En caso de no cumplirse la condición a), pero sí la b), la transmitancia del cerramiento en contacto con la cámara se puede calcular mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.1.1 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se puede calcular mediante la definición general del coeficiente b descrito en el apartado 2.1.3.1. del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

En nuestro caso no se cumple la condición b) pues la altura de la cámara sanitaria es de 1 m y la profundidad Z es $>0,5$ m. Se supone una pequeña franja expuesta al exterior exclusivamente para la ventilación de la cámara. La estanqueidad de la cámara sanitaria es nivel 3.

Por tanto, el método de cálculo es el mismo de los dos ejemplos anteriores. La composición del forjado es la siguiente:

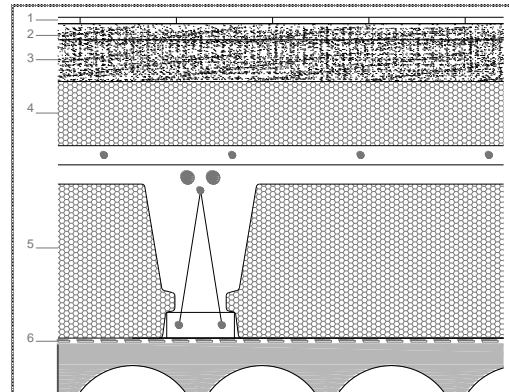
FORJADO CON CÁMARA SANITARIA

FOR CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,025	0,550
3 Mortero de cemento de difusión	0,06	0,550
4 XPS Expandido (λ :0,034 (W/m·K)	0,1	0,034
5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado	0,3	0,256
6 Lámina de cloruro de polivinilo (PVC)	0,005	0,170
Total	0,500	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



La transmitancia térmica U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjadosanit}} = U_P \cdot b$$

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,025}{0,55} + \frac{0,065}{0,55} + \frac{0,10}{0,034} + \frac{0,30}{0,256} + 0,17} = 0,216401706 \approx 0,22 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,17	0,17

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

A_{h-nh} :

Es el área completa de la planta (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 64,00 \text{ m}^2$$

A_{nh-e} :

El cerramiento de la cámara en contacto con el exterior lo componen todas las paredes bajo rasante de la cámara y la superficie de la solera en contacto con el terreno.

Sería por tanto un área de 64m^2 (solera) + $(8 \times 4 \times 1 = 32 \text{ m}^2)$ (muros de cámara sanitaria) = 96m^2

$$A_{nh-e} = 96,00 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 64/96 = 0,66$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura, $b = 0,96$. Si interpolamos un valor más exacto obtenemos: 0,95.

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{h-nh} / A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} -Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{forjadosanit} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{forjadosanit} = 0,22 \cdot 0,95 = 0,209 \approx 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

COND
ENSA

3. CÁLCULO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

1. Datos previos
2. Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales

Para la comprobación de la existencia de condensaciones intersticiales en la fachada del ejemplo, se va a seguir el procedimiento descrito en el *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

Se va a realizar la comprobación de condensaciones intersticiales en el cerramiento de fachada de planta baja. Recordemos que los datos relativos a la composición y esquema de dicha fachada son los siguientes:

MURO EXTERIOR			M EXT
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO			SECCIÓN CONSTRUCTIVA
capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)	
1 Mortero de cemento	0,03	0,550	
2 EPS Poliestireno	0,14	0,038	
3 1 pie LP métrico o catalán	0,24	0,667	
4 Mortero de cemento	0,01	0,550	
5 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,05	0,18	
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
Total	0,500		
TRANSMITANCIA	0,22 W/m²K		

DAT

1. Datos previos

Los parámetros necesarios para el cálculo y que caracterizan las propiedades de cada una de las capas que componen el cerramiento, se resumen en la siguiente tabla:

CARACTERIZACIÓN DEL CERRAMIENTO

CAPAS DEL CERRAMIENTO	espesor. e (m)	Cond. λ (W/m·K)	R_{termica} (m ² ·K/W)	μ factor resist. difus. vapor de agua	S_d (m)
Resistencia térmica suprf exterior	-	-	0,04	-	-
1 Mortero de cemento	0,030	0,550	0,05	10	0,3
2 EPS Poliestireno	0,140	0,038	3,68	20	2,8
3 1 pie Ladrillo Perforado métrico o catalán	0,240	0,667	0,36	10	2,4
4 Mortero de cemento	0,010	0,550	0,02	10	0,1
5 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,050		0,18	1	0,05
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06	4	0,06
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06	4	0,06
Resistencia térmica suprf. Interior	-	-	0,13	-	-
TOTALES			4,59		5,77

Leyenda:

e: es el espesor de cada capa [m]

λ : conductividad térmica del material que forma la capa. En nuestro caso los hemos tomado de la base de datos constructiva que incorpora HULC. [W/m·K]

R: resistencia térmica de la capa (obtenidos de la base de datos constructiva de HULC) o en su caso resistencia térmica superficial exterior e interior (ver apartado de ayuda dedicado al cálculo de transmitancias). [m²·K/W]

μ : es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, que se puede obtener a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2012 o tomado de Documentos Reconocidos. En nuestro caso los hemos tomado de la base de datos constructiva que incorpora HULC. [adimensional]

S_d : es el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_d = e \cdot \mu$$

Estas propiedades las suponemos constantes como aproximación válida y suficiente para el cálculo que se va a desarrollar.

Condiciones exteriores

Para el cálculo de condensaciones se toman como temperaturas exteriores y humedades relativas exteriores los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio. Si se trata de capitales de provincia, se pueden tomar los valores contenidos en la tabla C.1 del apéndice C, del *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

Para localidades que no sean capitales de provincia como es nuestro caso (Albarracín) y si no se disponen de registros climáticos contrastados, se puede proceder de la siguiente forma:

- Si la altitud de la localidad de proyecto es mayor que la de la capital de provincia, se puede suponer que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades. La humedad relativa para dichas localidades se calcula suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.
- Si la localidad de proyecto se encuentra a menor altura que la de referencia se toma para dicha localidad la temperatura y humedad de la capital de provincia.

En consecuencia, en nuestro caso los datos de cálculo para el mes de enero, en principio el más desfavorable, son los siguientes:

TERUEL Capital provincia		
Altitud (msnm)	T _{media} θ _e (°C)	HR _{media} φ _e (%)
915	3,8	72

Localidad ALBARRACÍN		
Altitud (msnm)	T _{media} θ _{e,loc} (°C)	HR _{media} φ _{e,loc} (%)
1200	1,0	

La temperatura de cálculo media de enero es de 0,95 °C, con redondeo del segundo decimal de 1 °C.

Por otra parte, el procedimiento para obtener la humedad relativa de la localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:

- a) cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia P_{sat} en [Pa], a partir de su temperatura exterior (θ_e) para el mes de cálculo (enero) en [°C], según el apartado 3.1 del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_e}{237,3 + \theta_e}} \quad [1]$$

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot 3,8}{237,3 + 3,8}} = \mathbf{801,48 \text{ Pa}}$$

θ_e: temperatura exterior de cálculo de la capital de provincia (en nuestro caso 3,8°C)

- b) cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia P_e en [Pa], mediante la expresión:

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad [2]$$

donde,

φ_e es la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].

En nuestro caso,

$$P_e = 0,72 \cdot 801,48 \text{ Pa} = \mathbf{577,06 \text{ Pa}}$$

- c) cálculo de la presión de saturación de la localidad P_{sat,loc} en [Pa], según el apartado 3.1, del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*, siendo ahora θ la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C], es decir, θ_{e,loc} en la tabla anterior (1°C).

$$P_{\text{sat,loc}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_{e,loc}}{237,3 + \theta_{e,loc}}}$$

$$P_{\text{sat,loc}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot 1}{237,3 + 1}} = \mathbf{656,38 \text{ Pa}}$$

- d) Para el cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, suponemos que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia y aplicamos la expresión:

$$\phi_{e,loc} = P_e / P_{\text{sat,loc}}(\theta_{e,loc}) \quad [3]$$

$$\phi_{e,loc} = \frac{577,06}{656,38} = 0,879 \approx \mathbf{0,88}$$

Por tanto, completando la tabla de condiciones exteriores para el mes de enero, queda como sigue:

TERUEL Capital provincia			Localidad ALBARRACÍN		
Altitud (msnm)	$T_{media} \theta_e$ (°C)	$HR_{media} \phi_e$ (%)	Altitud (msnm)	$T_{media} \theta_{e,loc}$ (°C)	$HR_{media} \phi_{e,loc}$ (%)
915	3,8	72	1200	1,0	88

Condiciones interiores

Para la temperatura del ambiente interior tomaremos 20°C para el mes de enero.

Si se dispone del dato de humedad relativa interior (ϕ_i) 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 del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

En nuestro caso, vivienda unifamiliar, situada en el interior de la península y a falta de datos más precisos, se pueden optar por la opción que se propone en el punto 2.2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones intersticiales, del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*. Así podemos considerar que sus espacios son de clase de higrometría 3 o inferior. Es decir, son espacios en los que no se prevé una alta producción de humedad. En dicho apartado se propone una HR del 55% para la clase de higrometría 3 o inferior:

“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%”

En consecuencia, las condiciones interiores quedarían de la siguiente forma:

CONDICIONES INTERIORES	
$T_{interior} \theta_i$ (°C)	$HR_{interior} \phi_i$ (%)
20	55

Para obtener la presión de vapor interior utilizamos la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot 2337$$

donde,

ϕ_i es la humedad relativa interior definida en el párrafo anterior [en tanto por 1]

para los valores de nuestro ejemplo,

$$P_i = 0,55 \cdot 2337 = 1285,35 \text{ Pa}$$

CUMPLE

1. Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales

Para este apartado aplicaremos el método descrito en el punto 4.2.1 del *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

De manera resumida el método consiste en la comparación de la presión de vapor calculada en la superficie de cada una de las capas que conforman el cerramiento, con la presión de saturación en cada punto. Para toda la sección del cerramiento, es necesario calcular:

- la distribución de temperaturas;
- la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
- la distribución de presiones de vapor.

Distribución de temperaturas

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de este, así como de las resistencias térmicas superficiales interior R_{si} y exterior R_{se} , y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) que forman el cerramiento.

Para obtener la distribución de temperaturas procedemos de la siguiente forma:

1º. calculamos la resistencia térmica total del elemento

Las resistencias térmicas superficiales las obtenemos de la Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [$m^2 \cdot K / W$] del *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [$m^2 \cdot K / W$]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (techo)	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)	0,04	0,17

Tabla extraída del *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*

Para el cálculo de la resistencia térmica total (R_T) del muro de fachada, aplicamos la expresión ya vista en el apartado anterior de ayudas dedicado al cálculo de transmitancias:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

siendo,

R_1, R_2, \dots, R_n las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [$m^2 \cdot K / W$];

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la *Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior* [$m^2 \cdot K / W$] de acuerdo con la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K / W$].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R_T = \frac{e}{\lambda}$$

siendo,

e el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

Utilizamos los datos de espesor y conductividad térmica de cada capa que figuran en la ficha del cerramiento. Ordenados de exterior a interior, los valores son los siguientes:

$$R_T = 0,04 + \frac{0,03}{0,55} + \frac{0,14}{0,038} + \frac{0,24}{0,667} + \frac{0,01}{0,55} + 0,18 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,015}{0,25} + 0,13 = 4,59 \text{ m}^2 \cdot K / W$$

Los valores de resistencias térmicas por capas quedan como sigue en la tabla de cálculo:

	EXTERIOR	Superf ext.	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4	CAPA 5	CAPA 6	CAPA 7	Superf int.	INTERIOR
Resistencia térmica $m^2 \cdot K / W$	-	R_{se}	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_{si}	-
		0,04	0,055	3,684	0,360	0,018	0,180	0,060	0,060	0,13	

A continuación, realizamos la distribución de temperaturas por capas del cerramiento entre exterior e interior y de manera proporcional a la resistencia térmica ya calculada para cada capa.

2º, calculamos la temperatura superficial exterior mediante la expresión:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [4]$$

donde,

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según los cálculos realizados correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

θ_i es la temperatura interior definida anteriormente [°C];

R_T es la resistencia térmica total del componente constructivo, en este caso de la fachada [$m^2 \cdot K / W$];

R_{se} es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, en función de la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K / W$].

Los valores de temperatura exterior e interior ya los hemos calculado en los apartados de condiciones exteriores e interiores. La resistencia térmica superficial exterior (R_{se}) la obtenemos de la *Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior* [$m^2 \cdot K / W$] del *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Aplicando a la expresión [4] con todos los valores ya conocidos, obtenemos la temperatura superficial exterior:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{se} = 1 + \frac{0,04}{4,59} \cdot (20 - 1) = 1,12 \text{ } ^\circ C$$

3º calculamos la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \\ \theta_2 &= \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [5] \\ &\dots\dots\dots \\ \theta_n &= \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)\end{aligned}$$

donde,

θ_{se} es la temperatura superficial exterior [°C] ya calculada;

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio también ya calculada y correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

θ_i es la temperatura interior ya definida en [°C];

$\theta_1 \dots \theta_{n-1}$ son las temperaturas en cada capa [°C].

$R_1, R_2 \dots R_n$ son las resistencias térmicas de cada capa [m²·K/ W];

R_T es la resistencia térmica total del componente constructivo [m²·K/ W]; también ya calculada.

Los valores obtenidos en el cálculo para cada capa se incorporan en la tabla resumen al final de este apartado.

4º calculamos la temperatura superficial interior (θ_{si})

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [6]$$

donde,

θ_e es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio también ya calculada y correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

θ_i es la temperatura interior ya definida en [°C];

θ_n es la temperatura en la capa n [°C];

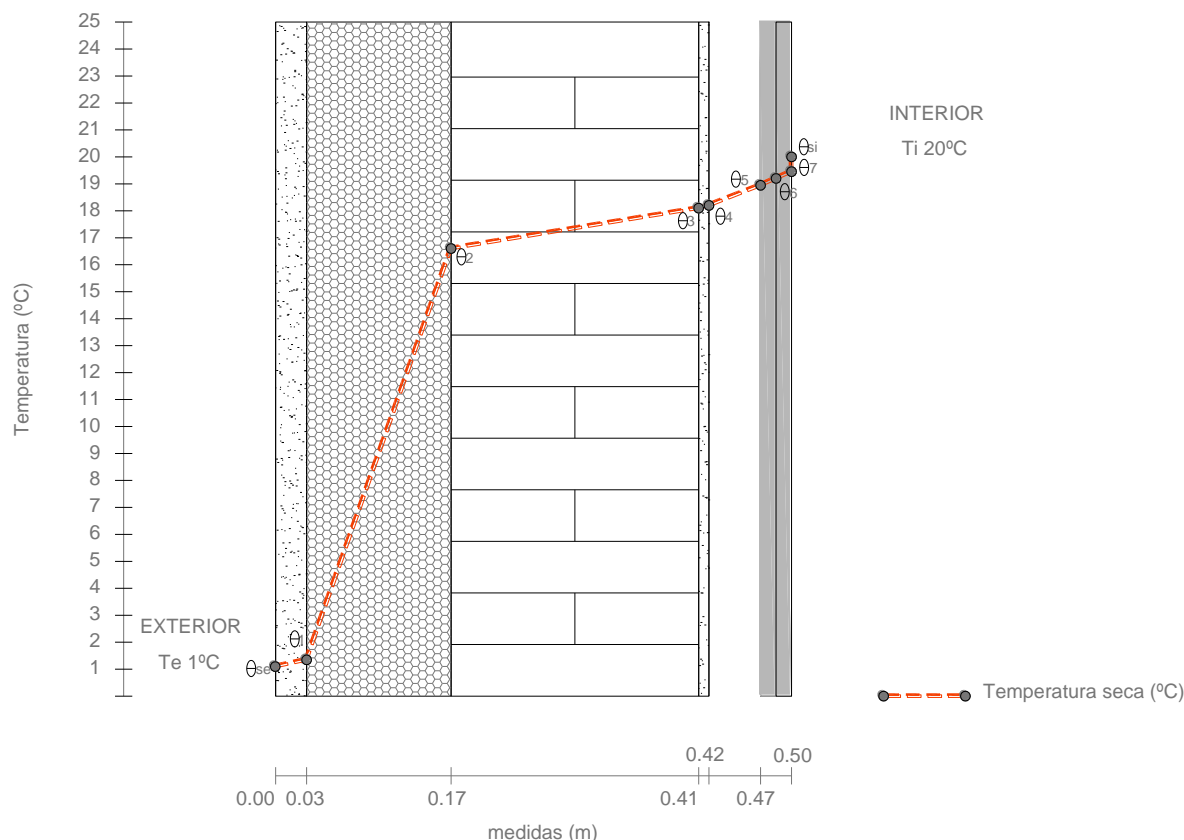
R_{si} es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, obtenida de acuerdo con la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m²·K/ W];

R_T es la resistencia térmica total del componente constructivo [m²·K/ W]; también ya calculada.

Los valores obtenidos se añaden a la tabla de cálculo:

	EXTERIOR	Superf ext.	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4	CAPA 5	CAPA 6	CAPA 7	Superf int.	INTERIOR
Resistencia térmica m ² ·K/ W	-	R_{se} 0,04	R_1 0,055	R_2 3,684	R_3 0,360	R_4 0,018	R_5 0,180	R_6 0,060	R_7 0,060	R_{si} 0,13	-
Temperaturas °C	θ_e 1,00	θ_{se} 1,12	θ_1 1,34	θ_2 16,63	θ_3 18,13	θ_4 18,20	θ_5 18,95	θ_6 19,20	θ_7 19,45	θ_{si} 19,99	θ_i 20,00

Gráficamente la distribución de temperaturas en las diferentes capas que componen la sección del cerramiento se puede representar de la siguiente forma:



Distribución de la presión de vapor de saturación

A partir de la distribución de temperaturas obtenida en el apartado anterior, se puede obtener la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo del muro de fachada.

Para ello aplicamos la expresión [1] introduciendo las temperaturas de cada capa.

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_i}{237,3 + \theta_i}} \quad [1]$$

Los valores obtenidos son los siguientes:

	EXTERIOR	Superf. ext.	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4	CAPA 5	CAPA 6	CAPA 7	Superf. int.	INTERIOR
Resistencia térmica m ² ·K/ W	-	R _{se} 0,04	R ₁ 0,055	R ₂ 3,684	R ₃ 0,360	R ₄ 0,018	R ₅ 0,180	R ₆ 0,060	R ₇ 0,060	R _{si} 0,13	-
Temperaturas °C	θ _e 1,00	θ _{se} 1,12	θ ₁ 1,34	θ ₂ 16,63	θ ₃ 18,13	θ ₄ 18,20	θ ₅ 18,95	θ ₆ 19,20	θ ₇ 19,45	θ _{si} 19,99	θ _i 20,00
Pres. vapor satur. Pa	P _{sat, loc} 656,38	P _{se} 661,90	P _{s1} 672,78	P _{s2} 1892,07	P _{s3} 2079,29	P _{s4} 2089,16	P _{s5} 2189,17	P _{s6} 2223,42	P _{s7} 2258,14	P _{si} 2335,01	P _{si} 2335,01

La distribución de presión de vapor a través del cerramiento en cada una de las interfases se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

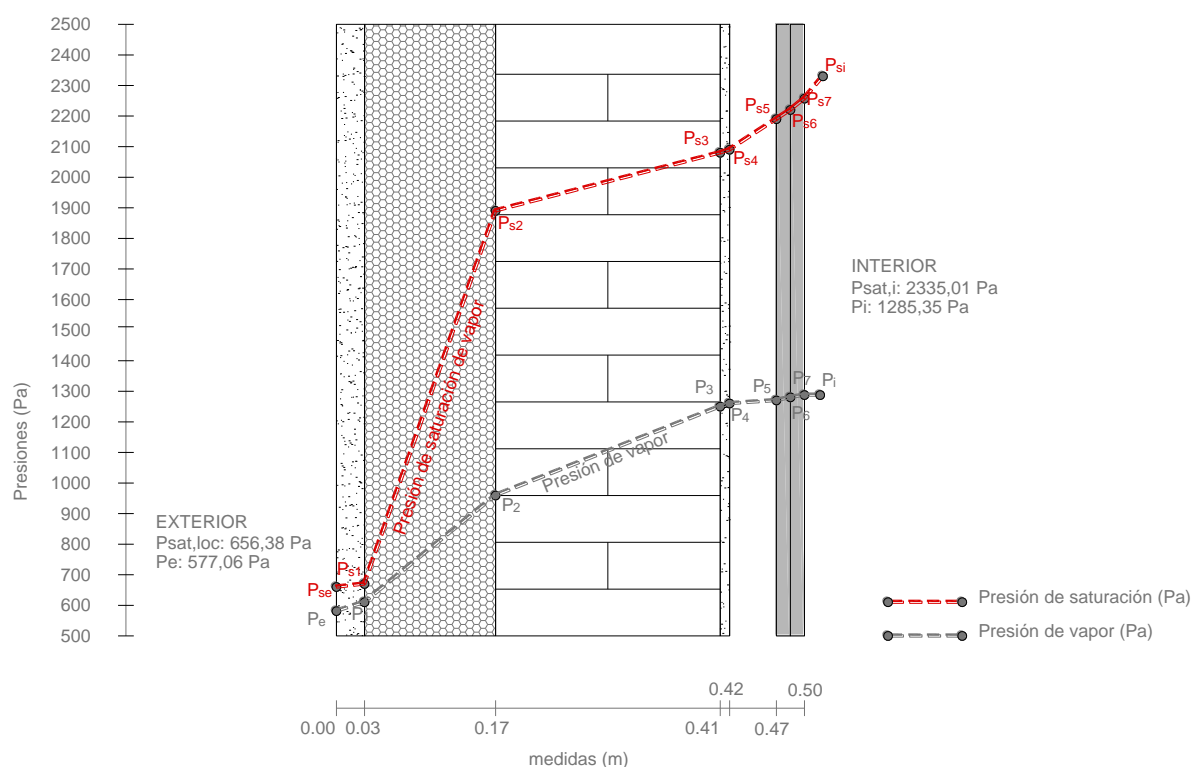
$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

Los resultados obtenidos para cada punto en la sección del cerramiento se resumen en la siguiente tabla ya completa:

	EXTERIOR	Superf. ext.	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 4	CAPA 5	CAPA 6	CAPA 7	Superf. int.	INTERIOR
Resistencia térmica m ² ·K/ W	-	R _{se}	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R _{si}	-
	-	0,04	0,055	3,684	0,360	0,018	0,180	0,060	0,060	0,13	-
Temperaturas °C	θ _e	θ _{se}	θ ₁	θ ₂	θ ₃	θ ₄	θ ₅	θ ₆	θ ₇	θ _{si}	θ _i
	1,00	1,12	1,34	16,63	18,13	18,20	18,95	19,20	19,45	19,99	20,00
Pres. vapor satur. Pa	P _{sat, loc}	P _{se}	P _{s1}	P _{s2}	P _{s3}	P _{s4}	P _{s5}	P _{s6}	P _{s7}	P _{si}	P _{si}
	656,38	661,90	672,78	1892,07	2079,29	2089,16	2189,17	2223,42	2258,14	2335,01	2335,01
Presiones vapor Pa	P _e	P _e	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P _i	P _i
	577,06	577,06	613,89	957,60	1252,21	1264,48	1270,62	1277,98	1285,35	1285,35	1285,35

Si alguno de los valores de presión de vapor alcanza o supera la presión de vapor de saturación en ese punto, se producirán condensaciones. Una forma más visual de evaluar esta posibilidad consiste en representar sobre el esquema de la sección del cerramiento las gráficas de ambos parámetros (presión de vapor y presión de saturación) y analizar si existen puntos de contacto o intersección. A continuación, se representa dicho gráfico para el muro exterior de la vivienda:



Como se observa en la gráfica no existe contacto entre ambas gráficas por lo que se puede concluir que para las condiciones exteriores (mes de enero) e interiores establecidos, no se producen condensaciones intersticiales en ninguna de las capas que forman el cerramiento analizado.