

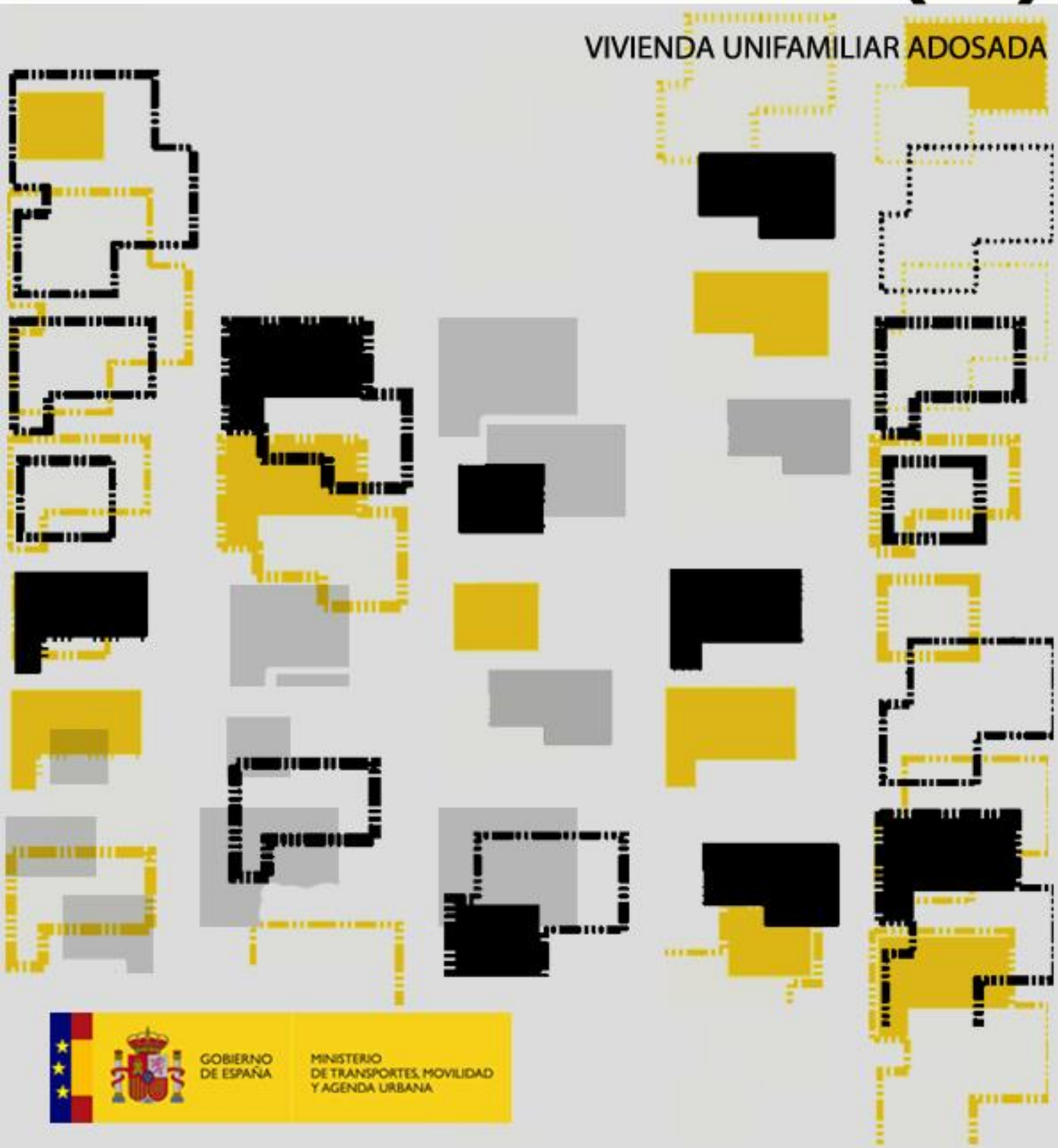
CTE

CÓDIGO TÉCNICO
DE LA EDIFICACIÓN

Guía de aplicación DB HE 2019

EJEMPLOS (II)

VIVIENDA UNIFAMILIAR ADOSADA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

Este documento recoge el segundo ejemplo práctico de una serie que muestra la aplicación del DBHE con el orden lógico que requiere la elaboración de un proyecto de edificación, presentando las casuísticas más habituales y barriendo distintos usos edificatorios. Se ha realizado bajo la supervisión de la Dirección General de Agenda Urbana y Arquitectura del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Dirección y coordinación:

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:

Isabel Marcos Anasagasti

Raquel Lara Campos

Raúl Valiño López

Instituto de Ciencias de la Construcción
Eduardo Torroja

Rafael Villar Burke

Marta Sorribes Gil

Daniel Jiménez González

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto,
profesor del departamento de construcción de
la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
Madrid (UPM)

Autores:

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto,
profesor del departamento de construcción de
la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
Madrid (UPM)

Violeta Rodríguez González - Arquitecta

Ilustración:

Violeta Rodríguez González - Arquitecta

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto,
profesor del departamento de construcción de
la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
Madrid (UPM)

Catálogo de publicaciones de la
Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Centro virtual de publicaciones del
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda
Urbana:

www.mitma.gob.es

Edita:

Centro de Publicaciones

Secretaría General Técnica

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda
Urbana ©

NIPO: 796-21-039-8

Entidad colaboradora:

Este texto se ha elaborado con la participación
del CSCAE – Consejo Superior de los Colegios
de Arquitectos de España



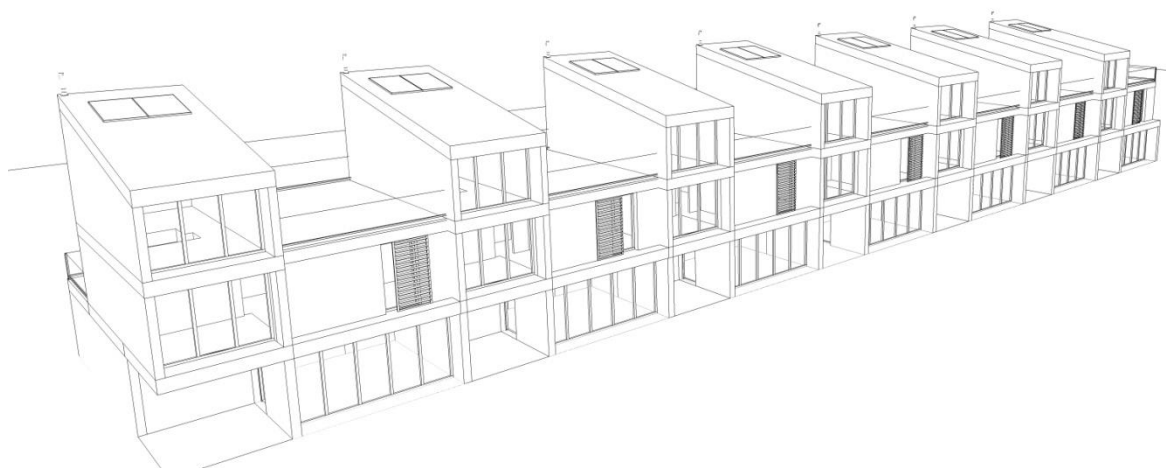
CSCAE

Consejo Superior de los
Colegios de Arquitectos de España

Está permitida la reproducción, parcial o total,
del presente documento, siempre que esté
destinado al ejercicio profesional de los
técnicos del sector. Por el contrario, debe contar
con aprobación por escrito cuando esté
destinado a fines editoriales en cualquier
soporte impreso o electrónico.

F1

VIVIENDA UNIFAMILIAR
ADOSADA



ÍNDICE

SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS	6
A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL	7
1. Información general	7
2. Programa funcional	8
B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA	12
1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados	12
2. Imagen. Volumetría	17
C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA	18
1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos	18
2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3	28
D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS	33
1. Acondicionamiento de invierno	35
2. Acondicionamiento de verano	36
3. Producción de ACS	37
4. Ventilación híbrida	39
SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS	40
HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	40
1. Preparación de datos previos a la comprobación	44
2. Condiciones de la envolvente térmica	53
3. Limitación de descompensaciones	69
4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica	70
HE2.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	71
HE3.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	73
HE4.CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA	74
1. Preparación de datos previos a la comprobación	74
2. Contribución renovable mínima para demanda de ACS y/o climatización de piscina	76
HE5.GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	81
HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	82
1. Preparación de datos previos a la comprobación	82
2. Consumo de energía primaria no renovable	82
3. Consumo de energía primaria total	83
4. Horas fuera de consigna	83
5. Resultados	83
RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CADA SECCIÓN	85
1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios	85
SECCIÓN 3. AYUDAS	87
1. INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC	87
1. Datos generales, administrativos y previos	87
2. Base de datos	88
3. Construcción del modelo	89
4. Incorporación de sistemas	100
5. Comentarios sobre la simulación	102

DESCRIP

SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS.

- A Datos generales y programa funcional
- B Arquitectura: Definición geométrica
- C Definición constructiva
- D Sistemas de acondicionamiento y ACS
- E Indicaciones para el levantamiento en HULC

El ejemplo que se desarrolla a continuación consiste en una vivienda unifamiliar adosada formando hilera, en este caso de 7 unidades. La vivienda analizada es una de las intermedias con el fin de aprovechar como ejemplo la variedad de contactos que se producen en sus cerramientos y particiones. Las características formales, constructivas y sistemas de acondicionamiento de la vivienda se describen en los apartados siguientes.

En cuanto a la geometría y composición espacial del edificio, y al igual que en el “*Ejemplo 0, Vivienda unifamiliar mínima*” partiremos de unas condiciones de entorno teóricas y que normalmente en un proyecto real, serán consecuencia de las propias características físicas del lugar, así como de las determinaciones urbanísticas establecidas en las ordenanzas municipales. Principalmente, estas determinaciones urbanísticas, regulan parámetros tales como la edificabilidad, retranqueos en parcela, altura de cornisa, altura de cumbrera, etc.

El objetivo de este *Ejemplo 1 Vivienda unifamiliar adosada*, es el estudio del cumplimiento de los diferentes indicadores, condiciones, valores límite y procedimientos en cada una de las exigencias, partiendo de la configuración teórica que se establece para este proyecto. En algunos apartados se hará referencia al estudio de variantes y alternativas posibles que se han desarrollado en profundidad en el “*Ejemplo 0, Vivienda Unifamiliar Mínima*”.

El modelo de estudio de esta vivienda ha sido reproducido en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER (HULC¹) y nos servimos de los resultados obtenidos en diferentes apartados de esta ficha. La versión utilizada de la Herramienta Unificada para verificación del DB-HE 2019 es la 2.0.2203.1160 de 26 de abril.

¹ En el capítulo de Ayudas de este documento, figura un apartado completo de recomendaciones y criterios generales de aplicación para el levantamiento del modelo en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC)

DAT

A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL

1. Información general
2. Programa funcional

A continuación, se detallan los datos de contexto necesarios para realizar la comprobación del cumplimiento de las diferentes exigencias de cada sección. También son los que precisamos para poder levantar el modelo del edificio en la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC).

INFO
GENERAL

1. Información general

En este apartado se especifican los datos referidos a su ubicación, tipo de proyecto, alcance de la intervención, etc.

1. Tipo de proyecto o intervención	Edificio nuevo	2. Uso	Residencial privado
<i>HE 1. 1 ámbito de aplicación</i>			
3. Localidad	Jaén	4. Altitud de proyecto (m)	575
		5. Zona climática	C4
		<i>Tabla a-Anejo B</i>	
1. Tipo de edificio	Vivienda unifamiliar adosada		

Para este edificio, la consideración es de obra nueva y se ha situado en un clima normativo "C4" que requerirá soluciones compatibles con un mayor rigor climático de verano, pero donde los inviernos presentarán también solicitudes de cierta importancia. El proyecto se sitúa en la ciudad de Jaén y con una altitud de proyecto de 575 m sobre el nivel del mar.

Tal y como se señalaba en el "*Ejemplo 0, Vivienda unifamiliar mínima*", en este caso se trata también de una localización y proyecto virtuales, dando respuesta a unas exigencias normativas para ese clima concreto. En consecuencia, es muy probable que el proyecto no satisfaga otros aspectos relevantes, como son la total coherencia formal con el entorno, la integración de las técnicas constructivas propias del lugar, etc. Tampoco se ha hecho una consideración económica estricta de las soluciones propuestas, aunque si se ha intentado acercar los niveles de aislamiento, calidad de carpinterías y sistemas de acondicionamiento a un cumplimiento ajustado. Como se ha dicho, a la hora de componer el modelo, se han priorizado los aspectos que facilitan una mejor comprensión de los procedimientos normativos que es el objeto principal de esta guía.

PROGR

2. Programa funcional

La vivienda se organiza en cuatro plantas, una bajo rasante con dos niveles diferentes y cuatro en superficie con el siguiente programa funcional:

- **P01. Planta sótano** de servicios, situada en cota – 2,96 m y dedicada a cuartos técnicos y trastero, además del espacio que ocupa la escalera de acceso.
- **P02. Cámara sanitaria.** Situada en cota – 0,96 m. No es una planta propiamente dicha. Se trata de un nivel intermedio entre plantas que, en este caso, ocupa la cámara sanitaria bajo las zonas de planta baja que no se encuentran sobre el sótano descrito en el párrafo anterior. Se dispone este espacio para evitar el contacto directo de la planta baja (P03) con el terreno.
- **P03. Planta baja** en cota ± 0 con el siguiente programa:
 - Zaguán de acceso
 - Zona ajardinada delantera
 - Garaje cerrado con capacidad para una plaza de aparcamiento
 - Hall de entrada
 - Cocina
 - Aseo
 - Salón comedor
 - Núcleo de escalera
 - Porche trasero cerrado por tres lados y cubierto
 - Zona ajardinada trasera
- **P04. Planta primera.** Situada en cota + 3,15 m y en la que se distribuyen los siguientes espacios:
 - Núcleo de escalera
 - Distribuidor
 - Dormitorio principal
 - Cuarto de baño dentro del dormitorio principal
 - Terraza del dormitorio principal
 - Dormitorio 2
 - Dormitorio 3
 - Cuarto de baño común de planta
- **P05. Planta ático.** Situada en cota + 6,10 m y de acceso a la azotea con el siguiente programa:
 - Núcleo de escalera
 - Espacio polivalente abierto
 - Azotea o terraza solárium
- **P06. Bajocubierta.** Situada en cota + 8,96 m. Tampoco se trata de una planta propiamente dicha, pues consiste en un espacio de transición entre el interior ocupado y el espacio exterior. Este espacio bajo la cubierta inclinada y de reducidas dimensiones, se destinará parcialmente al posible alojamiento de equipos relacionados con la instalación de colectores solares térmicos y/o con los equipos de refrigeración.
- **Cubiertas del edificio:** Se resuelven de la siguiente forma:
 - Cubierta plana transitable que cubre parcialmente la planta de dormitorios. Esta azotea tiene su acceso desde la planta P05.

- Cubierta inclinada en el volumen de transición descrito de la planta P06. Esta cubierta tiene una inclinación de 13° y sirve como soporte de los colectores solares térmicos previstos para la contribución renovable en la preparación de ACS.

De cara a la simulación del modelo, cada planta se ha organizado en diferentes espacios pensando en la simplificación necesaria de cara al levantamiento en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER. El criterio empleado ha sido en lo posible, recurrir al espacio único por planta y este criterio se ha podido mantener en casi todas las plantas ya que se prevé un comportamiento homogéneo de los locales y los sistemas de acondicionamiento previstos son los mismos para todos ellos. Tan solo la planta baja ha sido necesario dividirla en dos espacios. El resumen de la configuración es el siguiente:

P01. SÓTANO. Uso técnico y trastero

- P01 E01. Espacio NO HABITABLE, pero que se incluye dentro de la envolvente térmica.

P02. CÁMARA SANITARIA.

- P02 E01. Espacio NO HABITABLE y no incluido dentro de la envolvente térmica.

P03. PLANTA BAJA. Vivienda y garaje

- P03 E01. Espacio destinado a garaje y que tendrá la consideración de NO HABITABLE y exterior a la envolvente térmica.
- P03 E02. Reúne todos los espacios acondicionados de la planta y todos ellos se consideran interiores a la envolvente térmica.

P04. PLANTA DE DORMITORIOS

- P04 E01. Dormitorios. Reúne todos los locales acondicionados de esta planta y todos ellos se incluyen dentro de la envolvente térmica.

P05. ZONA DE ESTAR Y ESTUDIO

- P05 E01. Ático. Espacio único acondicionado y dentro de la envolvente térmica.

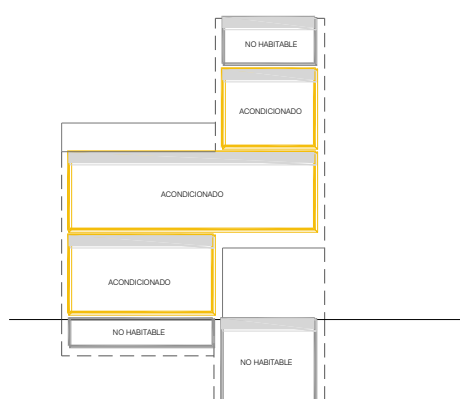
P06. BAJOCUBIERTA. Uso técnico.

- P06 E01. Bajocubierta. Espacio de transición y uso técnico, se considera NO HABITABLE y exterior a la envolvente térmica.

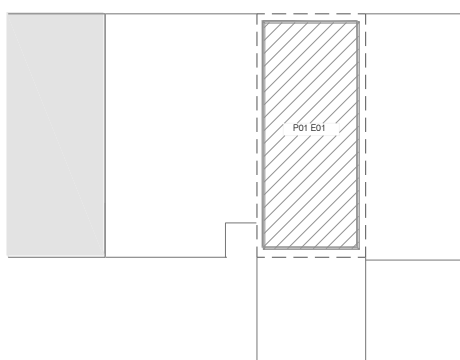
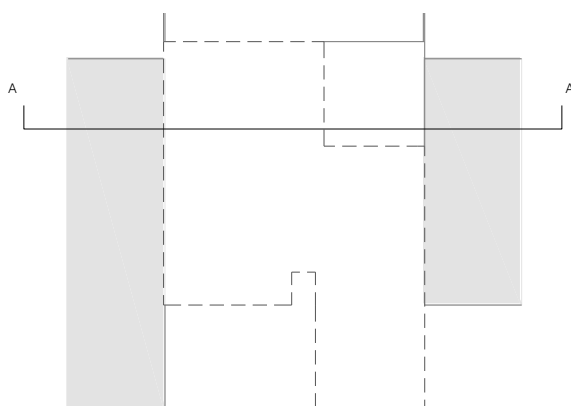
RESUMEN DE ESPACIOS POR PLANTA

Planta	ESPACIOS	Tipo de espacio	Superficie No habitable (m²)	Superficie útil acondicionada (m²)	Superficie total construida (m²)	Altura de espacios (m)	Altura equivalente (m)	Volumen total construido (m³)
P01. SÓTANO. Uso técnico y trastero								
	P01 E01	NO HABITABLE	26,07		26,07	2,96		77,17
Totales de planta			26,07		26,07			77,17
P02. CÁMARA SANITARIA								
	P02 E01	NO HABITABLE	41,63		41,63	0,96		39,96
Totales de planta			41,63		41,63			39,96
P03. PLANTA BAJA. Vivienda y garaje								
	P03 E01	NO HABITABLE	18,97		18,97	3,14		59,57
	P03 E02	ACONDICIONADO		49,72	49,72	3,14		156,12
Totales de planta			18,97	49,72	68,69			215,69
P04. PLANTA DE DORMITORIOS								
	P04 E01	ACONDICIONADO		67,7	67,7	2,96		200,39
Totales de planta				67,7	67,7			200,39
P05. ZONA DE ESTAR Y ESTUDIO								
	P05 E01	ACONDICIONADO		26,1	26,1	2,86		74,65
Totales de planta				26,1	26,1			74,65
P06. BAJOCUBIERTA. Uso técnico								
	P06 E01	NO HABITABLE	26,4		26,4		0,90	23,76
Totales de planta			26,4		26,4			23,76
TOTALES DEL EDIFICIO			113,07	143,52	256,59			631,62

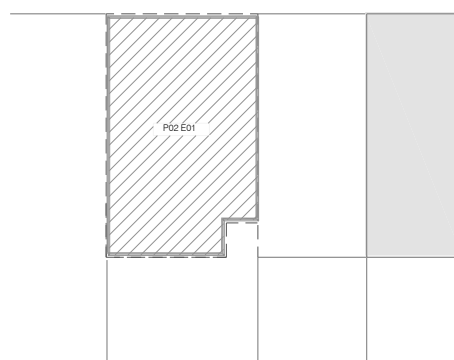
En los siguientes esquemas en planta y sección, se describe gráficamente la localización y caracterización de cada uno de los espacios dentro de cada planta.



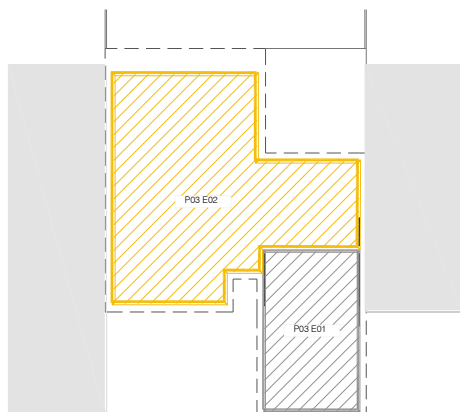
SECCIÓN ESTE-OESTE (A-A')



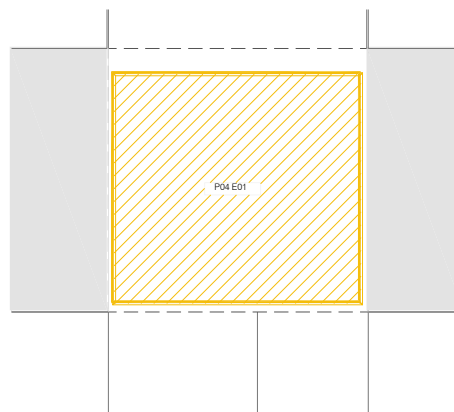
P01. PLANTA SÓTANO (-2,96)



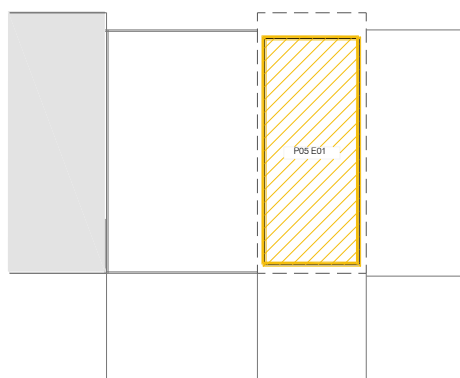
P02. CÁMARA SANITARIA (-0,95)



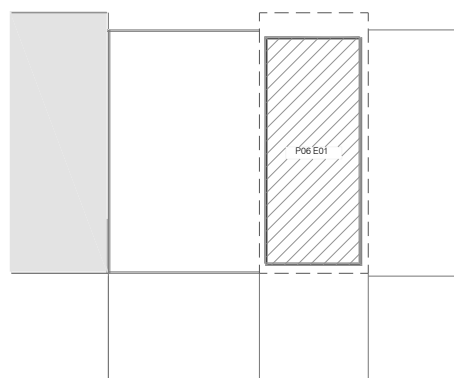
P03. PLANTA BAJA (±0)



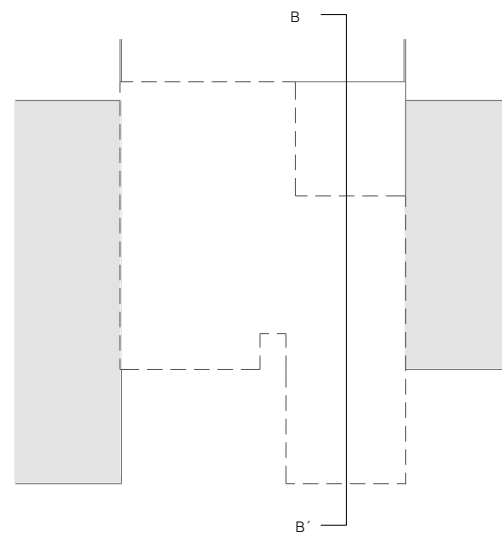
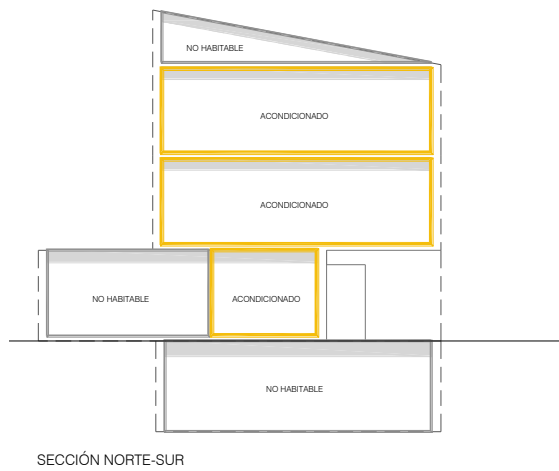
P04. PLANTA PRIMERA (+3,14)



P05. PLANTA SEGUNDA (+6,09)



P06. BAJOCUBIERTA (+8,96)



ARQ

B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados
2. Imágenes. Volumetría

PLANOS

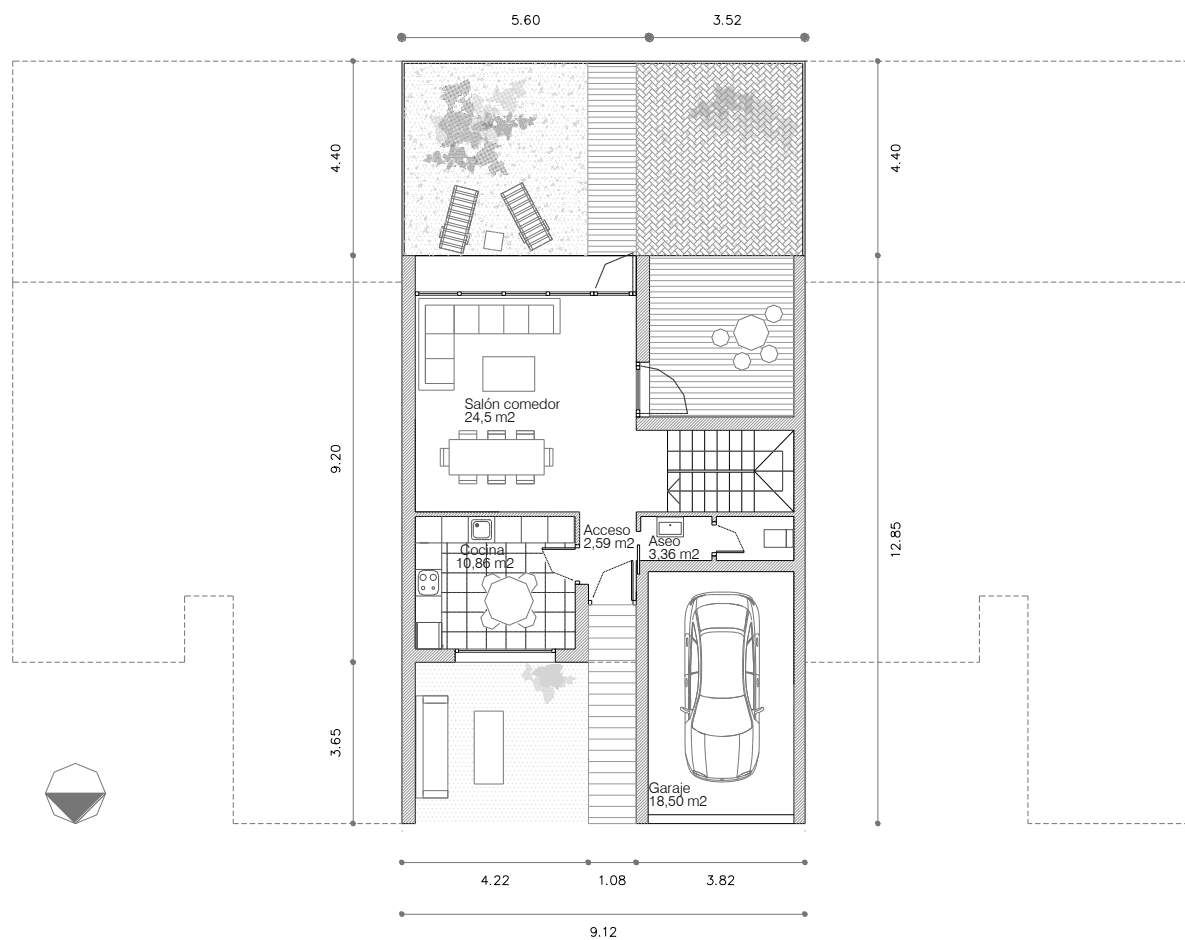
1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados



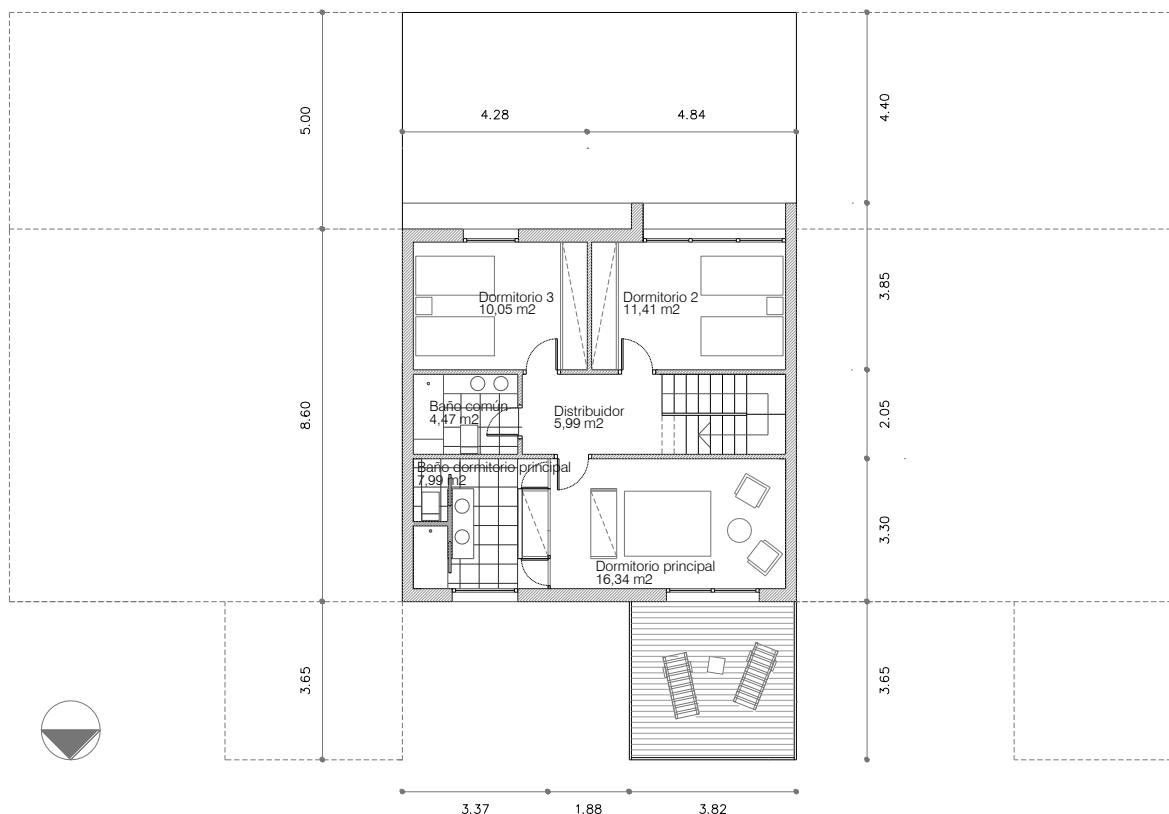
Plano de situación general, alzados y posición de la unidad que se va a estudiar.



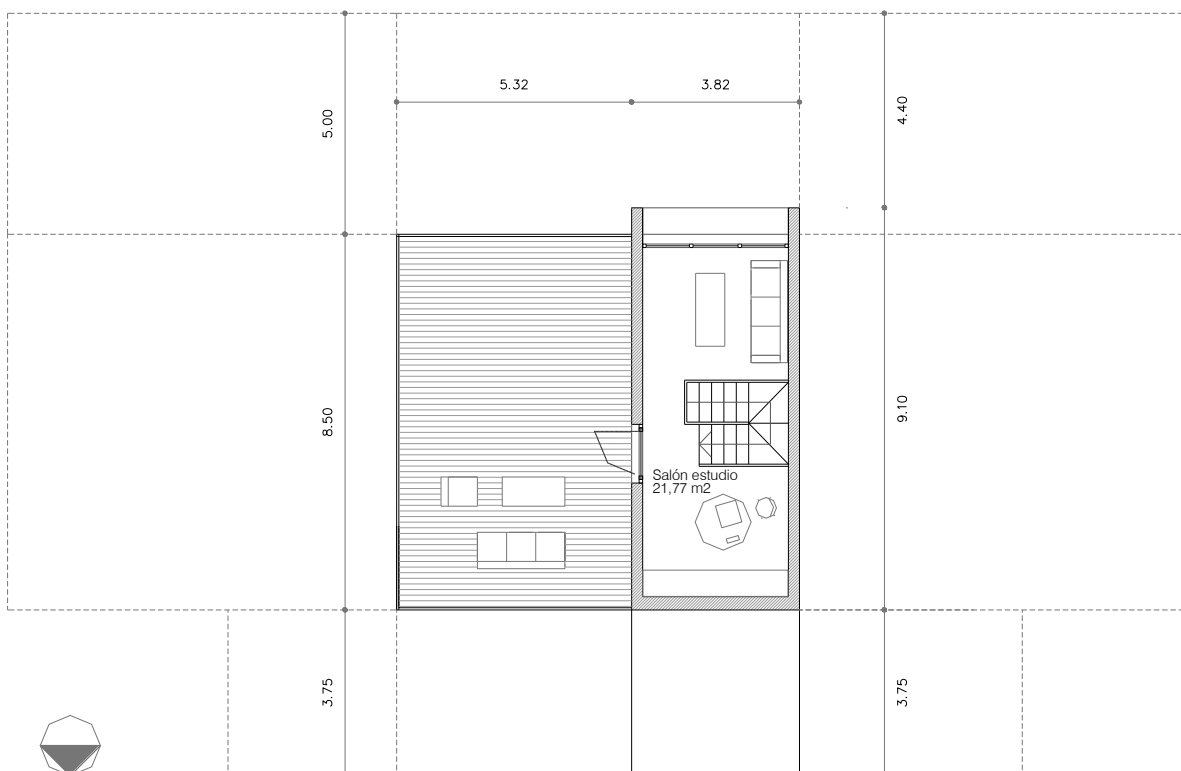
P01. Planta sótano y P02. Cámara sanitaria.



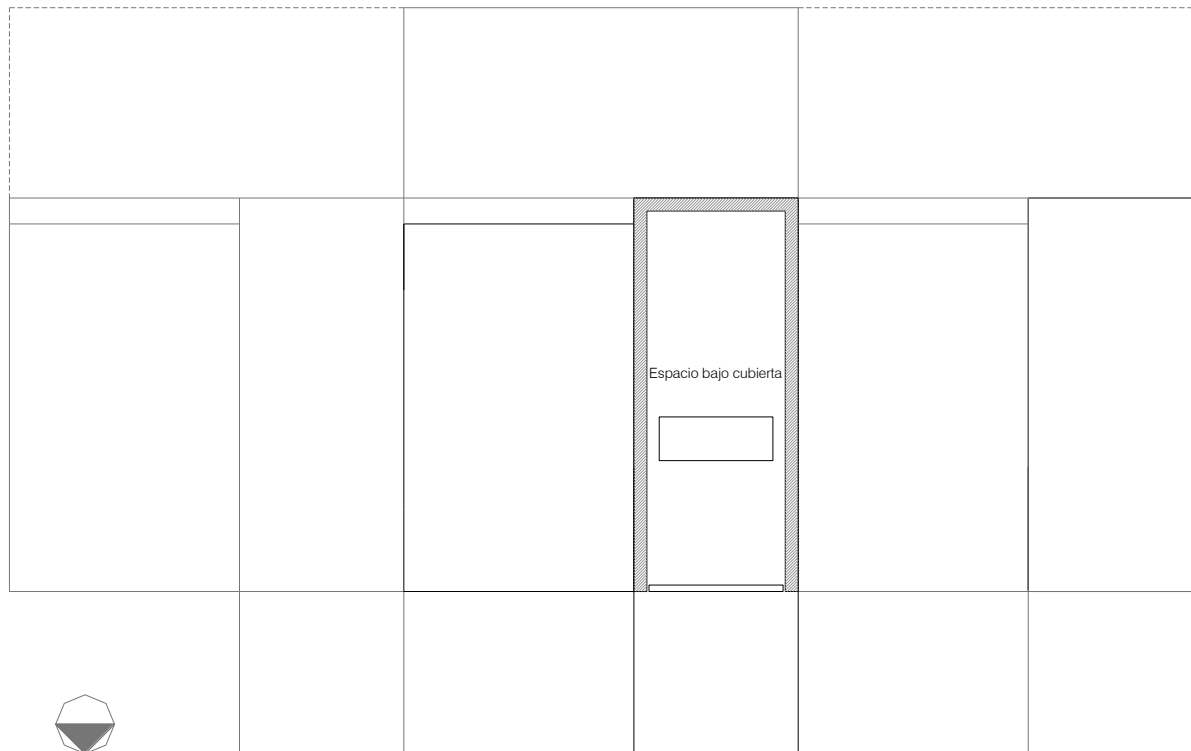
P03. Planta baja.



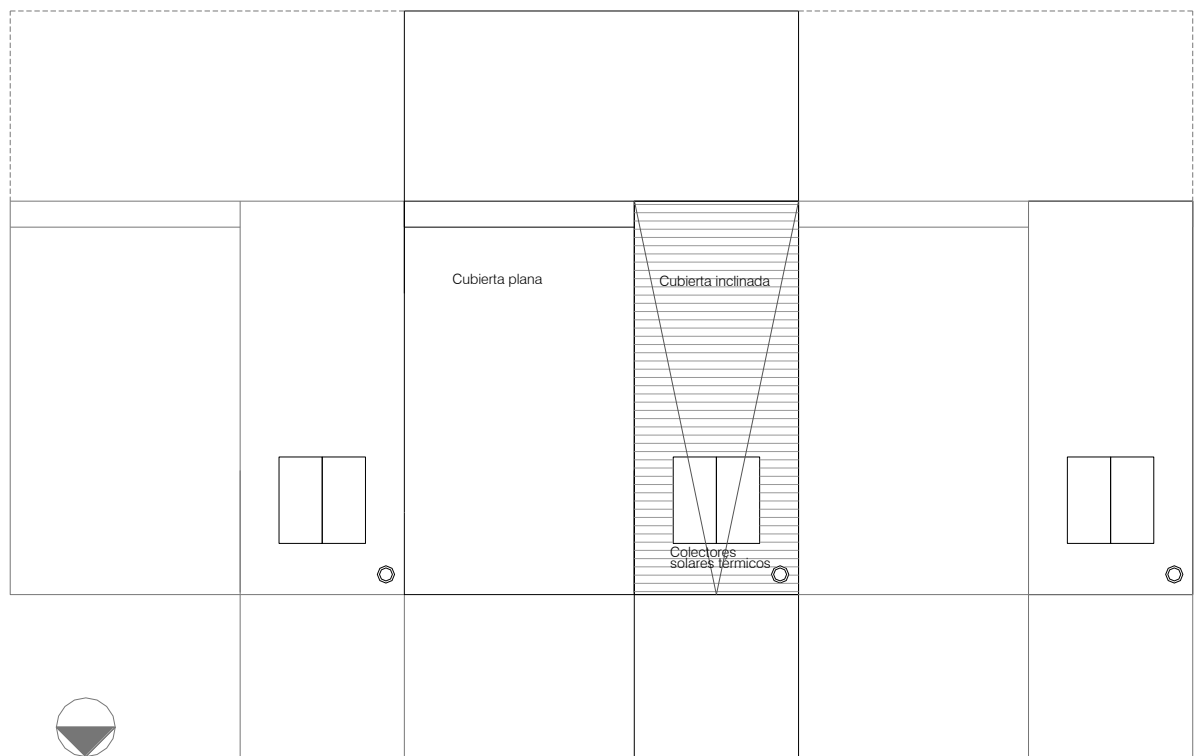
P04. Planta primera. Dormitorios.



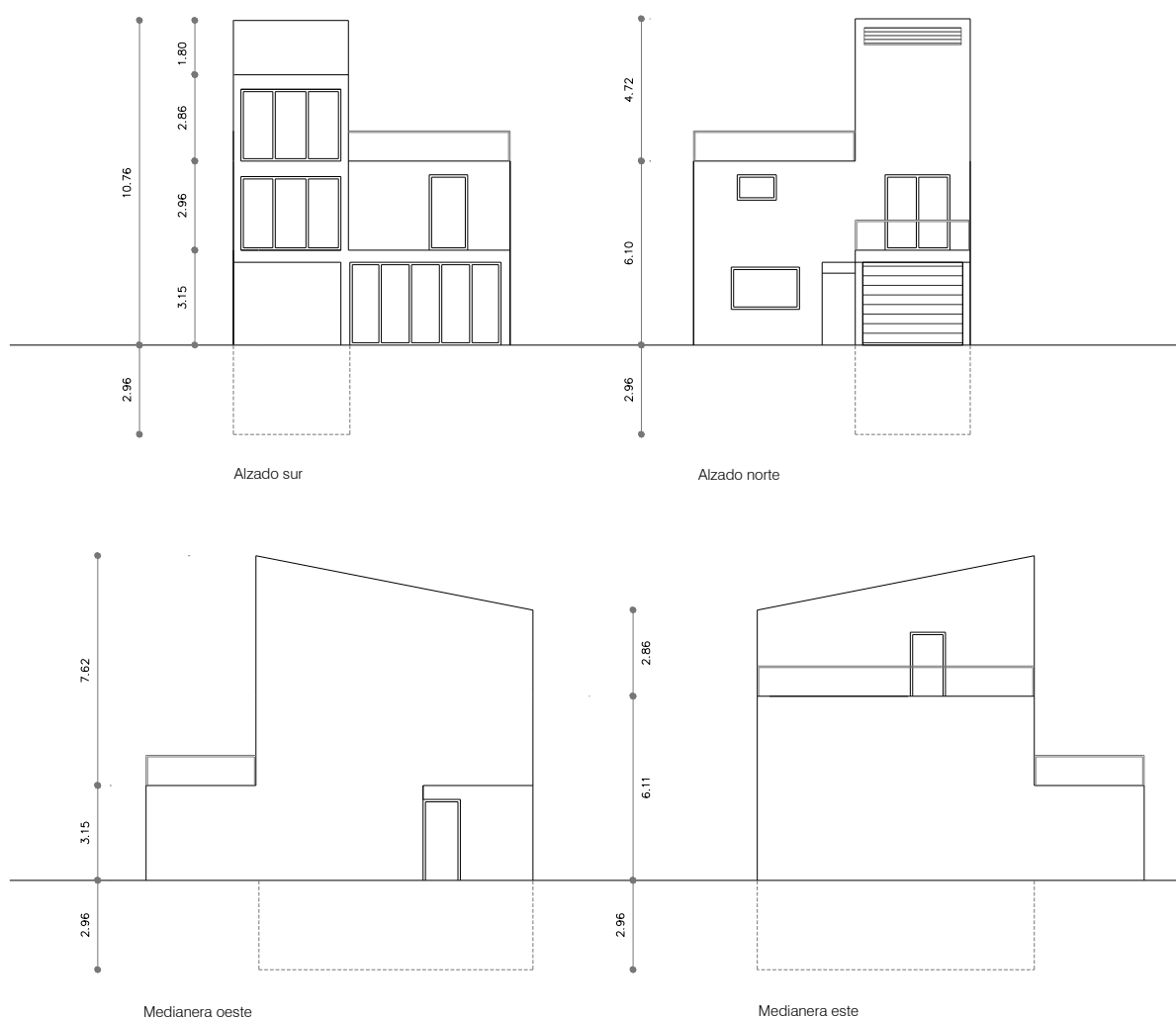
P05. Planta ático y acceso a terraza



P06. Espacio bajocubierta de instalaciones



Plano de cubiertas



Alzados de la unidad que se estudia

La posición de la edificación en la parcela es de orientación pura Norte – Sur. El acceso a las viviendas se produce por la fachada norte y en la sur, en planta baja y desde el salón de la vivienda, existe una salida a la zona ajardinada privada. La volumetría es sencilla, si bien se ha pretendido que disponga de la mayor variedad posible en el contacto y soluciones de sus cerramientos, con el fin de manejar diferentes opciones en función de su composición y relación entre espacios y de estos con el espacio exterior o terreno.

IMAGEN

2. Imagen. Volumetría



Fachada norte

Fachada sur
pág.17

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 de puentes térmicos empleados tomando como referencia el catálogo de soluciones que figura en el documento de ayuda DA DB-HE / 3 *Puentes térmicos*. Nuevamente indicar aquí, 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 hilera de viviendas se organiza mediante muros medianeros de hormigón armado que delimitan cada unidad y que se emplean como elementos portantes en cada planta. Estos serán los elementos resistentes principales y se trasdosarán a ambos lados en cada vivienda. De manera general, dicho trasdosado se realizará mediante perfilera metálica, aislamiento térmico-acústico y doble hoja de panel de yeso laminado o alicatado, dependiendo del acabado que se precise en cada espacio.

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 del volumen (I) “Ejemplo 0, Vivienda unifamiliar mínima” de esta guía se aplica dicho cálculo para varios ejemplos de cerramientos.

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

Cerramientos opacos

MURO EXTERIOR ACABADO INTERIOR YESO			M EXT YS
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO			SECCIÓN CONSTRUCTIVA
capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)	
1 Mortero de cemento	0,03	0,550	
2 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,991	
3 Mortero de cemento	0,01	0,55	
4 Lana mineral	0,1	0,031	
5 Cámara de aire liger. ventilada vertica	0,02	0,18	
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250	
Total	0,305		
TRANSMITANCIA	0,26 W/m²K		

MURO EXTERIOR ACABADO INTERIOR ALICATADO

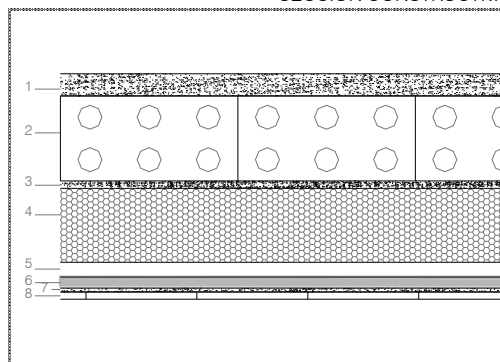
M EXT AL

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,03	0,550
2 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,991
3 Mortero de cemento	0,01	0,55
4 Cámara de aire liger. ventilada vertica	0,02	0,18
5 Lana mineral	0,1	0,031
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
7 Mortero de cemento	0,005	0,55
8 Azulejo cerámico	0,01	1,300
Total	0,305	

TRANSMITANCIA 0,27 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO EXTERIOR CON NO HABITABLE

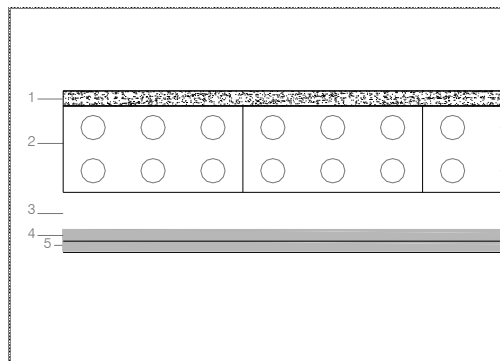
M EXT-NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,02	0,550
2 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,667
3 Cámara de aire liger. ventilada vertica	0,05	0,085
4 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
5 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,215	

TRANSMITANCIA 1,7 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO DE CÁMARA SANITARIA

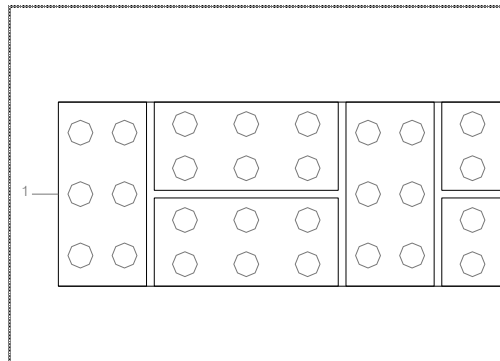
MURO CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 1 pie LP métrico o catalán	0,24	0,667
Total	0,24	

TRANSMITANCIA 1,89 W/M2k

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO EXTERIOR PORTANTE ACABADO INTERIOR YESO

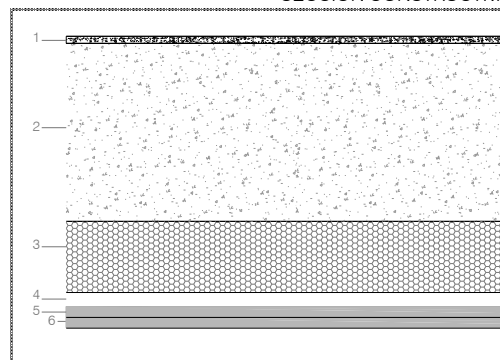
M EXT PRT YS

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,01	0,550
2 Hormigón armado	0,25	2,300
3 Lana mineral	0,1	0,031
4 Cámara de aire liger. ventilada vertical	0,02	0,085
5 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,410	

TRANSMITANCIA 0,27 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO EXTERIOR PORTANTE CON NO HABITABLE

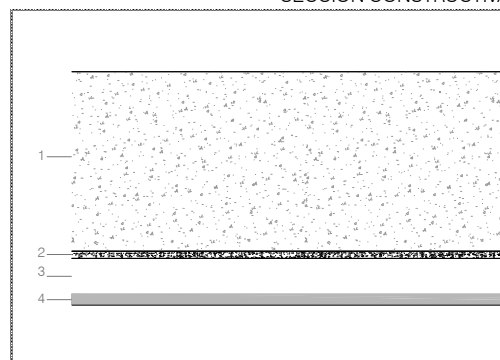
M EXT PRT NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Hormigón armado	0,25	2,300
2 Mortero de cemento	0,01	0,550
3 Cámara de aire liger. ventilada vertical	0,05	0,085
4 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,325	

TRANSMITANCIA 2,24 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MURO NO HABITABLE CON TERRENO

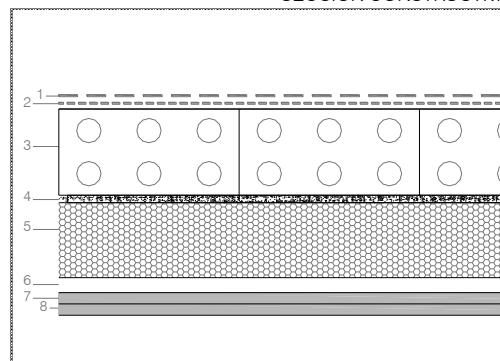
M NH-TRR

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Cloruro de polivinilo PVC	0,01	0,170
2 Betún fieltro o lámina	0,01	0,23
3 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,667
4 Mortero de cemento	0,01	0,550
5 Lana mineral	0,1	0,031
6 Cámara de aire liger. ventilada vertical	0,02	0,085
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
8 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,295	

TRANSMITANCIA* 0,26 W/m²K
(*) 0,25 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Transmitancia corregida por contacto con el terreno

MEDIANERA ACABADO YESO

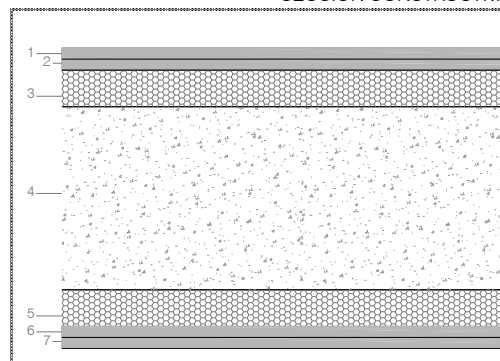
MED YS

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
3 Lana mineral	0,05	0,031
4 Hormigón armado	0,25	2,300
5 Lana mineral	0,05	0,031
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,410	

TRANSMITANCIA 0,27 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MEDIANERA ACABADO ALICATADO

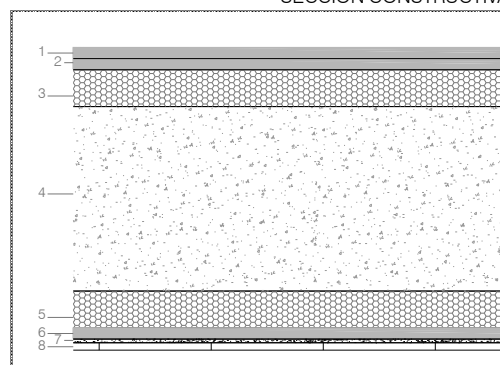
MED AL

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
3 Lana mineral	0,05	0,031
4 Hormigón armado	0,25	2,300
5 Lana mineral	0,05	0,031
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
7 Mortero de cemento	0,005	0,550
8 Azulejo cerámico	0,01	1,300
Total	0,410	

TRANSMITANCIA 0,27 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MEDIANERA CONTATCO CON NO HABITABLE (GARAJE)

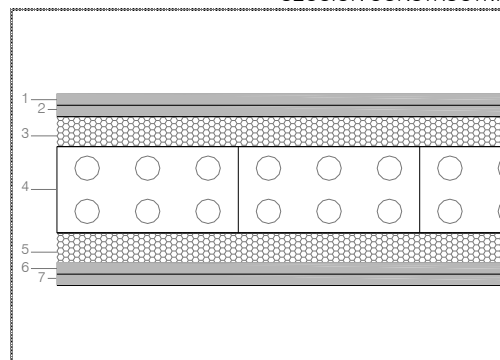
MED AC-NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
3 Lana mineral	0,04	0,031
4 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,667
5 Lana mineral	0,04	0,031
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,255	

TRANSMITANCIA 0,32 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



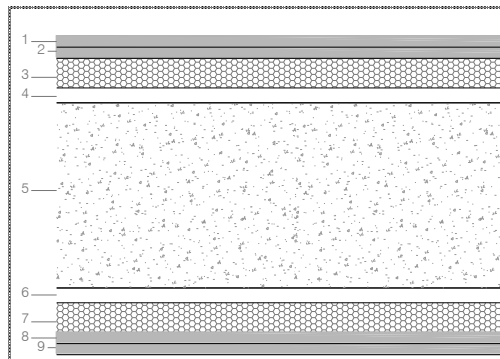
MEDIANERA ENTRE NO HABITABLES

MED NH-NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
3 Lana mineral	0,04	0,031
4 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,02	0,17
5 Hormigón armado	0,25	2,300
6 Cámara de aire sin ventilar vertical	0,02	0,17
7 Lana mineral	0,04	0,031
8 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
9 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,430	
TRANSMITANCIA	0,3 W/m²K	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



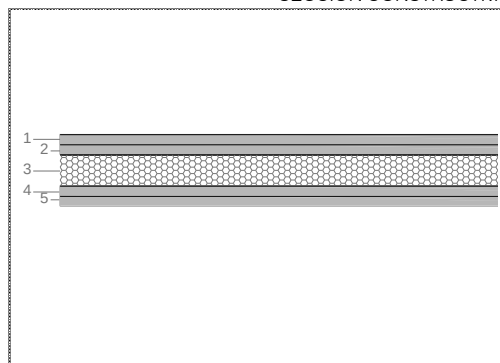
TABIQUE INTERIOR

TAB INT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Placa de yeso laminado	0,011	0,250
2 Placa de yeso laminado	0,011	0,250
3 MW Lana mineral	0,04	0,041
4 Placa de yeso laminado	0,011	0,250
5 Placa de yeso laminado	0,011	0,250
Total	0,084	
TRANSMITANCIA	0,76 W/m²K	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



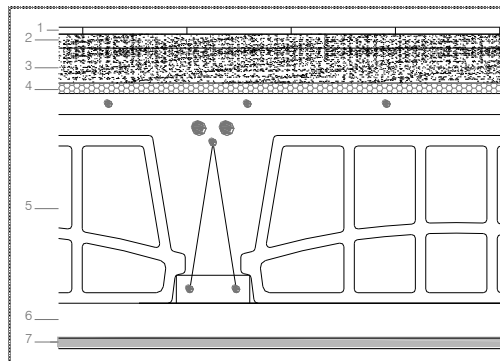
FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-ACOND)

FOR INT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta o baldosa cerámica	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,02	0,550
3 Mortero de cemento de difusión	0,05	0,550
4 EPS Poliestireno Expandido	0,015	0,029
5 FU entrevigado cerámico	0,30	0,846
6 Cámara lig. ventilada horizontal	0,05	0,080
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,460	
TRANSMITANCIA	0,74 W/m²K	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



FORJADO INTERIOR ENTRE NO HABITABLES (SÓTANO-GARAJE)

FOR NH-NH

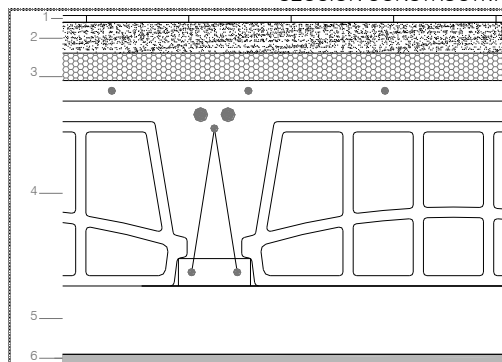
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,045	0,550
3 XPS Expandido (λ :0,034 (W/m·K)	0,04	0,034
4 Forjado Entrevigado EPS mecanizado	0,3	0,256
5 Cámara de aire sin ventilar horiz.	0,1	0,18
6 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,510	

TRANSMITANCIA* 0,36 W/m²K

(*) 0,35 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Corregida por contacto con N.H.

FORJADO ACONDICIONADO CON AIRE EXTERIOR

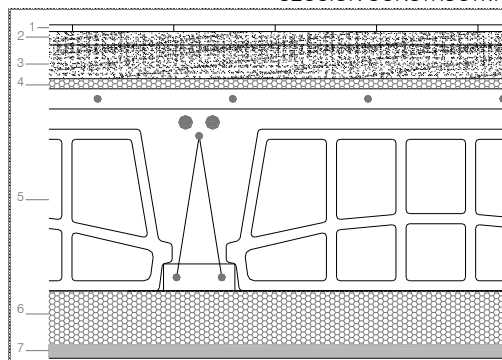
FOR ACOND-EXT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,02	0,550
3 Mortero de cemento	0,05	0,550
4 EPS Poliestireno Expandido	0,015	0,029
5 FU entrevigado cerámico	0,30	0,846
6 Lana mineral	0,08	0,031
7 Paneles de fibra con conglomerante	0,02	0,120
Total	0,495	

TRANSMITANCIA 0,25 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



FORJADO ACONDICIONADO CON NO HABITABLE

FOR ACOND-NH

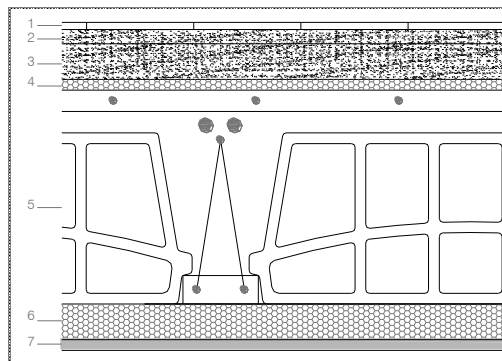
COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,02	0,550
3 Mortero de cemento	0,05	0,550
4 EPS Poliestireno Expandido	0,015	0,029
5 FU entrevigado cerámico	0,30	0,846
6 Lana mineral	0,05	0,031
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,46	

TRANSMITANCIA 0,35 W/m²K

(*) 0,35 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Corregida por contacto con N.H.

FORJADO BAJOCUBIERTA

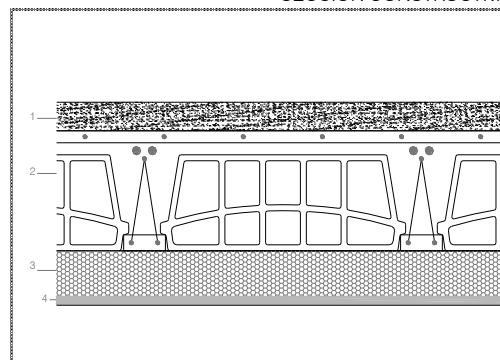
FOR BJ

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,05	0,550
2 FU entrevigado cerámico	0,21	0,840
3 Lana mineral	0,08	0,031
4 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,356	

TRANSMITANCIA 0,32 W/m²K
(*) 0,24 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Corregida por contacto con N.H.

FORJADO CON CÁMARA SANITARIA

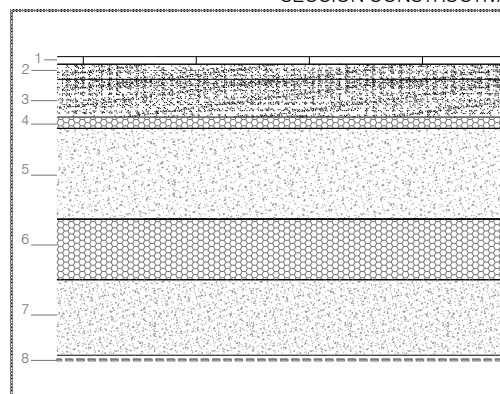
FOR CAM SANIT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,02	0,550
3 Mortero de cemento	0,05	0,550
4 EPS Poliestireno Expandido	0,015	0,038
5 Hormigón armado	0,12	2,300
6 XPS Expandido	0,08	0,038
7 Hormigón armado	0,1	2,300
8 Cloruro de polivinilo PVC	0,02	0,170
Total	0,415	

TRANSMITANCIA 0,33 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



SOLERA NO HABITABLE CON TERRENO

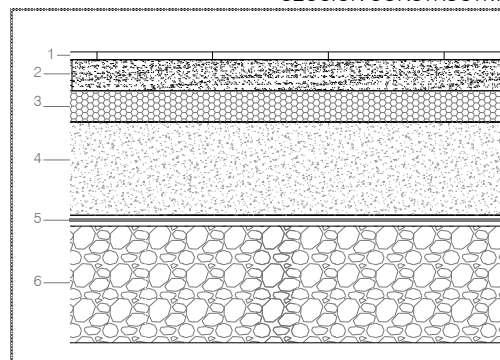
SOL TRR

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,04	0,550
3 XPS Expandido	0,04	0,034
4 Hormigón en masa	0,12	2,300
5 Lámina PVC	0,005	0,170
6 Arena y grava	0,15	2,000
Total	0,365	

TRANSMITANCIA 0,62 W/m²K
(*) 0,59 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



* Transmitancia corregida por contacto con el terreno

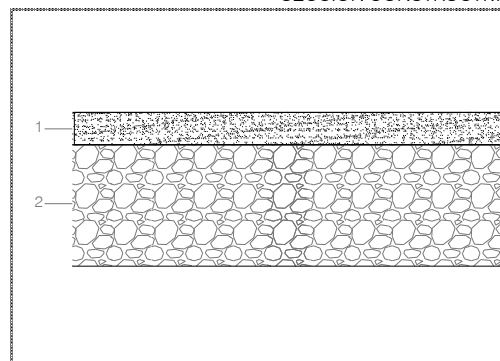
SOLERA C. SANIT CON TERRENO

SOL TRR

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,04	0,550
2 Arena y grava	0,15	2,000
Total	0,19	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 2,8 W/m²K

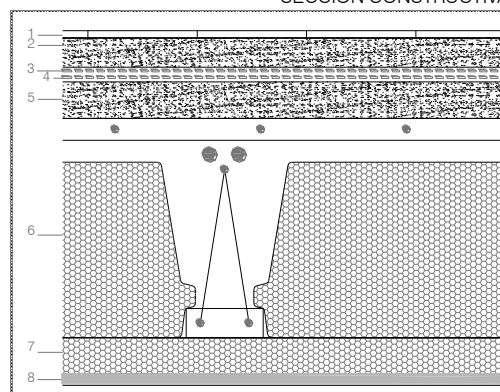
CUBIERTA PLANA EXTERIOR-NO HABITABLE

CUB PL EXT-NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta o baldosa de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,04	0,550
3 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
4 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
5 Mortero de cemento	0,05	0,550
6 Forjado Entrevigado EPS mecanizado	0,3	0,256
7 Lana mineral	0,05	0,031
8 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,475	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 0,31 W/m²K

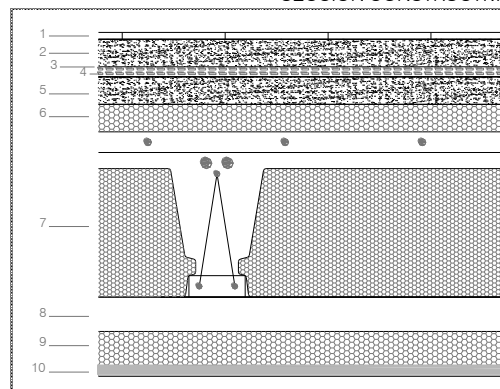
CUBIERTA PLANA EXTERIOR-ACONDICIONADO

CUB IN EXT-ACON

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta o baldosa cerámica	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,04	0,550
3 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
4 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
5 Mortero de cemento	0,04	0,550
6 XPS Expandido	0,04	0,034
7 Forjado entrevigado cerámico	0,3	0,840
8 Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05	
9 Lana mineral	0,05	0,031
10 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,555	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 0,23 W/m²K

CUBIERTA INCLINADA EXTERIOR-NO HABITABLE

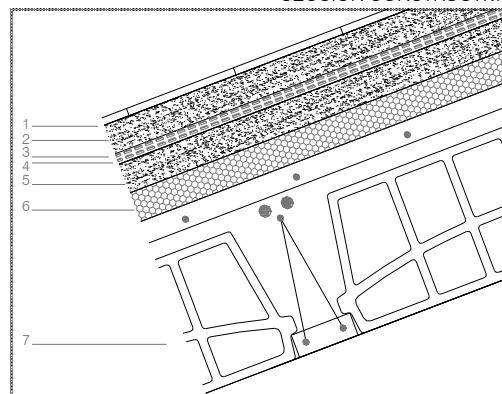
CUB IN EXT-ACON

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta o baldosa cerámica	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,04	0,550
3 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
4 Betún fieltro o lámina	0,005	0,230
5 Mortero de cemento	0,04	0,550
6 XPS Expandido	0,04	0,034
7 Forjado entrevigado cerámico	0,21	0,840
Total	0,350	

TRANSMITANCIA 0,34 W/m²K

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



Huecos

CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA NORTE

N

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-44.2
Factor solar	0,65
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	PVC
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,7
Trasmirancia térmica	1,3 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Del mismo color gris de la carpintería
ggl;sh,wi	0,08

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ²
	Clase 3
U_{HUECO}	1,13 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECOS FACHADA SUR, ESTE Y OESTE

S/O/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-44,2
Factor solar	0,58
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	PVC
Rotura pte. térmico	-
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,7
Trasmirancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	Persianas exteriores
Color	Del mismo color gris de la carpintería
ggl;sh,wi	0,08

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ²
	Clase 3
U_{HUECO}	1,13 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	-	Material	Madera densidad media alta
Composición	-	Rotura pte. térmico	-
Factor solar	-	Color carpintería	Gris oscuro
Transmitancia térmica	-	Absortividad	0,7
	W/m ² K	Trasmirancia térmica	2,2 W/m ² K
		Porcentaje marco	100 % del hueco

Protecciones móviles

Elemento	-
Color	-
ggl;sh,wi	-

Permeabilidad al aire	60 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	2,20 W/m²·K

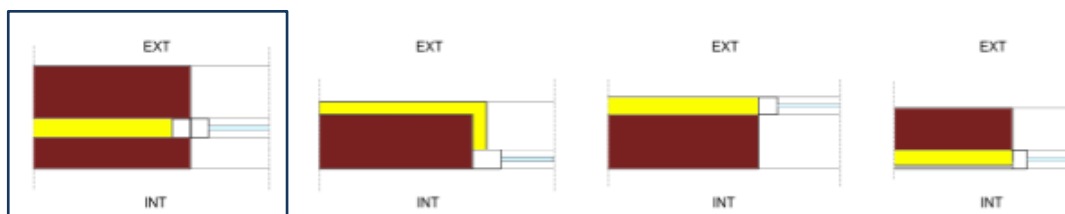
PTES

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

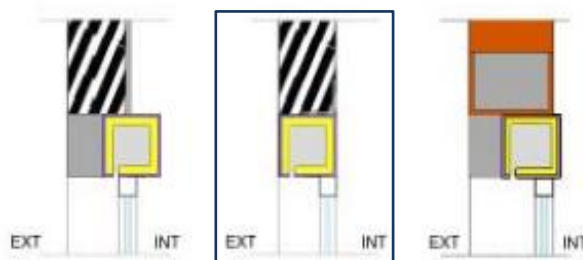
ψ

0,02 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

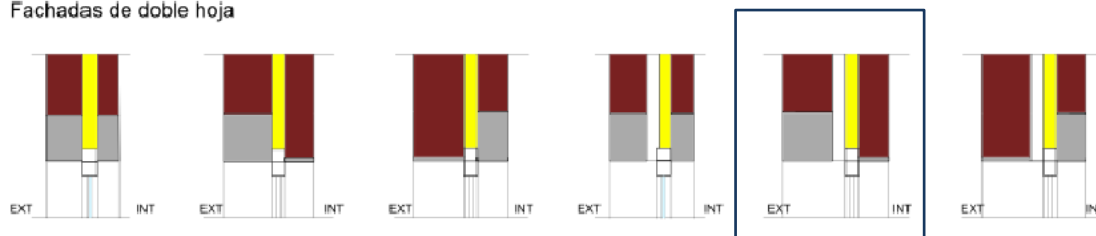
0,02 W/mK

DINTELES EN PUERTA DE ENTRADA

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

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Fachadas de doble hoja



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

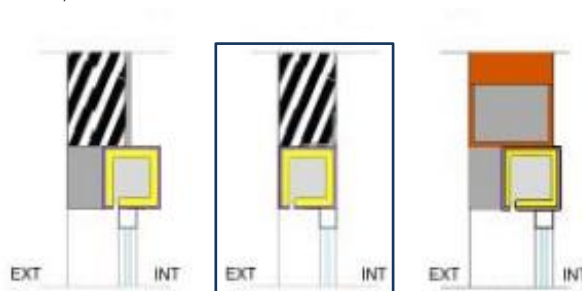
 Ψ

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

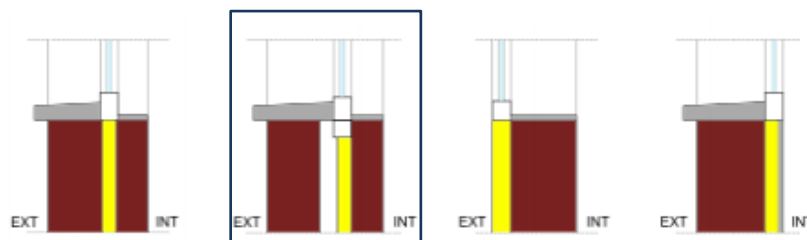
 Ψ

0,02 W/mK

ALFÉIZARES 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

FRENTES DE FORJADO

CON CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 1) *

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 ψ

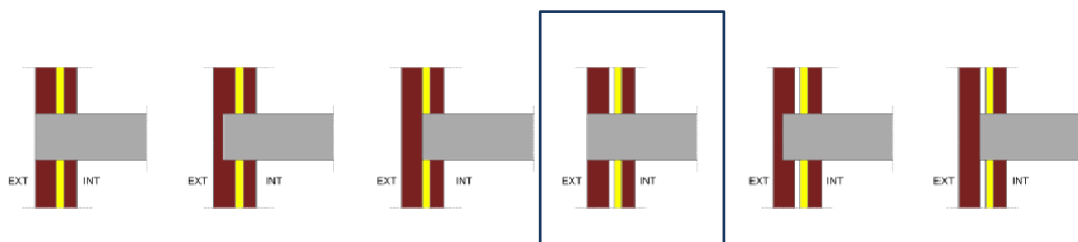
0,16 W/mK

- * Sobre la longitud total de puentes térmicos de frente de forjado se estima un 65% con solución en continuidad del aislamiento, asimilable al esquema que se representa

FRENTES DE FORJADO

SIN CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 2) *

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 ψ

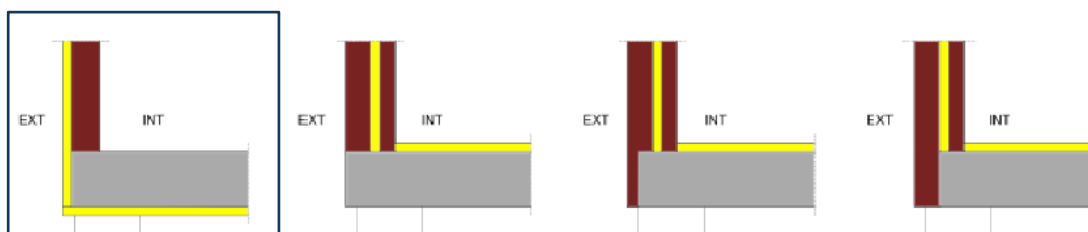
1,07 W/mK

- * Sobre la longitud total de puentes térmicos de frente de forjado se estima un 35% con solución sin continuidad del aislamiento, asimilable al esquema que se representa

FORJADOS INFERIORES EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR

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

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Aislamiento sobre el forjado o con la continuidad entre el aislamiento del forjado y la fachada

TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

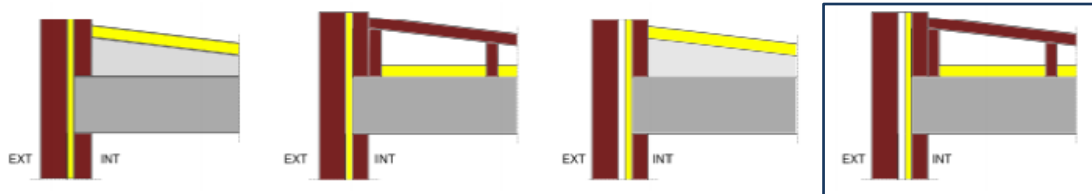
 ψ_e

0,21 W/mK

CUBIERTAS PLANAS

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

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ

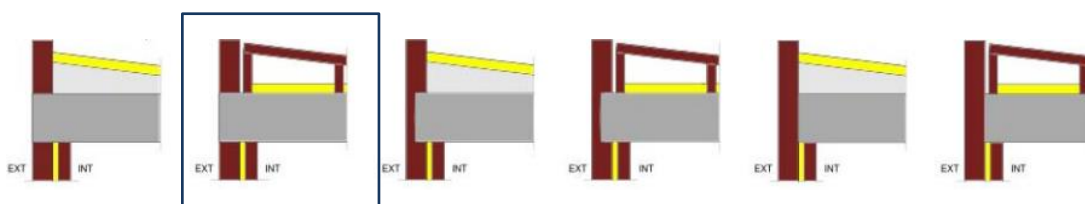
0,23 W/mK

- * Sobre la longitud total de puentes térmicos de frente de forjado se estima un 52% con solución en continuidad del aislamiento, asimilable al esquema que se representa

CUBIERTAS PLANAS (interrupción de cubierta con partición interior)

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

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ

0,9 W/mK

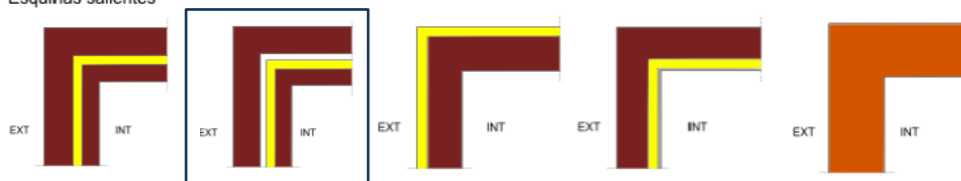
- * Sobre la longitud total de puentes térmicos de frente de forjado se estima un 48% con solución en continuidad del aislamiento, asimilable al esquema que se representa

ESQUINAS

SALIENTES (AL EXTERIOR) (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas salientes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ_e

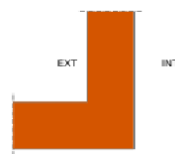
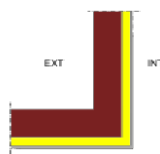
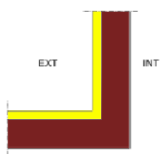
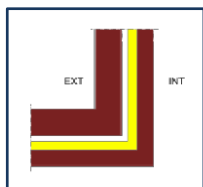
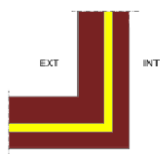
0,06 W/mK

ESQUINAS

ENTRANTES (AL EXTERIOR) (Grupo 2)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas entrantes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 Ψ_e

-0,08 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 dotado de una caldera en cada vivienda. Es decir, se trata de un *sistema centralizado individual*². La producción de energía térmica se realiza mediante una caldera de condensación modulante y el combustible empleado es gas natural.

La distribución de energía térmica a los espacios, para el sistema de calefacción, se realiza mediante circuitos de agua (ida – retorno) a baja temperatura (la impulsión en el circuito de ida está prevista a un máximo de 50°C y el retorno a 30°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.

Respecto al ACS y tal y como se ha dicho, se plantea un sistema centralizado individual (por vivienda) con un acumulador de energía solar en cada vivienda de 150 l del que tomará el agua la caldera para completar una preparación instantánea del agua caliente de servicio.

En principio, considerando las condiciones climáticas de la zona C4 en la que se ubica el edificio, se ha previsto un sistema activo de refrigeración. Dicho sistema consiste en equipos autónomos de expansión directa multizona con dos unidades exteriores y seis unidades terminales interiores. Nuevamente se trata de un sistema centralizado individual.

Por último, se ha previsto un sistema de ventilación híbrido, que cumple con las características y requisitos 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

² De manera simplificada se pueden clasificar los sistemas de producción de energía térmica, atendiendo a su escala y tamaño, de la siguiente forma:

- Sistemas unitarios: son aquellos en los que la producción de la energía térmica necesaria se produce y entrega en cada uno de los locales a acondicionar. Por ejemplo, los sistemas de radiadores eléctricos colocados en cada uno de los locales que necesitan ser calefactados.
- Sistemas centralizados: son aquellos que disponen de un local específico para la producción de la energía térmica necesaria y desde el que se distribuye a los diferentes locales que la demandan. Entre ellos:
 - o Sistemas centralizados individuales: todos los locales a los que llega la energía térmica pertenecen a la misma unidad (vivienda, oficina, local comercial, etc.). Por ejemplo, los sistemas de calderas individuales para una sola vivienda en las que desde uno de sus locales se distribuye al resto de locales de la vivienda y solo de esa vivienda.
 - o Sistemas centralizados colectivos: desde el local de producción la energía térmica demandada se distribuye a diferentes locales de varias unidades. Por ejemplo, los edificios de vivienda colectiva con caldera centralizada para todas las viviendas del edificio, o los casos de “district heating” que producen energía térmica para varios edificios pudiendo llegar incluso a la escala de barrio o superior.

carpinterías de los huecos de los “locales secos”, es decir, dormitorios, salones y zonas de estar. Las extracciones se realizan por tiro térmico o de forma mecánica (según las condiciones exteriores) desde los cuartos húmedos de la vivienda, es decir, cocinas, baños y aseos. No se han previsto en principio recuperadores de calor para esta instalación.

El número de extractores previsto responde a la disposición de los cuartos húmedos realizándose la extracción agrupada mediante un extractor por planta.

CALOR

1. Acondicionamiento de invierno

Considerando las condiciones del clima en el que nos encontramos (en este caso zona climática **C4**), las exigencias de refrigeración serán en principio más importantes que las propias de calefacción. 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 convencional. Dicha producción, se realiza mediante caldera de condensación de gas natural. La distribución de la energía térmica se realiza mediante un circuito de agua (ida-retorno), que impulsa el agua como máximo a 50°C. Como elementos terminales de emisión, se emplean los suelos de la vivienda en los locales acondicionados.

Estas y otras características de la instalación de calefacción, se resume en el siguiente cuadro:

SISTEMA DE CALEFACCIÓN

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

PRODUCCIÓN

Caldera individual de condensación modulante

Potencia térmica nominal25 KW

Combustible empleado: gas natural (red urbana)

Rendimiento P.(50/30)(sobe PCI)109 %

TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

Circuito de agua con

temperatura de impulsión a50 °C

temperatura de retorno a30 °C

EMISORES EN LOS ESPACIOS

Suelo radiante. Potencia media de emisión:

Planta baja (P03):95 W/m²

Planta dormitorios (P04):65 W/m²

Planta ático (P05):95 W/m²

DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

Planta baja

Sup. emisión (m²)

Potencia (W)

P03 E0229,002.755

total planta29,002.755

Planta dormitorios

P04 E0138,502.503

total planta38,502.503

Planta ático

P05 E0115,751.496

total planta15,751.496

Totales

83,25

6.754

(*) Las superficies recogidas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de las estancias de cada espacio, sino que se trata de las supercie útiles de emisión, descontando las franjas perimetrales, las huellas de tabiquería, mobiliario permanente, etc.

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

Las plantas P01, P02 y P06 no tienen espacios acondicionados y por tanto no disponen de unidades terminales de calefacción.

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.

FRÍO

2. Acondicionamiento de verano

Se ha previsto para la refrigeración de los espacios acondicionados un sistema “todo refrigerante⁴”. Dicho sistema consistirá en equipos autónomos de expansión directa tipo “Split” condensados por aire. Las unidades exteriores se alojarán en el espacio bajocubierta que dispondrá, al menos en su frente de mayor altura, de una rejilla (1,5 m de altura x 3,30 m de ancho) de contacto con el exterior para disipar la energía extraída de los locales, manteniendo así además la integración arquitectónica de los equipos del sistema en el edificio.

Las unidades interiores serán del tipo “horizontal de techo”, integradas en el falso techo del acceso a cada espacio acondicionado realizando horizontalmente la impulsión del aire tratado.

El resto de las características del sistema se detallan en el siguiente cuadro:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN		POTENCIA TÉRMICA DE UNIDADES INTERIORES	
PRODUCCIÓN		SISTEMA 1	
Equipo de expansión directa solo frío (2)		Planta baja	
Unidad 1		U.Terminal (W)	U.Terminal (KW)
Potencia refrigeración nominal	4,9 KW	3.000	3,00
Fuente de energía:	electricidad		
Consumo refrigeración nominal:	0,92 KW	total planta	3.000
			3,00
Unidad 2		Planta ático	
Potencia refrigeración nominal	3,9 KW	U.Terminal (W)	U.Terminal (KW)
Fuente de energía:	electricidad	1.750	1,75
Consumo refrigeración nominal:	0,76 KW	total planta	1.750
			1,75
TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS		SISTEMA 2	
Circuito de sustancia refrigerante		Planta dormitorios	
		U.Terminal (W)	U.Terminal (KW)
		2.750	2,75
		total planta	2.750
			2,75
UNIDADES TERMINALES EN LOS ESPACIOS		Totales	7.500
Tipo horizontal de techo en la entrada de los espacios acondicionados			7,50

⁴ Sistema de climatización que transporta la energía térmica a los locales mediante circuitos de refrigerante.

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, emplea como equipo convencional, la caldera prevista de condensación modulante quemando gas natural. La instalación incorpora un acumulador solar individual en cada vivienda de 150 litros y según demanda los caudales requeridos pasan a la caldera que realiza, si es necesario, una preparación final instantánea hasta la temperatura de servicio.

La contribución renovable en la preparación del ACS se realiza mediante colectores solares planos. En virtud de lo establecido en la exigencia *HE 4 de contribución mínima mediante fuentes renovables en la producción de ACS*, se admite 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."

En el cuadro resumen de la instalación que se incluye en la página siguiente, se especifican los valores de demanda de ACS que, en cualquier caso, será inferior a 5.000 litros al día por lo que la contribución exigible será del 60 % de la demanda anual, incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. En el apartado correspondiente, y en estas condiciones, veremos cuál es la exigencia de cumplimiento para este edificio, cuál es la aportación renovable del sistema propuesto y si se alcanza, o no, el porcentaje de contribución.

Como se ha dicho, cada vivienda dispone de una caldera de apoyo individual que garantiza que el agua alcanza la temperatura de utilización prevista y un circuito de distribución interior con recirculación (si se superan los 15 m de distancia entre la preparación y el punto más alejado) para suministrar el agua caliente sanitaria a todos los puntos de consumo de la vivienda.

El resto de los datos y características principales de la instalación figuran en el siguiente cuadro:

PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE ACS

Sistema de producción convencional mediante caldera compartida con el sistema de calefacción. La contribución renovable mediante colectores solares planos y preparación final instantánea en la caldera.

PRODUCCIÓN SISTEMA CONVENCIONAL

Características de la caldera

Caldera individual de condensación modulante

Potencia térmica: 25 KW

Combustible empleado: gas natural

Rendimiento a carga parcial: 109 %

Preparación y distribución

Tipo de preparación final: Instantánea

Tª de distribución 50 °C

Tª de utilización 45 °C

SIST. DE APOYO MEDIANTE RENOVABLES

Colector solar plano de las siguientes características:

Superficie instalada: 1,3 m²

Angulo de inclinación 15 °

Ecuación de rendimiento del colector empleado, solo curva lineal y prescindiendo de la curva de segundo nivel (cuadrática)

$$\eta = 0,75 - 3,706 \cdot \frac{T_m - T_a}{I_s}$$

Acumulación en circuito solar: 150 litros

Área de la envolvente de depósito: 1,82 m²

U de la envolvente del depósito 0,50 W/m²·K

C. pérdidas en acumulador (U-A): 0,91 W/°C

DEMANDA DE ACS**Programa de la vivienda**

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	5
Necesidades de ACS	28 l/p·día
Demanda diaria de ACS	140 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas por producción, distribución y recirculación (10%) 14 l/día

Total Demanda de ACS 154 l/día

(*) En el anejo F (Tabla a) del DB HE, se fijan las ocupaciones mínimas en función del número de dormitorios. En este caso para 3 dormitorios la ocupación mínima sería de 4 ocupantes. No obstante se ha optado en nuestro ejemplo por realizar los cálculos con una ocupación de 5 personas que se acerca más a la prevista en proyecto.

donde:

η rendimiento instantáneo del colector

T_m temperatura media del agua en el colector (°C)

T_a temperatura de cálculo del aire, (°C)

I_s intensidad radiación solar incidente en colector (W/m²)

VENT

4. Ventilación híbrida

La instalación de ventilación que se ha considerado para la vivienda consiste en un *sistema híbrido*⁵, es decir, con admisión natural a través de los cerramientos de los “locales secos” y extracción del aire por tiro térmico desde los cuartos húmedos de la vivienda hasta cubierta. Solo en el caso de que el flujo de aire de extracción no sea suficiente se emplean medios mecánicos para la expulsión del aire desde los “locales húmedos”. Esta situación se puede producir cuando las condiciones ambientales de presión y temperatura no permiten el ascenso del aire de manera natural por tiro térmico. 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 se definen en el siguiente cuadro resumen:

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción natural cuando las condiciones ambientales lo permiten y mecánica cuando esas condiciones no se producen y es necesario impulsar el aire de manera forzada desde los “locales húmedos” hasta cubierta. El número 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

De cara a la simulación en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER, se ha considerado el caso más desfavorable desde el punto de vista del consumo energético y que consistiría en el funcionamiento permanente de la extracción mecánica.

⁵ Ventilación híbrida: ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

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

A continuación, se realiza la comprobación del cumplimiento de cada exigencia y en cada una de ellas de los valores límite e indicadores que resultan de aplicación a este ejemplo. Esta comprobación se realiza considerando las condiciones geométricas y constructivas y las características de los sistemas de acondicionamiento que se han descrito en los apartados anteriores.

En paralelo, se ha simulado el modelo 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

Esta exigencia se encarga del control sobre el comportamiento de la envolvente y las particiones interiores que separan unidades del mismo o diferente uso. La estructura de esta sección es la siguiente:

1. Condiciones de la envolvente térmica. En este apartado, se fijan diferentes valores límite que persiguen una calidad mínima de la envolvente térmica del edificio. A su vez, este apartado se divide en tres bloques, cada uno encargado del control de un aspecto concreto de la envolvente térmica:
 - Transmitancia de la envolvente térmica.
Se limitan las transferencias de energía por conducción a través de la envolvente del edificio. Por una parte, se fijan valores límite de transmitancia térmica (U_{lim}) para cada

elemento que compone dicha envolvente térmica. Además, se fija un valor límite para la transmitancia media ponderada por superficie de la envolvente térmica. Para el cálculo simplificado de este indicador se consideran exclusivamente las superficies de la envolvente en contacto con el exterior o terreno. Los valores límite de este parámetro dependerán de la compacidad del edificio calculada en función del trazado de la envolvente térmica y computando en este caso, exclusivamente las superficies en contacto con el exterior o terreno.

- Control solar de la envolvente térmica.
En este apartado, se fija un valor límite bajo las condiciones de exposición del mes de julio en la localidad de proyecto, para la radiación incidente que penetra en el edificio con todas sus protecciones móviles activadas.
 - Permeabilidad al aire de la envolvente térmica.
Se establecen dos indicadores encargados de limitar los flujos de aire incontrolados a través de la envolvente. Uno específico para los huecos y otro global para el conjunto de la envolvente térmica (opacos y huecos).
2. Limitación de descompensaciones entre unidades del mismo uso, o de usos diferentes.
Se establecen valores límite de transmitancia (U_{lim}) para todas las particiones interiores que separan unidades del mismo uso o unidades de diferente uso entre ellas y unidades de uso con las zonas comunes del edificio.
 3. Limitación de condensaciones (intersticiales) en la envolvente térmica
Se trata de justificar la inexistencia de dichas condensaciones o en el caso de existir, se ha de justificar que no producirán una merma significativa en las prestaciones térmicas del elemento de la envolvente afectado o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil.

En primer lugar, se describe de forma completa la posición, geometría y composición de cada uno de los elementos de la envolvente térmica del edificio.

La caracterización de la envolvente térmica que necesitamos para realizar la comprobación completa de esta exigencia requiere de los siguientes datos:

- Definición geométrica de la envolvente:
 - Superficie de los cerramientos.
Respecto a la superficie de los diferentes cerramientos, su medición no plantea una especial complejidad y queda reflejada en las tablas. La altura de los cerramientos es la misma de la planta a la que pertenece y se realiza midiendo la distancia entre el suelo terminado de la planta inferior al suelo terminado de la planta inmediatamente superior. La superficie total de un cerramiento la componen su parte opaca más la de los huecos si los hubiera. Posteriormente se realiza el desglose entre opacos y huecos.
- Composición de la envolvente:
 - Transmitancia térmica $[U]^6$ de cada elemento o cerramiento perteneciente a la envolvente o a las particiones interiores que separan unidades de uso y de estas con zonas comunes del edificio. 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

⁶ 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.

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 el primer volumen de esta guía y en el apartado de ayudas, se incorpora un resumen y varios ejemplos de cálculo.

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

- *Transmitancia térmica lineal*⁷ en puentes térmicos. [Ψ , (W/m·K)]

Respecto a la transmitancia térmica lineal, la metodología de cálculo se desarrolla en el documento de ayuda DA DB-HE / 3 *Puentes térmicos*. En este mismo documento se incluye un catálogo que recoge los valores aproximados de la transmitancia térmica lineal [Ψ] para las soluciones constructivas más comunes. Los valores de este catálogo son los que se han aplicado a las diferentes soluciones constructivas del ejemplo que se está evaluando, así como en la simulación realizada en la Herramienta Unificada Lider-Calener.

- Permeabilidad al paso de aire de la envolvente térmica. Como se ha explicado anteriormente, afecta 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 [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$].
 - 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.

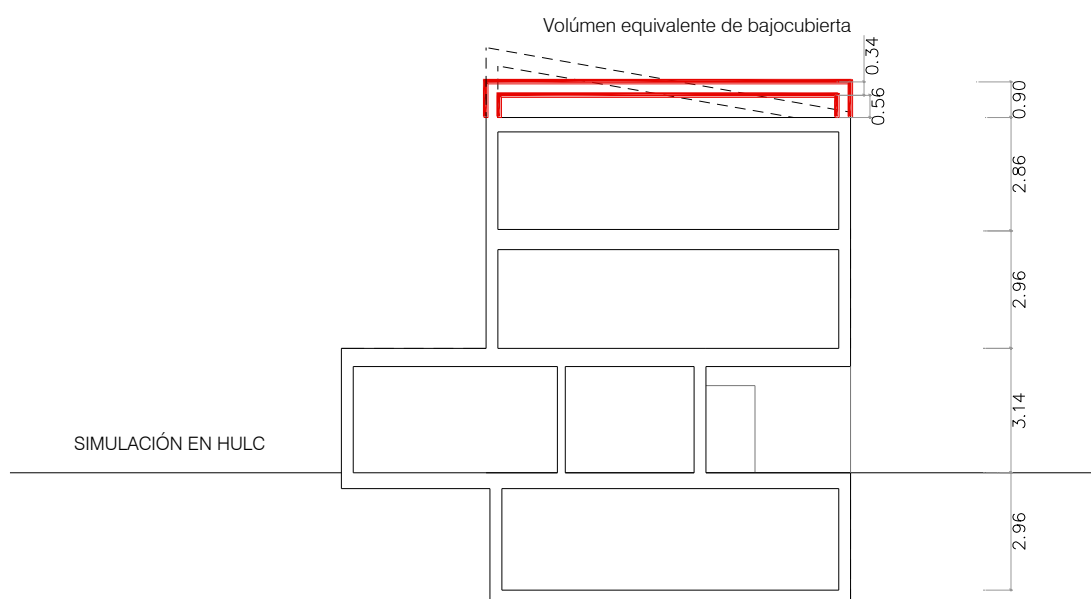
Respecto al cálculo del volumen encerrado dentro de la envolvente térmica, debemos precisar dos definiciones que matizan el concepto según el caso y el parámetro a evaluar. Estas dos definiciones de volúmenes a considerar son las siguientes:

- *Volumen encerrado en la E.T.* (empleado por ejemplo para el cálculo de la compacidad). El que encierra en su totalidad la envolvente térmica, incluyendo volumen de forjados y de cubierta.
- *Volumen de "aire interior"* que recoge el volumen "útil" de los espacios, es decir, descontando del volumen total el espacio que ocupan los forjados y la cubierta. Lo utilizaremos en el cálculo de la permeabilidad al aire del conjunto de la envolvente térmica [n_{50}].

En este apartado, referido al volumen del edificio y sus espacios, debemos hacer una puntualización más sobre la que 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". En este caso, nos estamos refiriendo 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

⁷ 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.

que encierra la cubierta original de planos inclinados. Su trazado se detalla en el gráfico siguiente:



- **Compacidad.**

Establece la relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica y la superficie de esta (V/A) ($m^3/m^2 = m$). Se trata de una característica esencial de la “forma” del edificio. Si tenemos en cuenta que los flujos de calor entre el interior del edificio y el exterior se produce a través de su piel, esta relación es determinante a la hora de evaluar su comportamiento. Su inverso es el “índice de forma” (A/V) ($m^2/m^3 = m^{-1}$).

La compacidad se define en el Anejo A Terminología de la siguiente forma:

Compacidad (V/A): Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o parte del 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 m^3/m^2 .

Por tanto, para el cálculo de la compacidad, se excluye el cómputo del área de los cerramientos y de las particiones interiores en contacto con otros edificios o con espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica.

Por tanto, el área computable de la envolvente térmica es exclusivamente la que está en contacto con el aire exterior o el terreno.

Respecto al volumen, es el que encierra la envolvente térmica en su totalidad. Incluyendo forjados interiores y cubiertas, pero no cerramientos verticales.

Con este criterio se definirá su valor que será determinante en el cálculo y aplicación de varios indicadores de la exigencia de *Condiciones para el control de la demanda energética DB HE 1*.

DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

Definición de la Envolvente Térmica (E.T.)

El concepto de envolvente térmica se define en el *Anejo C. Consideraciones para la definición de la envolvente térmica* de la siguiente forma:

La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio. No obstante, a criterio del proyectista:

a) podrá incluirse alguno o la totalidad de los espacios no habitables.

.....

b) podrán excluirse espacios tales como:

i) espacios habitables que vayan a permanecer no acondicionados durante toda la vida del edificio, tales como escaleras, ascensores o, pasillos no acondicionados,

ii) espacios muy ventilados, con una ventilación permanente de, al menos, $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ por m^2 de área útil de dicho espacio,

iii) espacios con grandes aberturas permanentes al exterior, de al menos $0,003 \text{ m}^2$ por m^2 de área útil de dicho espacio.

Existen pues, diferentes posibilidades de configuración de la envolvente para este edificio. Atendiendo a la caracterización de los diferentes espacios y a su inclusión o no dentro de la envolvente térmica, se podrán obtener diferentes valores de referencia en la comprobación de los valores límite. Algunas de las opciones y repercusiones más inmediatas son las siguientes:

- por ejemplo, incluimos todos los espacios del sótano dentro de la envolvente y sus cerramientos son límite de ella, necesariamente la transmitancia de los cerramientos que pertenecen a la envolvente térmica de esta planta deberán cumplir los valores límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1.
- De igual forma sucede con el espacio en planta baja destinado a garaje.
- También tendremos esta opción con el espacio no habitable situado en el bajocubierta pensado en principio, para alojar instalaciones.

De todas las opciones posibles se va a evaluar la configuración que se describe más abajo y que en principio parece ser una de las más razonables. Esta opción deja fuera de dicha envolvente térmica la cámara sanitaria existente bajo rasante, el garaje de planta baja y el espacio no habitable de instalaciones en el bajocubierta.

Con el resultado de comprobación de cada parámetro se harán los comentarios oportunos respecto a las posibles alternativas en configuraciones diferentes, modificación de otras variables, etc.

CONFIGURACIÓN DE ESTUDIO

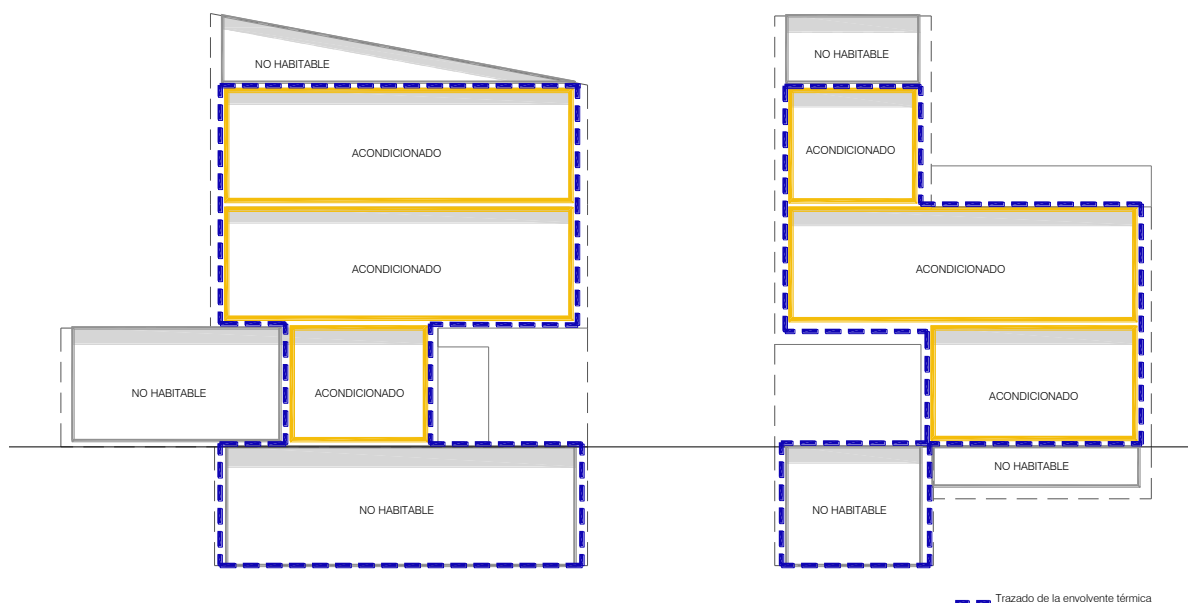
La configuración que como punto de partida se estudia es la siguiente:

- TRAZADO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA: la envolvente térmica incluye:
 - Todos los espacios de servicio de planta sótano excepto la cámara sanitaria bajo el salón de planta baja que se considera exterior a la envolvente.
 - Todos los espacios acondicionados de la planta baja. Es decir, se excluye el espacio no habitable destinado a garaje.

- Todos los espacios acondicionados de la planta primera destinada principalmente a dormitorios.
- La planta segunda, ático con salida a la azotea del edificio.

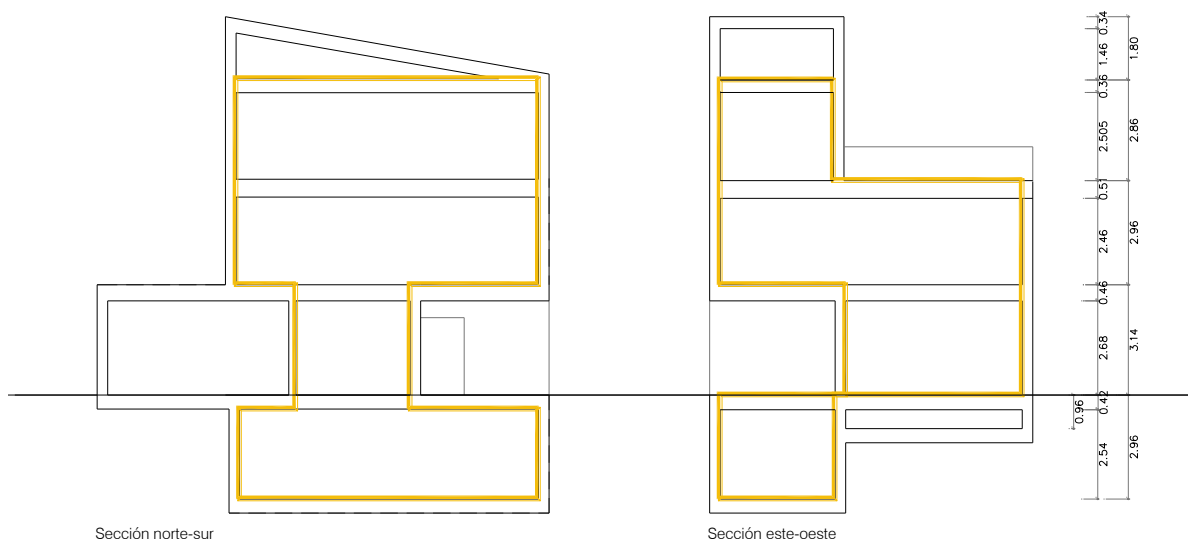
El espacio bajocubierta como ya se comentado se excluye del trazado de la envolvente. En consecuencia, el trazado de la envolvente de manera gráfica resulta de la siguiente forma:

ENVOLVENTE TÉRMICA

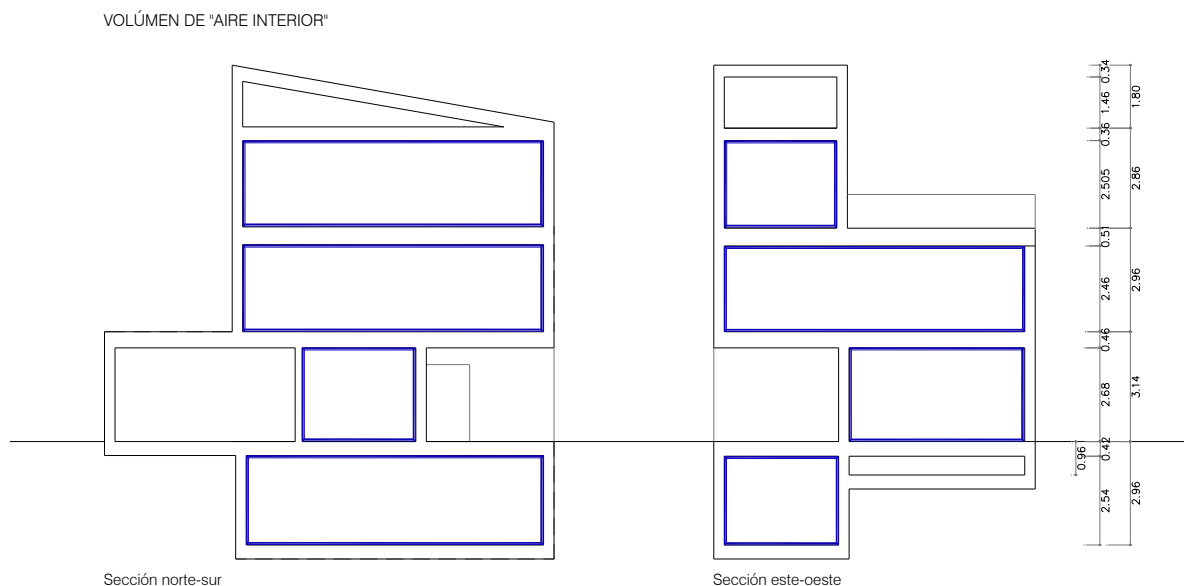


Una vez trazado el desarrollo de la envolvente térmica, podemos definir su superficie y el volumen encerrado y así obtener el valor de compacidad para este modelo. Este cálculo se incorpora en las tablas que se han definido al respecto más adelante en el texto. Respecto al volumen a considerar, debemos recordar aquí que ha de ser el que definíamos como “volumen encerrado en la E.T.”. Se representa gráficamente a continuación en el esquema de las secciones longitudinal y transversal de la vivienda:

VOLÚMEN TOTAL DE LA ET PARA COMPACIDAD



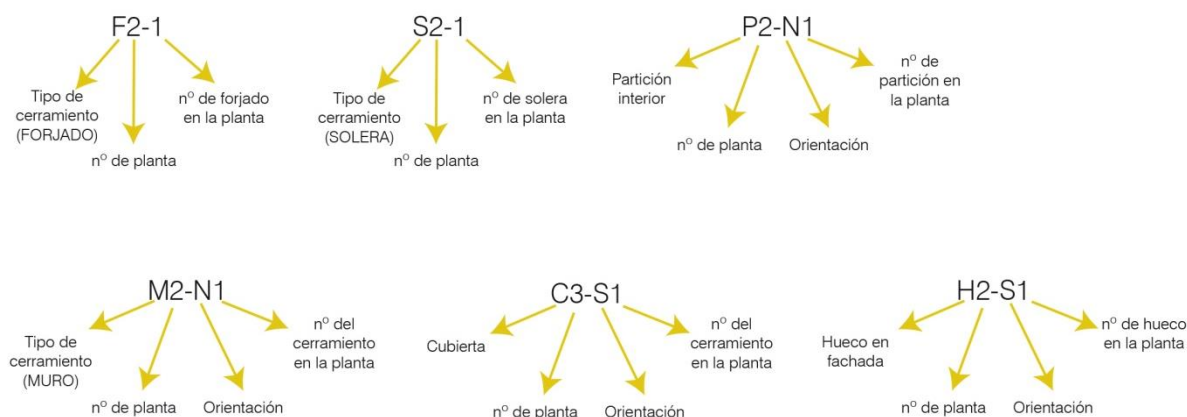
Por otra parte, y a efectos del cálculo de la permeabilidad global del edificio se ha de considerar el que hemos llamado “volumen de aire interior”. Es decir, descontando el volumen que ocupan los forjados de división horizontal, así como la cubierta del edificio. Se representa gráficamente en el siguiente esquema:



En las tablas de caracterización de la envolvente aparecerán en cada caso con esta nomenclatura de “volumen encerrado en la ET” y “volumen de aire interior”.

Caracterización de la envolvente térmica

En primer lugar, es necesario identificar cada uno de los elementos de la envolvente térmica, para ello, se les ha asignado un código que responde al siguiente criterio:

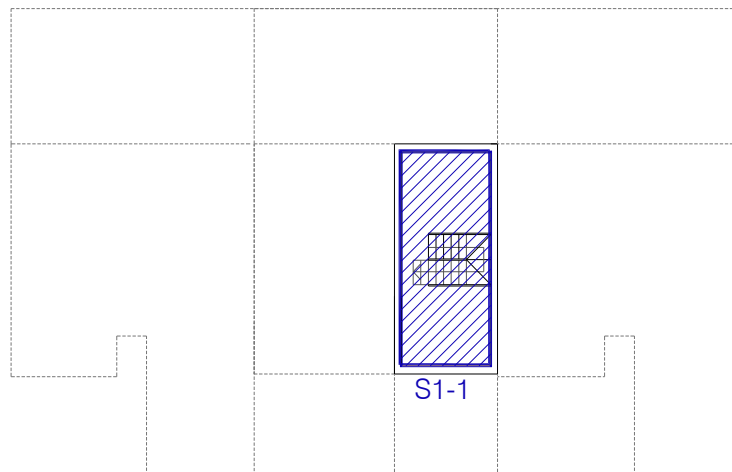


Una segunda cuestión importante, como se comentaba en apartados anteriores, es identificar la posición exacta dentro de la E.T. de cada uno de estos elementos. En los siguientes gráficos 3D y plantas del edificio, se sitúan y referencian cada uno de dichos componentes de la envolvente térmica del edificio.

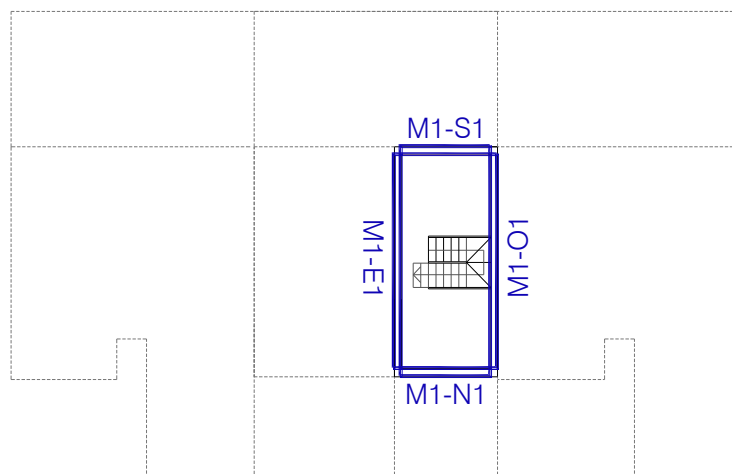
Posteriormente y mediante tablas, se relacionan y caracterizan todos los elementos de dicha envolvente térmica tal y como ha sido definida. La caracterización incluye todos los parámetros que vamos a necesitar para el cálculo de cada indicador en la justificación del cumplimiento. Las tablas están

organizadas por plantas. Dichas plantas, están numeradas y nombradas de abajo hacia arriba tal y como se van creando en la herramienta HULC.

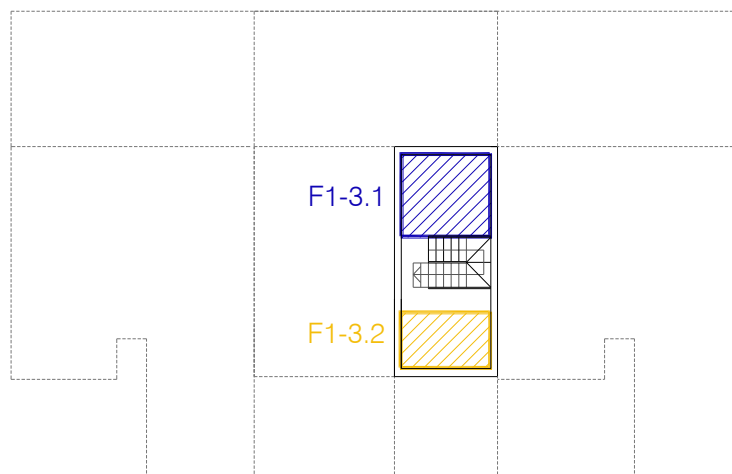
P01.PLANTA SÓTANO (-2,96)



Suelos planta 1



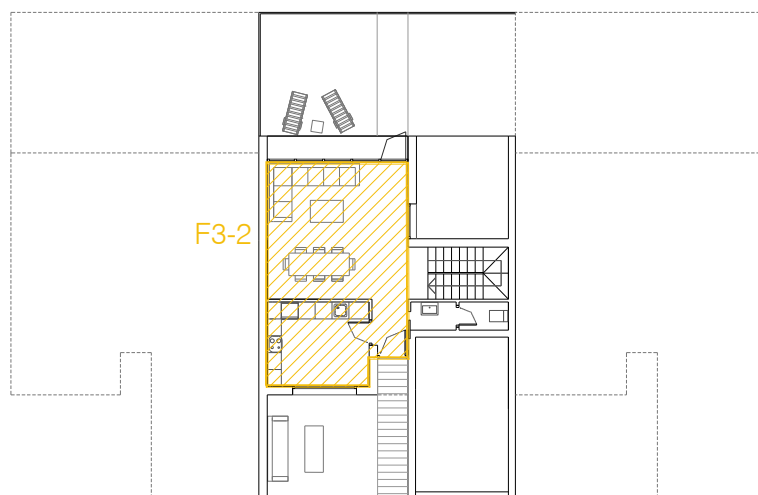
Muros planta 1



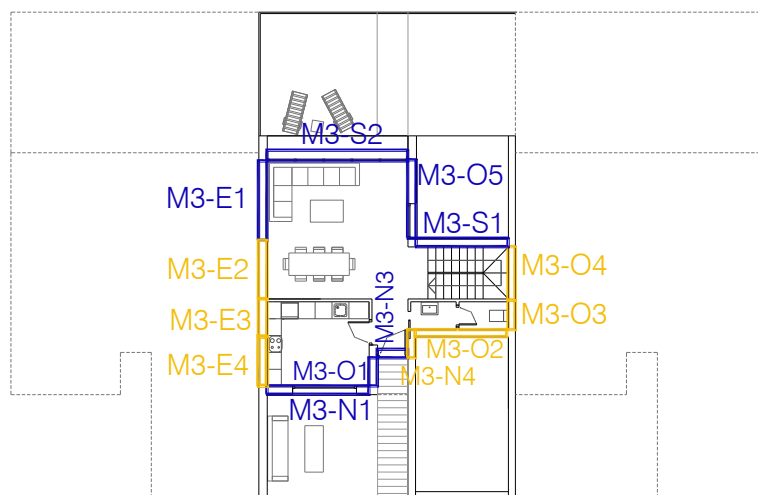
Techos planta 1

 Elementos de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno

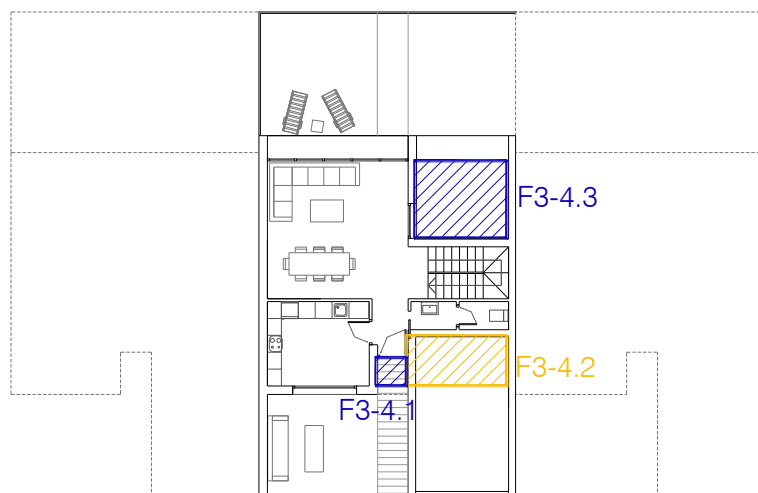
 Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio

P03.PLANTA BAJA (± 0)

Suelos planta 3



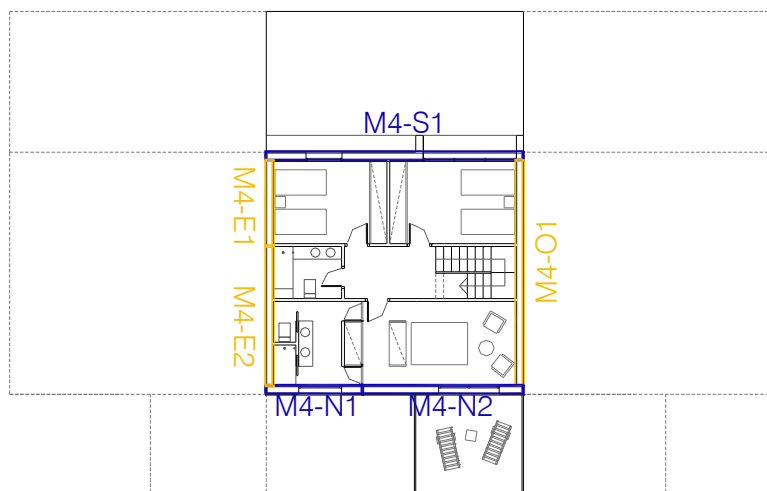
Muros planta 3



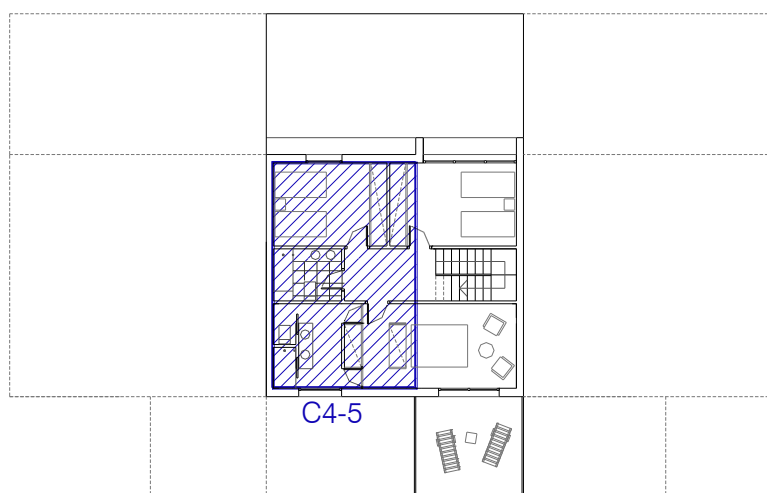
Techos planta 3

-  Elementos de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno
-  Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio

P04.PLANTA PRIMERA (+3,14)



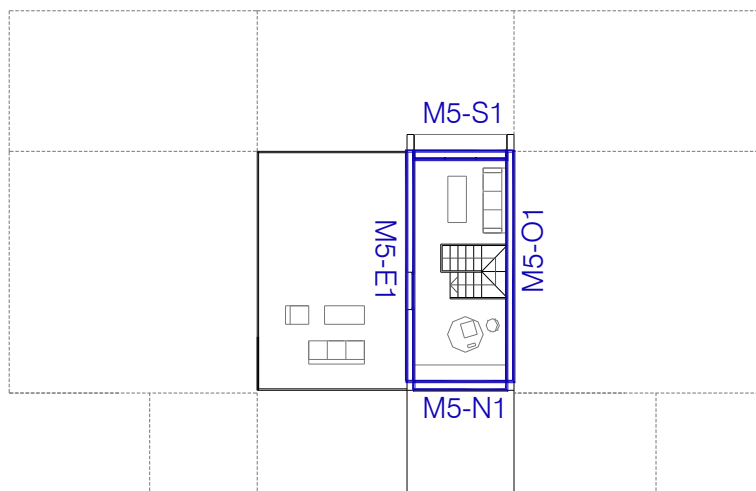
Muros planta 4



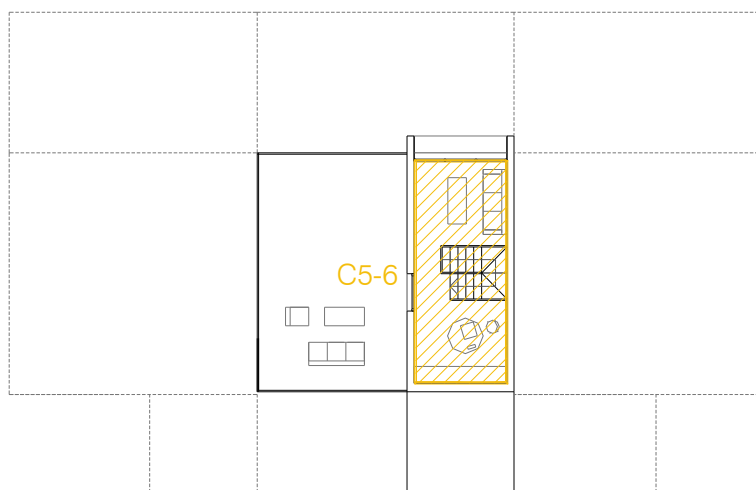
Techos planta 4

-  Elementos de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno
-  Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio

P05.PLANTA SEGUNDA (+6,09)



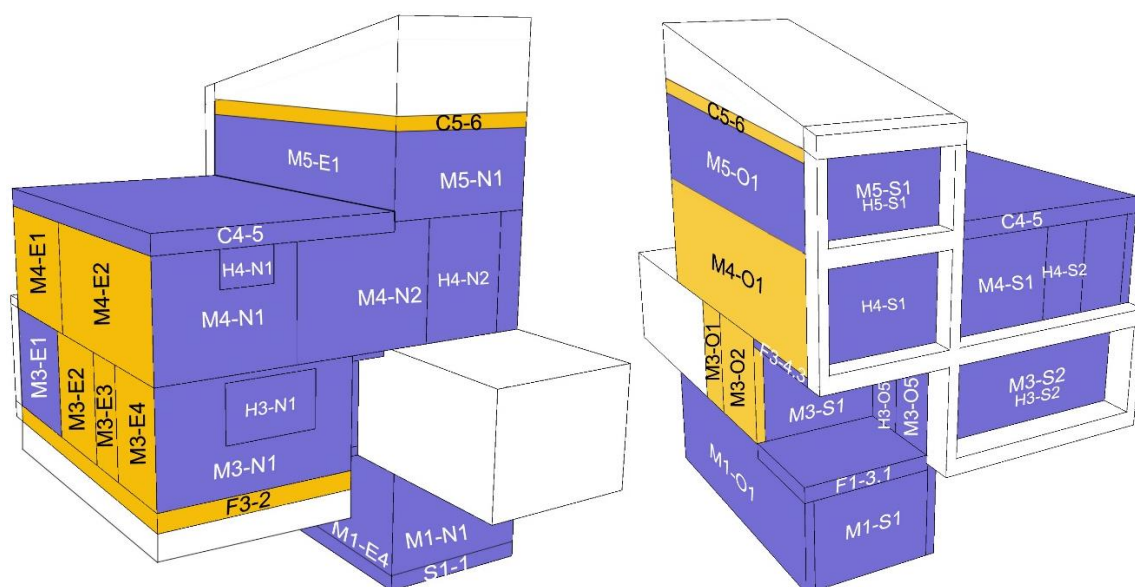
Muros planta 5



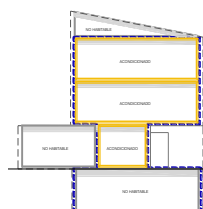
Techos planta 5

 Elementos de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno

 Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio



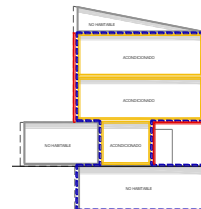
En las siguientes tablas, se detallan las características de la envolvente térmica: superficie y caracterización geométrica de sus componentes, volumen encerrado, etc. Con esos valores, se obtiene por último el de la compacidad del edificio con los criterios de partida que ya se han expuesto en los apartados anteriores.



GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

Acondicionados: P.2 Salvo garaje, P.4 ocupac. completa P.5 ocupac. completa
N.H.: Sótano, cámara sanitaria y garaje
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	$\begin{matrix} \text{¿} \in \text{a ET?} \\ \in \text{ET}=1 \\ \notin \text{ET}=0 \end{matrix}$	Sup. Planta dentro ET (m ²)	Sup. ÚTIL dentro ET (m ²)	Altura planta y espacios (m)	Volumen $\in$ ET (m ³)	Altura libre planta (m)	Volumen de "aire interior" $\in$ ET (m ³)
P01										
	P01 E01	Sótano	NO HABIT.	1	26,07	26,07	2,96	77,17	2,49	64,78
TOTALES PLANTA 01					26,07	26,07		77,17		64,78
P02										
	P02 E01	C.sanitaria	NO HABIT.	0	0,00	0,00	0,96	0,00	0,96	0,00
TOTALES PLANTA 02					0,00	0,00		0,00		0,00
P03										
	P03 E01	P.baja	NO HABIT.	0	0,00	0,00	3,14	0,00	2,68	0,00
	P03 E02	P.baja	ACOND	1	49,72	49,72	3,14	156,12	2,68	133,25
TOTALES PLANTA 03					49,72	49,72		156,12		133,25
P04										
	P04 E01	P.primera	ACOND	1	67,70	67,70	2,96	200,39	2,41	162,82
TOTALES PLANTA 04					67,70	67,70		200,39		162,82
P05										
	P05 E01	P.ático	ACOND	1	26,10	26,10	2,86	74,65	2,51	65,38
TOTALES PLANTA 05					26,10	26,10		74,65		65,38
P06										
	P06 E01	P.bajocub.	NO HABIT.	0	0,00	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00
TOTALES PLANTA 06					0,00	0,00		0,00		0,00
TOTALES EDIFICIO					169,59	169,59		508,32		426,23

(*) 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

Código de cerramiento	Tipo de Contacto	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. Total Cerramiento (incluidos huecos) (m ²)	¿ ϵ a ET? ϵ ET=1 $\neq$ ET=0	Sup. E.T. (m ²)	COMPUT COMPAC (*) SI=1 NO=0	S. COMPUT. COMPACIDAD (m ²)
-----------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	----------	---	--	-----------------------------	-----------------------------------	---

PLANTA SÓTANO P01

M1.N1	TERRENO	M, FACHADA		3,3	2,96	9,77	1	9,77	1	9,77
M1.N2	TERRENO	M, FACHADA		7,9	2,96	23,38	1	23,38	1	23,38
M1.N3	TERRENO	M, FACHADA		3,3	2,96	9,77	1	9,77	1	9,77
M1.N4	TERRENO	M, FACHADA		7,9	2	15,80	1	15,80	1	15,80
S1.1	TERRENO	SUELO				26,06	1	26,06	1	26,06
F1-3.1	EXTERIOR	TECHO				10,06	1	10,06	1	10,06
F1-3.2	NH	TECHO	2,05	3,3		6,77	1	6,77	0	0,00

TOTALES PLANTA 01	101,61	101,61	94,84
-------------------	--------	--------	-------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P02

La planta 02 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

PLANTA BAJA. P03

M3.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,62	3,14	11,37	1	11,37	1	11,37
M3.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		1	3,14	3,14	1	3,14	1	3,14
M3.N3	EXTERIOR	M, FACHADA		1,08	3,14	3,39	1	3,39	1	3,39
M3.N4	NH	MEDIANERÍA		1	3,14	3,14	1	3,14	0	0,00
M3.N5	NH	MEDIANERÍA		3,25	3,14	10,21	1	10,21	0	0,00
M3.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,04	3,14	3,27	1	3,27	0	0,00
M3.O2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,85	3,14	5,81	1	5,81	0	0,00
M3.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,3	3,14	10,36	1	10,36	1	10,36
M3.O3	EXTERIOR	M, FACHADA		3,05	3,14	9,58	1	9,58	1	9,58
M3.S3	EXTERIOR	M, FACHADA		5,25	3,14	16,49	1	16,49	1	16,49
M3.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,05	3,14	9,58	1	9,58	1	9,58
M3.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		2,07	3,14	6,50	1	6,50	0	0,00
M3.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,3	3,14	4,08	1	4,08	0	0,00
M3.E4	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,75	3,14	5,50	1	5,50	0	0,00
F3.2	NH	SUELO	varias dimensiones			40,13	1	40,13	0	0,00

TOTALES PLANTA 03	142,53	142,53	63,90
-------------------	--------	--------	-------

PLANTA PRIMERA. P04

M4.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		2,42	2,96	7,16	1	7,16	1	7,16
M4.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,14	2,96	18,17	1	18,17	1	18,17
M4.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		8	2,96	23,68	1	23,68	0	0,00
M4.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		8,57	2,96	25,37	1	25,37	1	25,37
M4.E1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		3,05	2,96	9,03	1	9,028	0	0,00
M4.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		4,95	2,96	14,65	1	14,65	0	0,00
F3-4.1	EXTERIOR	SUELO				1,65	1	1,65	1	1,65
F3-4.2	OTRO ESPAC	SUELO				6,30	1	6,3	0	0,00
F3-4.3	EXTERIOR	SUELO				10,06	1	10,06	1	10,06
C4-5	EXTERIOR	CUBIERTA				41,64	1	41,64	1	41,64

TOTALES PLANTA 04	157,71	157,71	104,05
-------------------	--------	--------	--------

PLANTA ÁTICO. P05

M5.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,3	2,86	9,44	1	9,438	1	9,44
M5.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		7,9	2,86	22,59	1	22,59	1	22,59
M5.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,3	2,86	9,44	1	9,44	1	9,44
M5.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		7,9	2,86	22,59	1	22,59	1	22,59

C5-6	NH	TECHO				26,06	1	26,06	0	0,00
------	----	-------	--	--	--	-------	---	-------	---	------

TOTALES PLANTA 05	90,12	90,12	64,06
-------------------	-------	-------	-------

PLANTA BAJOCUBIERTA. P06

La planta 06 correspondiente al nivel de bajocubierta, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES EDIFICIO	491,97	491,97	326,86
------------------	--------	--------	--------

VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR (m³)

508,32

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE* CON ESTA CONFIGURACIÓN

508,32/326,86 = 1,555

1,56

(*) 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 = ΣA_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 **C*** Transmitancia térmica de cada elemento de la ET ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$) **U**

La transmitancia térmica (U) de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica no superará los valores 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} [$\text{W/m}^2\text{K}$]

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

A partir de las soluciones que se han descrito en el apartado de definición constructiva y composición de cerramientos, se ha elaborado una tabla que compara uno a uno cada elemento de la envolvente térmica con el valor límite de aplicación en función del tipo de elemento del que se trate y de sus “contactos”.

Con el fin de que la tabla no tenga un tamaño excesivo y sea más manejable, se han incluido en ella exclusivamente los cerramientos y componentes que pertenecen a la envolvente térmica y no el total de cerramientos del edificio.

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4. completa y P.5 completa

N.H.: Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajocubierta

Envolvente térmica según esquema



Código de cerramiento	Tipo de Contacto	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Sup. Total Cerramiento (m²)	$\lambda \in a$ ET? $\epsilon \in ET=1$ $\epsilon \in ET=0$	Sup. Parte OPACA ET (m²)	Sup. HUECO ET (m²)	Sup. E.T. (m²)	U W/m²K	U _{lim} W/m²K	Cumplimiento Valores límite
-----------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	----------	-----------------------------	---	--------------------------	--------------------	----------------	---------	------------------------	-----------------------------

PLANTA SÓTANO P01

M1.N1	TERRENO	M. SÓTANO		3,3	2,96	9,77	1	9,77	-	9,77	0,25	0,70	CUMPLE
M1.N2	TERRENO	M. SÓTANO		7,9	2,96	23,38	1	23,38	-	23,38	0,22*	0,70	CUMPLE
M1.N3	TERRENO	M. SÓTANO		3,3	2,96	9,77	1	9,77	-	9,77	0,25	0,70	CUMPLE
M1.N4	TERRENO	M. SÓTANO		7,9	2	15,80	1	15,80	-	15,80	0,25	0,70	CUMPLE
S1.1	TERRENO	SUELO				26,06	1	26,06	-	26,06	0,59	0,70	CUMPLE
F1-3.1	EXTERIOR	CUBIERTA				10,06	1	10,06	-	10,06	0,31	0,40	CUMPLE
F1-3.2	NH	TECHO				6,77	1	6,77	-	6,77	0,35	0,70	CUMPLE

TOTALES PLANTA 01

						101,61		101,61	0,00	101,61			CUMPLE
--	--	--	--	--	--	--------	--	--------	------	--------	--	--	--------

* Este cerramiento además de con el terreno, tiene un contacto parcial con la cámara sanitaria que se encuentra bajo la planta baja

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P02

La planta 02 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

PLANTA BAJA. P03

M3.N1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,62	3,14	11,37	1	8,22	-	8,22	0,27	0,49	CUMPLE
H3.N1	EXTERIOR	VENTANA	2,25		1,4			-	3,15	3,15	1,13	2,10	CUMPLE
M3.N2	EXTERIOR	M. FACHADA		1	3,14	3,14	1	3,14	-	3,14	0,27	0,49	CUMPLE
M3.N3	EXTERIOR	M. FACHADA		1,08	3,14	3,39	1	1,06	-	1,06	0,26	0,49	CUMPLE
H3.N3	EXTERIOR	PUERTA	1,06		2,2			-	2,33	2,33	2,20	5,70	CUMPLE
M3.N4	NH	MEDIANERÍA		1	3,14	3,14	1	3,14	-	3,14	0,32	0,70	CUMPLE
M3.N5	NH	MEDIANERÍA		3,25	3,14	10,21	1	10,21	-	10,21	0,32	0,70	CUMPLE
M3.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,04	3,14	3,27	1	3,27	-	3,27	0,27	0,70	CUMPLE
M3.O2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,85	3,14	5,81	1	5,81	-	5,81	0,27	0,70	CUMPLE
M3.S1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,3	3,14	10,36	1	10,36	-	10,36	0,26	0,70	CUMPLE
M3.O3	EXTERIOR	M. FACHADA		3,05	3,14	9,58	1	6,31	-	6,31	0,27	0,70	CUMPLE
H3.O3	EXTERIOR	VENTANA	1,22		2,68			-	3,27	3,27	1,13	2,10	CUMPLE
M3.S3	EXTERIOR	M. FACHADA		5,25	3,14	16,49	1	2,42	-	2,42	0,26	0,70	CUMPLE
H3.S3	EXTERIOR	VENTANA	2,68		5,25			-	14,07	14,07	1,13	2,10	CUMPLE
M3.E1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,05	3,14	9,58	1	9,58	-	9,58	0,27	0,70	CUMPLE
M3.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		2,07	3,14	6,50	1	6,50	-	6,50	0,27	0,70	CUMPLE
M3.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,3	3,14	4,08	1	4,08	-	4,08	0,27	0,70	CUMPLE
M3.E4	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		1,75	3,14	5,50	1	5,50	-	5,50	0,27	0,70	CUMPLE
F3.2	NH	SUELO	varias dimensiones			40,13	1	40,13	-	40,13	0,33	0,70	CUMPLE

TOTALES PLANTA 03

						142,53		119,70	22,82	142,53			CUMPLE
--	--	--	--	--	--	--------	--	--------	-------	--------	--	--	--------

PLANTA PRIMERA. P04

M4.N1	EXTERIOR	M. FACHADA		2,42	2,96	7,16	1	5,90	-	5,90	0,27	0,49	CUMPLE
H4.N1	EXTERIOR	VENTANA	1,5		0,84			-	1,26	1,26	1,13	2,10	CUMPLE
M4.N2	EXTERIOR	M. FACHADA		6,14	2,96	18,17	1	12,85	-	12,85	0,26	0,49	CUMPLE
H4.N2	EXTERIOR	VENTANA	2,13		2,5			-	5,33	5,33	1,13	2,10	CUMPLE
M4.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		8	2,96	23,68	1	23,68	-	23,68	0,27	0,70	CUMPLE
M4.S1	EXTERIOR	M. FACHADA		8,57	2,96	25,37	1	14,02	-	14,02	0,26	0,49	CUMPLE
H4.S1	EXTERIOR	VENTANA	3,28		2,5			-	8,2	8,20	1,13	2,10	CUMPLE
H4.S2	EXTERIOR	VENTANA	1,26		2,5	9,03	1	-	3,15	3,15	1,13	2,10	CUMPLE
M4.E1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		3,05	2,96	9,03		9,03	-	9,03	0,27	0,70	CUMPLE
M4.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		4,95	2,96	14,65	1	14,65	-	14,65	0,27	0,70	CUMPLE
F3-4.1	EXTERIOR	SUELO				1,65	1	1,65	-	1,65	0,25	0,49	CUMPLE
F3-4.2	OTRO ESPAC	SUELO				6,30	1	6,30	-	6,3	0,33	0,70	CUMPLE
F3-4.3	EXTERIOR	SUELO				10,06	1	10,06	-	10,06	0,25	0,49	CUMPLE
C4-5	EXTERIOR	CUBIERTA				41,64	1	41,64	-	41,64	0,23	0,40	CUMPLE

TOTALES PLANTA 04

						157,71		139,78	17,94	157,71			CUMPLE
--	--	--	--	--	--	--------	--	--------	-------	--------	--	--	--------

PLANTA ÁTICO. P05

M5.N1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,3	2,86	9,44	1	9,44	-	9,44	0,26	0,49	CUMPLE
M5.O1	EXTERIOR	M. FACHADA		7,9	2,86	22,59	1	22,59	-	22,59	0,27	0,49	CUMPLE
M5.S1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,3	2,86	9,44	1	1,24	-	1,24	0,26	0,49	CUMPLE
H5.S1	EXTERIOR	VENTANA	3,28		2,5			-	8,2	8,20	1,13	2,10	CUMPLE
M5.E1	EXTERIOR	M. FACHADA		7,9	2,86	22,59	1	19,71	-	19,71	0,27	0,49	CUMPLE
H5.E1	EXTERIOR	VENTANA	1,31		2,2			-	2,88	2,88	1,13	2,10	CUMPLE
C5-6	NH	TECHO				26,06	1	26,06	-	26,06	0,32	0,70	CUMPLE

TOTALES PLANTA 05

						90,12		79,04	11,08	90,12			CUMPLE
--	--	--	--	--	--	-------	--	-------	-------	-------	--	--	--------

PLANTA BAJOCUBIERTA. P06

La planta 06 correspondiente al nivel de bajocubierta, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES EDIFICIO

						491,97		440,14	51,84	491,98			CUMPLE
--	--	--	--	--	--	--------	--	--------	-------	--------	--	--	--------

En la configuración que se ha definido, la envolvente térmica incluye los cerramientos horizontales que separan el espacio acondicionado de la planta ático respecto al bajocubierta NO HABITABLE. También se incluyen los cerramientos verticales que separan los espacios acondicionados de la planta baja del espacio NO HABITABLE destinado a garaje.

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 "C", no han de superar una transmitancia límite de 0,70 W/m²K.

2. LÍMITE DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR (K) A TRAVÉS DE LA E.T.

Tabla 3.1.1.b - HE1 para uso residencial privado

DATOS PREVIOS

* Zona climática de invierno **C**

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

* Coeficiente global de transmisión de calor a través de la ET (W/m²·K) **K**

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/m²K.

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

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;

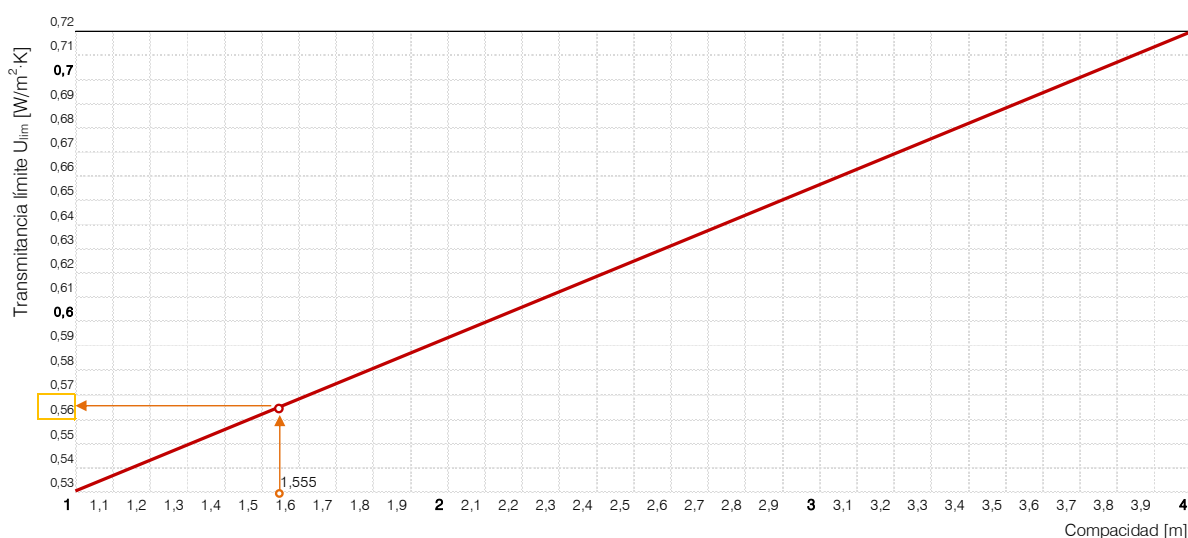
$x_{x,j}$ es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

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 ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueva más del 25% de la superficie total de la	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 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.

El edificio de nuestro ejemplo se encuentra situado en la zona climática de invierno “C” y su compacidad es de 1,56. Para valores de compacidad entre 1 y 4, qué es nuestro caso de estudio, habrá que interpolar el valor límite entre 0,53 y 0,72 W/m²·K proporcionalmente a la compacidad. Se trata de una proporción lineal y además de analíticamente, se puede obtener una aproximación del valor de forma gráfica:



El valor límite obtenido redondeando el segundo decimal es de **0,56 W/m²·K**.

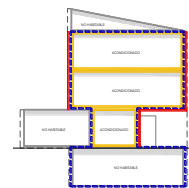
En la siguiente tabla se relaciona (se resaltan mediante sombreado) todos los elementos de la envolvente afectados por este indicador (los de contacto con el aire exterior o terreno) caracterizando su transmitancia térmica y coeficiente de transmisión térmica lineal para puentes térmicos. A partir de 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 y que por interpolación hemos fijado en 0,56 W/m²·K.

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. Hay que recordar aquí además que estructuralmente el edificio apoya sus forjados en pantallas de hormigón armado por lo que no existen pilares en la envolvente.



Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4. completa y P.5 completa
N.H.: Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajocubierta
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	$\lambda \in a$ 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	Opacos U . Área W/K	Huecos U . Área W/K
---------------------	------------------	-------------	--	--	---------------------------------------	---------------------------------	--	-------------------------	---------------------------	---------------------------

PLANTA SÓTANO. P01

M1.N1	TERRENO	M. SÓTANO	1	1	9,77	-	9,77	0,25	2,44	
M1.N2	TERRENO	M. SÓTANO	1	1	23,38	-	23,38	0,22	5,14	
M1.N3	TERRENO	M. SÓTANO	1	1	9,77	-	9,77	0,25	2,44	
M1.N4	TERRENO	M. SÓTANO	1	1	15,80	-	15,80	0,25	3,95	
S1.1	TERRENO	SUELO	1	1	26,06	-	26,06	0,59	15,38	
F1-3.1	EXTERIOR	TECHO	1	1	10,06	-	10,06	0,31	3,12	
F1-3.2	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,36		

TOTALES PLANTA 01					94,84	0,00	94,84		32,47	0,00
-------------------	--	--	--	--	-------	------	-------	--	-------	------

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P02

La planta 02 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

PLANTA BAJA. P03

M3.N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	8,2168	-	8,22	0,27	2,22	
H3-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,15	3,15	1,13		3,56
M3.N2	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	3,14	-	3,14	0,27	0,85	
M3.N3	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	1,0592	-	1,06	0,26	0,28	
H3-N3	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	2,332	2,33	2,2		5,13
M3.N4	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,32		-
M3.N5	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,32		-
M3.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,27		-
M3.O2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,27		-
M3.S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	10,362	-	10,36	0,26	2,69	
M3.O3	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	6,3074	-	6,31	0,27	1,70	
H3-O3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,2696	3,27	1,13		3,69
M3.S3	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	2,42	-	2,42	0,26	0,63	
H3-S3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	14,07	14,07	1,13		15,90
M3.E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	9,577	-	9,58	0,27	2,59	
M3.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,27		-
M3.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,27		-
M3.E4	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	0,27		-
F3.2	NH	SUELO	1	0	-	-	-	0,33		-

TOTALES PLANTA 03					41,08	22,82	63,91		10,96	28,28
-------------------	--	--	--	--	-------	-------	-------	--	-------	-------

PLANTA PRIMERA. P04

M4.N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	5,90	-	5,90	0,27	1,59	
H4-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,26	1,26	1,13		1,42
M4.N2	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	12,85	-	12,85	0,26	3,34	
H4-N2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	5,33	5,33	1,13		6,02
M4.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	0	0,27		-
M4.S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	14,02	-	14,02	0,26	3,64	
H4.S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	8,20	8,20	1,13		9,27
H4.S2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,15	3,15	1,13		3,56
M4.E1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	0	0,27		-
M4.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	0	0,27		-
F3-4.1	EXTERIOR	SUELO	1	1	1,65	-	1,65	0,26	0,43	
F3-4.2	OTRO ESPAC	SUELO	1	0	-	-	0	0,33		-
F3-4.3	EXTERIOR	SUELO	1	1	10,06	-	10,06	0,26	2,62	
C4-5	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	41,64	-	41,64	0,23	9,58	

TOTALES PLANTA 04					86,12	17,94	104,05		21,20	20,27
-------------------	--	--	--	--	-------	-------	--------	--	-------	-------

PLANTA ÁTICO. P05

M5.N1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	9,44	-	9,44	0,26	2,45	
M5.O1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	22,59	-	22,59	0,27	6,10	
M5.S1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	1,24	-	1,24	0,26	0,32	
H5.S1	EXTERIOR	VENTANA			-	8,2	8,20	1,13		9,27
M5.E1	EXTERIOR	M, FACHADA	1	1	19,71	-	19,71	0,27	5,32	
H5.E1	EXTERIOR	VENTANA			-	2,88	2,88	1,13		3,26
C5-6	NH	TECHO	1	0	-	-	-	0,32		-

TOTALES PLANTA 05					52,98	11,08	64,06		14,20	12,52
-------------------	--	--	--	--	-------	-------	-------	--	-------	-------

TOTALES EDIFICIO					275,02	51,84	326,87		78,83	61,07
------------------	--	--	--	--	--------	-------	--------	--	-------	-------

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 forjado	0,17	57,36	9,75
Unión cubierta.	0,547	33,00	18,05
Esquinas convexa forjado	0,139	19,02	2,64
Esquinas concava cerram.	-0,08	9,42	-0,75
Esquinas convexa cerram.	0,06	20,86	1,25
Unión solera pared ext	0,20	22,40	4,48
Perímetro de HUECOS	0,029	88,88	2,58
Pilares	1,2	1	1,20
TOTALES EDIFICIO		251,94	39,20

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,56

CÁLCULO

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

$$K = (78,83 + 61,07 + 39,20) / 326,87 = 0,5479$$

C O M P R O B A C I Ó N K

[K] W/m²·K EDIFICIO	K_{lim} W/m²·K	Cumplimiento Valores límite
0,55	0,56	CUMPLE

Consideraciones respecto al cumplimiento de esta configuración

La superficie computable en el cálculo del valor de [K] afecta exclusivamente a la que está en contacto con el aire exterior o el terreno. En la configuración que se ha propuesto solo se produce contacto con el exterior a través de la cubierta plana (azotea) y de las fachadas, excluyendo los cerramientos de separación con el volumen del garaje. Quedan también fuera del cálculo los cerramientos horizontales que nos separan del espacio técnico en el bajocubierta y de la cámara sanitaria en la parte inferior del salón de planta baja, ambos por contacto con "otros espacios". Hay que recordar aquí que la cubierta inclinada no pertenece a la envolvente térmica. Los contactos con el terreno se producen exclusivamente en los cerramientos (horizontales y verticales) de la planta sótano.

Hemos aplicado el procedimiento simplificado mediante la expresión,

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

Respecto al resultado obtenido se pueden hacer los siguientes comentarios:

- El valor de [K] calculado 0,55 W/m²·K, está bastante ajustado respecto al valor límite que es de 0,56 W/m²·K. Partiendo de unas soluciones de puentes térmicos ya bastante eficientes, se pueden plantear mejoras en el aislamiento de las superficies opacas que supondrán, además, una mejora indirecta en las soluciones de los puentes térmicos. En todo caso el margen de mejora en este apartado es limitado teniendo en cuenta que la superficie de opacos es de 275,02 m² y aporta al numerador de la expresión de cálculo 78,83 W/K, es decir, una transmitancia media en los cerramientos opacos de 0,286 W/m²·K. Si reducimos esa transmitancia media a valores próximos a 0,20 W/m²·K obtendríamos un valor de [K] en torno a 0,46 W/m²·K.

Realizando además el ajuste sobre los valores de transmitancia térmica lineal de los puentes térmicos debido a la mejora de la transmitancia de todos los cerramientos implicados, el resultado estimado sería el siguiente:

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	$\lambda \in a$ ET? $\in ET=1$ $\notin ET=0$	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 (media) W/m²K	Opacos U . Área W/K	Huecos U . Área W/K
Estimación de valores para OPACOS					275,02		275,02	0,20	55,00	
Estimación de valores para HUECOS						51,84	51,84	1,178		61,07
TOTALES EDIFICIO					275,02	51,84	326,86		55,00	61,07

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
Fronte forjado	0,154	57,36	8,83
Unión cubierta.	0,513	33,00	16,93
Esquinas convexa forjado	0,146	19,02	2,78
Esquinas concava cerram.	-0,057	9,42	-0,54
Esquinas convexa cerram.	0,037	20,86	0,77
Unión solera pared ext	0,14	22,40	3,07
Perímetro de HUECOS	0,023	88,88	2,04
Pilares	1,2	1	1,20
TOTALES EDIFICIO		251,94	35,09

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,56

CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x btr_x [\sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum j x x, j] / \sum x \sum i btr_x A_{x,i}$$
$$K = (55,00 + 61,07 + 38,57) / 326,87 = 0,4625$$

C O M P R O B A C I Ó N K

[K] W/m²·K EDIFICIO	K _{lim} W/m²·K	Cumplimiento Valores límite
0,46	0,56	CUMPLE

- Por otra parte, podríamos todavía reducir las transmitancias de los huecos. Con los valores de la propuesta inicial (vidrios de transmitancia de 1 W/m²K y marco de 1,30 W/m²K) y considerando la transmitancia del hueco de la puerta de acceso de 2,20 W/m²K tenemos un valor medio de transmitancia para los huecos de 1,178 W/m²K con una superficie total de 51,84 m². Se podría optar por incorporar vidrios triples con transmitancia en torno a 0,50 W/m²K que nos acercaría a un valor medio de transmitancia de los huecos de 0,75 W/m²K. Si consideramos esta modificación combinada con la anterior, el resultado sería el siguiente:

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	$\lambda \in a$ ET? $\in ET=1$ $\notin ET=0$	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) SI=1 N0=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²)	U (media) W/m²K	Opacos U . Área W/K	Huecos U . Área W/K
Estimación de valores para OPACOS					275,02		275,02	0,20	55,00	
Estimación de valores para HUECOS						51,84	51,84	0,75		38,88
TOTALES EDIFICIO					275,02	51,84	326,86		55,00	38,88

P U E N T E S T É R M I C O S

Definición	ψ T. lineal	Longitud L(m)	$\psi \times L$ W/K
Fronte forjado	0,154	57,36	8,83
Unión cubierta.	0,513	33,00	16,93
Esquinas convexa forjado	0,146	19,02	2,78
Esquinas concava cerram.	-0,057	9,42	-0,54
Esquinas convexa cerram.	0,037	20,86	0,77
Unión solera pared ext	0,14	22,40	3,07
Perímetro de HUECOS	0,023	88,88	2,04
Pilares	1,2	1	1,20
TOTALES EDIFICIO		251,94	35,09

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO:1,56

CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x btr_x [\sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum j x x, j] / \sum x \sum i btr_x A_{x,i}$$
$$K = (55,00 + 38,88 + 35,09) / 326,86 = 0,3946$$

C O M P R O B A C I Ó N K

[K] W/m²·K EDIFICIO	K _{lim} W/m²·K	Cumplimiento Valores límite
0,39	0,56	CUMPLE

- Respecto a posibles cambios en la configuración de la envolvente, existe una modificación posible y que consiste en la inclusión del pequeño espacio no habitable del bajocubierta técnico. En primer lugar, indicar que no tendría sentido incorporar dentro de la envolvente térmica un espacio con las superficies de aberturas permanentes al exterior como las que requiere este bajocubierta por alojar las unidades exteriores de los equipos de frío. La opción más viable será recolocar estas unidades exteriores y liberar este espacio, en ese caso, supone la incorporación de más superficie opaca que con un nivel de aislamiento medio (entre 0,20-0,30 W/m²K) mejorará el valor de transmitancia media de la E.T. De hecho, simplemente dando continuidad al aislamiento de la fachada en este espacio, se consigue un valor de [K] próximo a 0,51 W/m²K. No obstante, esta incorporación produce el efecto contrario en el indicador [n₅₀] que veremos más adelante y que en edificios pequeños como este, con un factor de forma no muy favorable, puede presentar ciertas dificultades para el cumplimiento. Se recomienda revisar el estudio que a este respecto se realiza en la primera entrega de esta guía, “Ejemplo 0 vivienda unifamiliar mínima”.

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica | Demanda

Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	0,51	Valores límite 0,56	CUMPLE
Control solar, q_{sol} [kWh/m².mes]	1,25	2,00	CUMPLE
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n₅₀ [1/h]	6,29	6,00	NO CUMPLE
Compacidad [m ³ /m ²]	1,42		
Superficie útil de cálculo, A _{útil} [m ²]	143,49		
Superficie de cerramientos opacos, A _{opacos} [m ²]	323,83		
Superficie de huecos, A _{huecos} [m ²]	51,84		
Longitud de puentes térmicos, L _{pt} [m]	250,94		

Detalle por componentes:

Huecos | Opacos | Puentes Térmicos | Espacios

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m ²]	U [W/m ² K]	Orientación	% Marco	g _{gl} [W/m ² K]	g _{gl} [W/m ² K]	F _{sh} [obst]	Ganancia _{jul} [kWh/m ²]
1	P03_E02_PE002_V	VENTANA NORTE	3,15	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,85	3,16
2	P03_E02_PE006_V	PUERTA DE ACCESO	2,33	2,20	N	100,00	0,75	1,00	0,77	0,00
3	P03_E02_PE012_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,27	1,13	O	25,00	0,58	0,08	0,36	2,85
4	P03_E02_PE014_V	VENTANA TIPO SUR Y	14,07	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,88	4,92
5	P04_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,26	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,83	3,09
6	P04_E01_PE006_V	VENTANA NORTE	5,33	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,88	3,29
7	P04_E01_PE009_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,55	3,06
8	P04_E01_PE011_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,15	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,29	1,64
9	P05_E01_PE003_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,53	2,95

Resultados obtenidos de la Herramienta HULC con esta opción.

- Existe una última vía de mejora en este apartado, y es la posibilidad de realizar el cálculo de [K] de manera completa y no simplificada, considerando por tanto, los factores de ajuste reales b_{tr,x} (según el DA DB-HE/1 *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*) para los elementos en contacto con otros espacios adyacentes exteriores como son el bajocubierta o la cámara sanitaria en planta baja. En el apartado 2.1.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables del citado documento se desarrolla el método de cálculo de la transmitancia U [W/m².K] de los diferentes casos de particiones interiores en contacto con un espacio no habitable que a su vez esté en contacto con el exterior.

En la entrega inicial de esta Guía, en la “ficha 0: vivienda mínima”, se desarrollan varios ejemplos de cálculo de este tipo de elementos en el apartado de ayudas.

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 habitables incluidos dentro de la envolvente térmica (A_{util}).

En el caso de edificios nuevos como el de nuestro ejemplo, el parámetro de control solar ($q_{sol;jul}$) calculado, 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 (julio). Estos valores los podemos obtener a través de la simulación mediante HULC o aproximarlos mediante los valores de referencia de las tablas 20 y 21 del apartado "2.3 Irradiación solar media acumulada en el mes de julio" del DA DB-HE/1 *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.
2. Las obstrucciones y protecciones fijas y móviles de las que dispone cada hueco y que limitan el acceso de la radiación solar al interior del edificio durante el período que queremos analizar. Es decir, la transmitancia de energía solar de los huecos. Para ello necesitamos a su vez disponer de los siguientes datos:
 - La transmitancia solar del vidrio (dependerá de la composición y propiedades 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 de los huecos de la envolvente.

El método de cálculo detallado de estos parámetros lo podemos consultar también en el DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Para justificar el cumplimiento de este requisito se desarrolla más adelante una tabla detallada. En esta tabla se emplea 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 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 debido 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 la presencia de ningún elemento vegetal de protección exterior en el entorno del edificio.

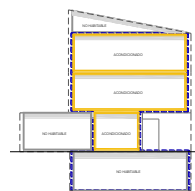
Como protección móvil de los huecos de nuestro ejemplo, se utiliza el recurso más habitual en edificios de uso residencial privado de estas características y que es la incorporación de persianas por el exterior. En este caso se han considerado de color oscuro (gris oscuro) al igual que las carpinterías previstas en los huecos. Para obtener el valor del $g_{gl;sh,wi}$ que se utilizará en el cálculo, recurrimos a 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.* La selección de dicho valor se hace en función de la protección móvil prevista, el tipo de vidrio del hueco, la disposición de la protección (por el interior o exterior) y su color. En nuestro caso, persianas oscuras por el exterior, este valor es de 0,08 y se muestra su selección en la siguiente imagen de la tabla de referencia:

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)				Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)			
$T_{e,B}$	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

Los cálculos del factor de sombra del hueco por obstáculos externos ($F_{gl;sh,obst}$) y la radiación solar global en el plano del vidrio sin obstáculos ($KW \cdot h/m^2$) se obtienen a través de la simulación de HULC. Las ganancias son parámetros que conviene calcular mediante simulación térmica. Los valores de la radiación solar global en el plano del vidrio sin obstáculos se han obtenido del archivo

$Ky_{GananciasSolares.txt}$ que genera HULC en el cálculo. Como ya se ha dicho, estos valores se pueden obtener también de las tablas 20 y 21 del apartado "2.3 Irradiación solar media acumulada en el mes de julio" del DA DB-HE/1 *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

A continuación, se incluye la tabla de comprobación del cumplimiento de este requisito:



CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE $q_{sol;jul}$

Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4. completa y P.5 completa
N.H.: Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajocubierta
Envolvente térmica según esquema

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	Sup. HUECO (m²)	Fracción de marco en tanto por uno	Superficie vidrio	$g_{gl;wi}$	$F_{gl;sh,obst}$	$g_{gl;sh,wi}$	Radiación acumulada plano vidrio $H_{sol;jul}$ (KWh/m²)	Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh)
---------------------	-------------	-------------	-----------------	------------------------------------	-------------------	-------------	------------------	----------------	---	---

PLANTA SÓTANO P01

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

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

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P02

La planta 02 correspondiente al nivel de cámara sanitaria no pertenece al interior de la envolvente térmica.

TOTALES PLANTA 02										0,00
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------

PLANTA BAJA. P03

H3-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	3,15	0,25	2,36	0,65	0,85	0,08	62,07	9,97
H3-N3	PUERTA ACCESO NORTE	NORTE	2,33	1,00	0,00	0,75	0,77	1	62,07	0,00
H3-O3	VENTANA TIPO SUR	OESTE	3,27	0,25	2,45	0,58	0,36	0,08	131,11	9,26
H3-S3	VENTANA TIPO SUR	SUR	14,07	0,25	10,55	0,58	0,88	0,08	93,34	69,34

TOTALES PLANTA 03			22,82		15,37					88,57
-------------------	--	--	-------	--	-------	--	--	--	--	-------

PLANTA PRIMERA. P04

H4-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	1,26	0,25	0,95	0,58	0,83	0,08	62,07	3,89
H4-N2	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	5,33	0,25	3,99	0,58	0,88	0,08	62,07	17,45
H4-S1	VENTANA TIPO SUR	SUR	8,20	0,25	6,15	0,58	0,55	0,08	93,34	25,26
H4-S2	VENTANA TIPO SUR	SUR	3,15	0,25	2,36	0,58	0,29	0,08	93,34	5,12

TOTALES PLANTA 04			17,94		13,45					51,72
-------------------	--	--	-------	--	-------	--	--	--	--	-------

PLANTA ÁTICO. P05

H5-S1	VENTANA TIPO SUR	SUR	8,20	0,25	6,15	0,58	0,53	0,08	93,34	24,34
H5-E1	VENTANA TIPO SUR (*)	ESTE	2,88	0,25	2,16	0,58	0,71	0,08	121,23	14,88

TOTALES PLANTA 05			11,08		8,31					39,22
-------------------	--	--	-------	--	------	--	--	--	--	-------

PLANTA BAJOCUBIERTA. P06

La planta 02 correspondiente al nivel bajocubierta no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

TOTALES PLANTA 06										0,00
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------

TOTALES EDIFICIO			51,84		37,13					179,52
------------------	--	--	-------	--	-------	--	--	--	--	--------

DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m²) 143,49

COMPROBACIÓN $q_{sol;j}$

CÁLCULO

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

$$q_{sol} = 179,52 / 143,49 = 1,2510$$

(*)

Este hueco se trata de una puerta pero a efectos de cálculo se ha considerado con la permeabilidad de una ventana por suponerse marco estanco en todo el perímetro.

$q_{sol;jul}$ EDIFICIO	$q_{sol;jul,lim}$ CTE	Cumplimiento Valores límite
1,25	2,00	CUMPLE

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 paso del 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.

Hemos de garantizar, por tanto, la estanqueidad suficiente al paso del aire en la envolvente térmica del edificio, tanto en la parte hueca de sus cerramientos como en la parte opaca. 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 **C**

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

La permeabilidad de todos los huecos pertenecientes a 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 (≤9m³/h·m²) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Sobre la tabla se sombrea la columna correspondiente a la zona climática de invierno ("C") en la que se sitúa el edificio. Los valores considerados en nuestro caso de estudio se corresponden en todos los huecos con una clase de estanqueidad 3 y límite de permeabilidad según ensayo normalizado de 9 m³/h·m².

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

DESCRIPCIÓN HUECOS	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
Ventanas tipo NORTE	Clase 3	9	≤ 9	CUMPLE
Ventanas tipo SUR y RESTO	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 de “aire interior” o volumen “útil” tal y como se ha definido en el apartado INTRO de esta sección del cumplimiento de la HE 1. En el ámbito de este DB HE 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 que debemos cumplir dependen de la compacidad del edificio. Dicha compacidad ya se ha calculado para nuestro edificio en los apartados anteriores y es de 1,56. Al ser menor que 2, el valor límite que se ha de cumplir del [n₅₀] será 6.

En cuanto a la superficie útil del edificio como requisito para la aplicación o no de este indicador, en nuestro caso es de 143,52 m² > 120 m² y por tanto, es de aplicación su cumplimiento.

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

1. 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.
2. 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:

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

donde:

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

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

C_o coeficiente de caudal de aire de la parte opaca de la E.T., expresada a 100 Pa, en [m³/h·m²], obtenido de la tabla a-Anejo H. (16 m³/h·m² para edificios nuevos o existentes con permeabilidad mejorada y 29 m³/h·m² para edificios existentes)

A_o (*) es la superficie de la parte opaca de la envolvente térmica, en [m²];

C_h es la permeabilidad de los huecos de la envolvente térmica, expresada a 100 Pa, en [m³/h·m²], según su valor de ensayo;

A_h es la superficie de los huecos de la envolvente térmica, en [m²].

(*) El área de opacos está referida a la superficie de intercambio de aire con el exterior, por lo que, a diferencia del cálculo de K, tampoco se incluyen aquí las superficies en contacto con el terreno, y solamente se consideran las que están en contacto con el aire exterior.

En la siguiente tabla, se recogen todos los parámetros necesarios para el cálculo de este indicador.



RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE A 50 Pa [n₅₀]

Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4 completa y P.5 completa
N.H. Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajo cubierta
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los
contactos de la envolvente
térmica con el AIRE EXTERIOR



CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA										CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE INTERIOR					
Código del elemento	Tipo de Contacto	Detalle	¿es a ET? es ET=1 es ET=0	Contacto EXTERIOR SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. VENTANA (m²)	Sup. PUERTA (m²)	Permeabilidad UNITARIA A m³/h·m²	Permeabilidad TOTAL m³/h	ESPACIO	TIPO DE ESPACIO	¿es a ET? es ET=1 es ET=0	Sup. Planta dentro ET (m²)	Altura libre planta (m)	Volumen "aire interior" a ET (m³)
PLANTA SÓTANO P01										P01 E01	NH	1	26,07	2,485	64,784
M1.N1	TERRENO	M. SÓTANO	1	0	-	-	-	-	-						
M1.N2	TERRENO	M. SÓTANO	1	0	-	-	-	-	-						
M1.N3	TERRENO	M. SÓTANO	1	0	-	-	-	-	-						
M1.N4	TERRENO	M. SÓTANO	1	0	-	-	-	-	-						
S1.1	TERRENO	SUELO	1	0	-	-	-	-	-						
F1-3.1	EXTERIOR	TECHO	1	1	10,06	-	-	16	160,96						
F1-3.2	NH	TECHO	1	0	-	-	-	-	-						
TOTALES PLANTA 01					10,06	0,00	0,00	160,96					26,07		64,78
PLANTA CÁMARA SANITARIA. P02										TOTALES PLANTA 02					
La planta 02 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.					0,00	0,00	0,00	0,00					0,00		0,00
PLANTA BAJA. P03										P03 E02	ACOND	1	49,72	2,68	133,247
M3.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	8,22	-	-	16	131,52						
H3.N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,15	-	9,00	28,35						
M3.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3,14	-	-	16,00	50,24						
M3.N3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,06	-	-	16	16,96						
H3.N3	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	2,33	-	60,00	139,80						
M3.N4	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.N5	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.O2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	10,36	-	-	16,00	165,76						
M3.O3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	6,30	-	-	16	100,80						
H3.O3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,27	-	9	29,43						
M3.S3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	2,42	-	-	16	38,72						
H3.S3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	14,07	-	9	126,63						
M3.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,58	-	-	16	153,23						
M3.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M3.E4	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
F3.2	NH	SUELO	1	0	-	-	-	-	-						
TOTALES PLANTA 03					41,08	20,49	2,33	981,44					49,72		133,25
PLANTA PRIMERA. P04										P04 E01	ACOND	1	67,70	2,405	162,83
M4.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	5,90	-	-	16	94,45						
H4.N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,26	-	9,00	11,34						
M4.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	12,85	-	-	16	205,59						
H4.N2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	5,33	-	9,00	47,93						
M4.O1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M4.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	14,02	-	-	16	224,28						
H4.S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	8,20	-	9,00	73,80						
H4.S2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,15	-	9,00	28,35						
M4.E1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
M4.E2	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-	-	-						
F3-4.1	EXTERIOR	SUELO	1	1	1,65	-	-	16	26,40						
F3-4.2	OTRO ESPAC.	SUELO	1	0	-	-	-	-	-						
F3-4.3	EXTERIOR	SUELO	1	1	10,06	-	-	16	160,96						
C4-5	EXTERIOR	CUBIERTA	1	1	41,64	-	-	16	666,24						
TOTALES PLANTA 04					86,12	17,94	0,00	1539,33					67,70		162,83
PLANTA ÁTICO. P05										P05 E01	ACOND	1	26,07	2,505	65,305
M5.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,438	-	-	16	151,01						
M5.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	22,59	-	-	16	361,50						
M5.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,24	-	-	16	19,81						
H5.S1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	8,2	-	9,00	73,80						
M5.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	19,71	-	-	16	315,39						
H5.E1	EXTERIOR	VENTANA (*)	1	1	-	2,882	-	9,00	25,94						
C5-6	NH	TECHO	1	0	-	-	-	-	-						
TOTALES PLANTA 05					52,98	11,08	0,00	947,45					26,07		65,31
TOTALES EDIFICIO					190,24	49,51	2,33	3629,18					169,56		426,16

DATOS PREVIOS

Tabla A-4 Anexo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica. Co (m³/h·m²) (100 Pa)

Tipo de edificio	C ₀
Nuevo o existente con permeabilidad mejorada	16
Existente	29

COMPACIDAD

1,55

Permeabilidad al aire prevista en huecos. (m³/h·m²). 100 Pa

Clase de carpintería

C_h

CLASE 3

9

PUERTAS

60

COMPROBACIÓN n₅₀

n ₅₀ EDIFICIO	n ₅₀ Límite	Cumplimiento Valores límite
5,4	6,00	CUMPLE

$$n_{50} = 0,629 \cdot (C_0 + A_o + C_h \cdot A_h) / V$$

$$n_{50} = 0,629 \cdot (16 \cdot 190,24 + 9 \cdot 49,51 + 60 \cdot 2,33) / 426,16 = 5,3566$$

(*)

Este hueco es en realidad la puerta de acceso a la azotea. A efectos de cálculo se ha considerado con la permeabilidad de una ventana (se le supone marco estanco en todo el perímetro).

Consideraciones respecto al cumplimiento de esta configuración

Como se puede ver, cumplimos el valor límite, aunque no con mucho margen. Conviene hacer aquí algunas reflexiones:

- En primer lugar, hay que indicar que la incorporación del sótano dentro de la envolvente térmica no tiene ningún efecto sobre el valor final calculado, pues todos sus cerramientos están en contacto principalmente con el terreno y una pequeña parte con la cámara sanitaria contigua. Recordemos una vez más, que solo se consideran en el cálculo los que están en contacto con el aire exterior. Esa medida en cambio sí ha tenido un efecto beneficioso sobre el valor de [K] pues aporta una gran superficie de opacos (baja transmitancia) y ningún hueco (alta transmitancia).
- Por el contrario, si decidiéramos por razones constructivas, por ejemplo, incorporar el espacio técnico del bajocubierta dentro de la envolvente térmica, sí que tendría trascendencia. De hecho, haciendo la comprobación en el modelo de HULC, la superficie de cerramientos opacos que incorporaríamos en ese caso implicaría que el valor calculado del n_{50} pasaría a ser de 6,25 y dejaríamos de cumplir este requisito. Además, empeoramos el valor de K (ya no se cumpliría el valor límite) dado que estos cerramientos no estaban previstos como elementos de la envolvente térmica por lo que sus transmitancias habrían de ser mejoradas.

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica | Demanda |

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	0,61	0,56	NO CUMPLE
Control solar, q _{sol} [kWh/m².mes]	1,25	2,00	CUMPLE
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	6,25	6,00	NO CUMPLE
Compacidad [m³/m²]	1,42		
Superficie útil de cálculo, A _{útil} [m²]	143,49		
Superficie de cerramientos opacos, A _{opacos} [m²]	323,83		
Superficie de huecos, A _{huecos} [m²]	51,84		
Longitud de puentes térmicos, L _{pt} [m]	250,94		

Detalle por componentes:

Huecos | Opacos | Puentes Térmicos | Espacios |

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g _{gl} wi	g _{gl} sh,wi	F _{sh} yobst	Ganancia _{jul} [kWh/m²]
1	P03_E02_PE002_V	VENTANA NORTE	3,15	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,85	3,16
2	P03_E02_PE006_V	PUERTA DE ACCESO	2,33	2,20	N	100,00	0,75	1,00	0,77	0,00
3	P03_E02_PE012_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,27	1,13	O	25,00	0,58	0,08	0,36	2,85
4	P03_E02_PE014_V	VENTANA TIPO SUR Y	14,07	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,88	4,92
5	P04_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,26	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,83	3,09
6	P04_E01_PE006_V	VENTANA NORTE	5,33	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,88	3,29
7	P04_E01_PE009_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,55	3,06
8	P04_E01_PE011_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,15	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,29	1,64
9	P05_E01_PE003_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,53	2,95

Como ya se explicaba en la primera entrega de esta guía *Ejemplos (I)*, los valores de permeabilidad exigibles a los huecos en las zonas climáticas de invierno C, D y E hacen que de cara al cumplimiento de este indicador y en estos climas, se comporten mejor los huecos que los cerramientos opacos a los que con el método de cálculo propuesto, se les supone una permeabilidad mayor. De hecho, si mejoramos la clase de carpinterías proyectadas de inicio (clase 3 y permeabilidad de 9 m³/h·m²) e incorporamos otras de clase 4, cuyo límite de permeabilidad es de 3 m³/h·m², los resultados mejoran notablemente. Esta opción se recoge en la siguiente imagen, una vez hecho el cálculo del modelo en HULC:

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

Demanda

Valores limite

Transmitancia térmica global, K [W/m²K]

0,54

0,56

CUMPLE

Control solar, q_soljul [kWh/m².mes]

1,25

2,00

CUMPLE

Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]

4,96

6,00

CUMPLE

Compacidad [m³/m²]

1,55

Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]

143,49

Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]

276,93

Superficie de huecos, Ahuecos [m²]

51,84

Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]

250,94

Detalle por componentes:

Huecos

Opacos

Puentes Térmicos

Espacios

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_glwi	g_glsh,wi	F_sh;obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P03_E02_PE002_V	VENTANA NORTE	3,15	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,85	3,16
2	P03_E02_PE006_V	PUERTA DE ACCESO	2,33	2,20	N	100,00	0,75	1,00	0,77	0,00
3	P03_E02_PE012_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,27	1,13	O	25,00	0,58	0,08	0,36	2,85
4	P03_E02_PE014_V	VENTANA TIPO SUR Y	14,07	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,88	4,92
5	P04_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,26	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,83	3,09
6	P04_E01_PE006_V	VENTANA NORTE	5,33	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,88	3,29
7	P04_E01_PE009_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,55	3,06
8	P04_E01_PE011_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,15	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,29	1,64
9	P05_E01_PE003_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,53	2,95

En estas nuevas condiciones, el valor del n₅₀ desciende a 4,96 con un mayor margen sobre el valor límite lo que haría posible incluso, el incorporar el espacio bajocubierta dentro de la envolvente térmica y mantener el cumplimiento de este indicador. Los datos obtenidos con la simulación en HULC son los siguientes:

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

Demanda

Valores límite

Transmitancia térmica global, K [W/m²K]

0,61

0,56

NO CUMPLE

Control solar, q_soljul [kWh/m².mes]

1,25

2,00

CUMPLE

Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]

5,83

6,00

CUMPLE

Compacidad [m³/m²]

1,42

Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]

143,49

Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]

323,83

Superficie de huecos, Ahuecos [m²]

51,84

Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]

250,94

Detalle por componentes:

Huecos

Opacos

Puentes Térmicos

Espacios

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_glwi	g_glsh,wi	F_sh;obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P03_E02_PE002_V	VENTANA NORTE	3,15	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,85	3,16
2	P03_E02_PE006_V	PUERTA DE ACCESO	2,33	2,20	N	100,00	0,75	1,00	0,77	0,00
3	P03_E02_PE012_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,27	1,13	O	25,00	0,58	0,08	0,36	2,85
4	P03_E02_PE014_V	VENTANA TIPO SUR Y	14,07	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,88	4,92
5	P04_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,26	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,83	3,09
6	P04_E01_PE006_V	VENTANA NORTE	5,33	1,13	N	25,00	0,65	0,08	0,88	3,29
7	P04_E01_PE009_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,55	3,06
8	P04_E01_PE011_V	VENTANA TIPO SUR Y	3,15	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,29	1,64
9	P05_E01_PE003_V	VENTANA TIPO SUR Y	8,20	1,13	S	25,00	0,58	0,08	0,53	2,95

Como ya se ha visto, seguiría siendo necesario en todo caso, mejorar las transmitancias de los componentes de la envolvente térmica de este espacio bajocubierta para obtener el cumplimiento del coeficiente de transmisión térmica global [K].

DESC

3. Limitación de descompensaciones

El edificio que estamos estudiando, forma parte de un conjunto de viviendas adosadas en hilera produciéndose, por tanto, contactos laterales entre ellas. Respecto a los cerramientos que separan unas viviendas de otras, en principio, se trata de particiones verticales que separan “unidad de uso”⁸, en este caso del mismo uso. No obstante, como estos cerramientos forman parte de la envolvente térmica que hemos definido para el edificio, los valores límite que han de cumplir son los de la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]*. Esta comprobación ya se ha realizado en el apartado correspondiente.

Si en la definición de la envolvente térmica se hubiera incluido más de una vivienda, las particiones que las dividen estarían sujetas al cumplimiento de valores límite de sus transmitancias que se recogen en la tabla 3.2-HE1, en función del uso asignado a las distintas unidades de uso que delimiten. Se reproduce a continuación dicha tabla sombreando en ella los valores límite que se tendrían que aplicar en la zona climática “C” de invierno.

TIPO DE CERRAMIENTO		α	A	B	C	D	E
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00
Entre unidades de distinto uso	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70
Entre unidades de uso y zonas comunes							

Tabla 3.2 - HE1 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} [W/m²K]

⁸ Definición incluida en el Anejo A del CTE DB HE. Unidad de uso: 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.

**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 del 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.

Por otra parte, en la Sección 3 de AYUDAS del volumen (I) de esta guía, se desarrolla la comprobación completa para el MURO EXTERIOR del edificio de ese ejemplo.

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

Esta exigencia se desarrolla en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y a partir del próximo 1 de julio de 2021 entrará en vigor el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Respecto al documento en vigor, 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 refrigeración
- 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, para nuestro edificio, esta instalación no se describe en este apartado por no estar sujeta a ningún requisito dentro de la sección HE 3 del Documento Básico de Ahorro de Energía.

Aunque obvio, convendría reseñar en este punto, que la “no exigencia” de este apartado, no significa que no sea muy recomendable el control sobre el rendimiento y consumo de los equipos que componen esta instalación. Si bien el consumo en iluminación tiene mayor peso en edificios de uso terciario, cada vez es más importante su incidencia también en el residencial privado.

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, también en el uso residencial privado.

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 se refiere a nuestro caso, calculada la demanda según el procedimiento establecido en Anejo F Demanda de referencia de ACS, tenemos lo siguiente:

DEMANDA DE ACS

Programa de la vivienda

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	5
Necesidades de ACS	28 l/p·día
Demanda diaria de ACS	140 l/día

(*) En el anejo F (Tabla a) del DB HE, se fijan las ocupaciones mínimas en función del número de dormitorios. En este caso para 3 dormitorios la ocupación mínima sería de 4 ocupantes. No obstante, en nuestro ejemplo se ha optado por considerar una ocupación superior, en concreto, de 5 personas.

Respecto a la contribución mínima se dice lo siguiente:

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.

La contribución renovable en nuestro caso, al ser la demanda inferior a 5000 l/d, será como mínimo del 60% de la demanda total. En este sentido, faltaría por incorporar a la demanda de este servicio las pérdidas debidas a la acumulación, la distribución, y la recirculación si fuera exigible (cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea ≥ 15 m). Para los cálculos realizados hemos estimado unas pérdidas de un 10% de la demanda inicial debidas a distribución y recirculación. Las pérdidas producidas en la acumulación las calcularemos posteriormente en función del volumen del depósito y sus características. En consecuencia, la demanda total de ACS será la siguiente:

DEMANDA DE ACS

Programa de la vivienda

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	5
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	140 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	14 l/día
---	----------

Total Demanda de ACS	154 l/día
-----------------------------	------------------

En el edificio ejemplo la fuente renovable elegida es la solar térmica, sus características se han descrito en la ficha del apartado dedicado a los sistemas del edificio y se reproduce a continuación:

PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE ACS

Sistema de producción convencional mediante caldera compartida con el sistema de calefacción. La contribución renovable mediante colectores solares planos y preparación final instantánea en la caldera.

PRODUCCIÓN SISTEMA CONVENCIONAL

Características de la caldera

Caldera individual de condensación modulante
Potencia térmica: 25 KW
Combustible empleado: gas natural
Rendimiento a carga parcial: 109 %

Preparación y distribución

Tipo de preparación final: Instantánea
Tª de distribución: 50 °C
Tª de utilización: 45 °C

SIST. DE APOYO MEDIANTE RENOVABLES

Colector solar plano de las siguientes características:

Superficie instalada: 1,3 m²
Angulo de inclinación: 15 °

Ecuación de rendimiento del colector empleado, solo curva lineal y prescindiendo de la curva de segundo nivel (cuadrática)

$$\eta = 0,75 - 3,706 \cdot \frac{T_m - T_a}{I_s}$$

Acumulación en circuito solar: 150 litros
Área de la envolvente de depósito: 1,82 m²
U de la envolvente del depósito: 0,50 W/m²·K
C. pérdidas en acumulador (U-A): 0,91 W/°C

DEMANDA DE ACS

Programa de la vivienda

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	5
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	140 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	14 l/día
---	----------

Total Demanda de ACS	154 l/día
-----------------------------	------------------

(*) En el anejo F (Tabla a) del DB HE, se fijan las ocupaciones mínimas en función del número de dormitorios. En este caso para 3 dormitorios la ocupación mínima sería de 4 ocupantes. No obstante se ha optado en nuestro ejemplo por realizar los cálculos con una ocupación de 5 personas que se acerca más a la prevista en proyecto.

donde:

η rendimiento instantáneo del colector
 T_m temperatura media del agua en el colector (°C)
 T_a temperatura de cálculo del aire, (°C)
 I_s intensidad radiación solar incidente en colector (W/m²)

C. RENOV

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

A partir de la demanda diaria de ACS (154 l/día) calculada en el apartado anterior, la temperatura del agua fría para la altitud de proyecto y la temperatura de preparación (45°C en nuestro caso), se puede obtener la energía total anual necesaria para preparar el volumen de ACS que se demanda en el edificio. La altitud de proyecto (575 m) es muy similar a la altitud de referencia de Jaén capital (568 m) por lo que los valores mensuales de la temperatura del agua fría en la red pública se podrían tomar directamente de la *Tabla a-Anejo G. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C)*. Si la diferencia de altitud fuese sensiblemente diferente (puede ocurrir incluso dentro de un mismo término municipal) se debe aplicar el método de cálculo que figura en el Anejo G para localidades distintas de las de la “*tabla a*” y corregir la Tª del agua fría en función de la altitud real de proyecto. En nuestro caso, y pese a que esta diferencia es pequeña, mantenemos el cálculo de la temperatura personalizada para la altitud de proyecto con el fin de aplicar como ejemplo este método de cálculo.

Hay que recordar que, tal y como establece el Anejo F, *Demanda de referencia de ACS del DB-HE*, la demanda de referencia en l/d debe incluir la energía que se pierde debida a la acumulación, al transporte y a la recirculación y que, en cualquier caso, debe compensar el sistema. Como ya se ha explicado, y a falta de datos más precisos para el cálculo de las pérdidas debidas a distribución y recirculación, se ha fijado un porcentaje para estimar su valor, en nuestro caso hemos aplicado un 10 %. Las pérdidas producidas por la acumulación en el depósito las añadimos al final del proceso de forma independiente y de una manera algo más precisa.

Para ello, y partiendo de las características del depósito que figuran en la ficha de la instalación, estimamos las pérdidas que se producen mes a mes en el acumulador 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, el área (m²) de la envolvente del depósito y su [U] en W/m²·K (ambos figuran en la ficha), obtenemos el coeficiente de pérdidas (A·U), en nuestro caso:

$$\text{Coeficiente de pérdidas} = 1,82 \text{ m}^2 \cdot 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} = 0,91 \text{ W/K}$$

Este dato, es el que nos solicita HULC en la ficha del depósito cuando lo incorporemos como equipo que forma parte de la instalación.

Respecto al salto térmico, consideraremos una temperatura constante en el interior del depósito de 65°C y respecto a la temperatura exterior dependerá de la situación en la que se ubique. En nuestro caso, y partiendo del supuesto inicial, se prevé su colocación en el bajocubierta de uso técnico y que presenta al menos un frente prácticamente “abierto” por las grandes necesidades de ventilación. En consecuencia, hemos partido de la situación más desfavorable que es considerarlo expuesto a las condiciones exteriores. Tal y como figura en la tabla de la página siguiente, hemos tomado las

temperaturas medias mensuales en Jaén, y se han estimado las pérdidas medias mensuales. Debemos recordar que HULC realiza un cálculo más preciso basado en una simulación horaria anual, en consecuencia, habrá pequeñas diferencias en los resultados obtenidos en el cálculo manual y el de referencia en HULC.

Por último, tenemos que recordar que la demanda de referencia de ACS se establece para una temperatura de preparación de 60°C y en nuestro caso, tenemos un sistema previsto con temperaturas de preparación de 45°C, por lo que habrá que realizar una conversión de la demanda tal y como establece el artículo 3 del Anejo F para poder realizar correctamente los cálculos.

El 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:

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

Una vez obtenida la demanda total anual, se divide por la superficie útil de proyecto y obtenemos la demanda final necesaria en KW·h/m²·año. Como ayuda en 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 de la demanda de ACS para nuestro ejemplo es el siguiente:

PREPARACIÓN DE ACS						SUPERF. DE PROYECTO:		m ²		
						Vivienda unifamiliar adosada		143,50		
DEMANDA					I/día	ALTITUD				m
Demanda [D] inicial preparando a 45°C (*):					154	Capital de provincia				568
Demanda media [D] equiv. preparando a 60°C:					103,18	De proyecto en parcela				575
MES	nº días	Tª ambiente media mens. JAÉN Capital (°C) (**)	Tª agua fría JAÉN Capital (°C)	B	ΔZ (575m-568m)	Tª agua fría a 575 m.s.n.m. (°C)	V _{ACS} equiv. a 60°C (l/mes)	D _{ACS} mes (KW·h)	Perdidas Depósito ACS (KW·h)	TOTAL D _{ACS} mes (KW·h)
Enero	31	8,7	9,0	0,0066	7	8,9538	3371,15	200,13	38,12	238,25
Febrero	28	9,9	10,0	0,0066	7	9,9538	3019,59	175,75	33,69	209,45
Marzo	31	12	11,0	0,0066	7	10,9538	3313,95	189,03	35,88	224,91
Abril	30	14,3	13,0	0,0033	7	12,9769	3146,26	172,06	33,22	205,28
Mayo	31	18,5	16,0	0,0033	7	15,9769	3147,35	161,14	31,48	192,62
Junio	30	23,1	19,0	0,0033	7	18,9769	2930,71	139,82	27,45	167,28
Julio	31	27,2	21,0	0,0033	7	20,9769	2938,93	133,38	25,59	158,97
Agosto	31	27,1	21,0	0,0033	7	20,9769	2938,93	133,38	25,66	159,04
Septiembr	30	23,6	19,0	0,0033	7	18,9769	2930,71	139,82	27,13	166,95
Octubre	31	17,6	15,0	0,0066	7	14,9538	3184,30	166,82	32,09	198,91
Noviembri	30	12,2	12,0	0,0066	7	11,9538	3177,64	177,56	34,59	212,15
Diciembre	31	8,7	9,0	0,0066	7	8,9538	3371,15	200,13	38,12	238,25
Valores medios y totales:			14,58			14,55	37.470,68	1.989,04	383,03	2.372,07
Demanda [D] ACS:									16,53	KW·h/m ² ·año

(*) esta demanda incluye un 10% debido a pérdidas por distribución y recirculación

(**) Temperatura ambiente diaria media mensual (°C) para Jaén. Valores tomados de la Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica (edición v1.0. Madrid, abril de 2020) y a su vez extraídos de la Norma UNE 94003:2007

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

Por otro lado, nuestro sistema de abastecimiento de ACS se compone de una caldera de gas natural (que por tratarse de un combustible fósil no contribuye en nada a la demanda renovable) y de unos paneles solares térmicos que sí son producción 100% renovable y serán los que contribuyan a ese porcentaje de energía renovable para la demanda de ACS. El rendimiento de los colectores solares en

la conversión de demanda a energía final se considera implícitamente de 1.0, por lo que realizando el cálculo de la producción de los paneles tendremos directamente los valores de demanda renovable.

La producción obtenida en los colectores solares térmicos disponibles, con una superficie asignada por vivienda de 1,3 m² y en las condiciones de funcionamiento descritas anteriormente, es la siguiente:

PRODUCCIÓN EN COLECTORES SOLARES TÉRMICOS

MES	nº días	Superficie captación colectores (m ²)	E _{sol} Kw-h/m ² -día	E _{sol} Kw-h/m ² -mes	factor de inclinación (Fi)	E _{sol} CORREG Kw-h/m ² -mes	horas de sol /mes	I _s	T _m	T _a	η	E _{COL} (KW-h)
Enero	31	1,3	2,68	83,08	1,19	98,87	195	507,00	45	8,7	0,485	62,29
Febrero	28	1,3	3,57	99,96	1,15	114,95	167	688,35	45	9,9	0,561	83,84
Marzo	31	1,3	4,94	153,14	1,11	169,99	251	677,23	45	12,0	0,569	125,83
Abril	30	1,3	6,06	181,80	1,06	192,71	255	755,72	45	14,3	0,599	150,17
Mayo	31	1,3	6,86	212,66	1,03	219,04	360	608,44	45	18,5	0,589	167,60
Junio	30	1,3	7,95	238,50	1,01	240,89	360	669,13	45	23,1	0,629	196,88
Julio	31	1,3	8,12	251,72	1,03	259,27	397	653,08	45	27,2	0,649	218,74
Agosto	31	1,3	7,18	222,58	1,07	238,16	329	723,89	45	27,1	0,658	203,83
Septiembre	30	1,3	5,69	170,70	1,13	192,89	265	727,89	45	23,6	0,641	160,75
Octubre	31	1,3	3,95	122,45	1,19	145,72	155	940,10	45	17,6	0,642	121,61
Noviembre	30	1,3	2,82	84,60	1,23	104,06	232	448,53	45	12,2	0,479	64,80
Diciembre	31	1,3	2,29	70,99	1,22	86,61	176	492,09	45	8,7	0,477	53,66
TOTALES				1892,18		2063,14	3142				0,581	1610,01

Las fuentes de las que proceden los datos empleados en el cálculo son las siguientes:

E_{sol}: Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT disponible en la página de la AEMET

Horas de sol: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Factor de inclinación (Fi): Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura

T^a ambiente media (Ta): Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica (edición v1.0) en tabla con datos extraídos de la Norma UNE 94003:2007

Estos datos de producción de energía obtenidos en los colectores solares son los que incorporamos en la ficha de datos generales (en la pestaña de producción de energía). Activaremos la introducción de valores para la producción de energía térmica y los asignamos mes a mes de la siguiente forma:

Datos generales

Datos administrativos
Datos generales
Factores de Paso
Producción de Energía
Opciones generales del edificio
Imágenes y otros datos

Potencia eléctrica renovable instalada [kW] 0,00
Irradiación Solar Diaria media anual [kWh/m²-día] 0,00

Valores mensuales de la producción de Energía Eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 0,0 kWh)
☒ No existen datos mensuales

Valores mensuales de la producción de Energía Térmica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 1610,0 kWh)
☐ No existen datos mensuales

Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Solar Térmica ACS	Ninguno	62,29	83,84	125,83	150,17	167,60	196,88	218,74	203,83	160,75	121,61	64,80	53,66
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Teniendo en cuenta que la producción de energía en los colectores solares térmicos, a la hora de evaluar la contribución renovable, no puede ser superior al consumo del servicio de ACS, hemos de ajustar los valores de producción mensual con este criterio. Es decir, en los meses de verano que normalmente puede llegar a producirse mayor cantidad de energía que la demanda existente en ese mes, el exceso no puede computarse para realizar los cálculos de porcentaje. La producción no puede superar a la demanda y por tanto lo que no se pueda utilizar “se perderá” disipándola de la forma que proceda, o aprovechándola en otro servicio. En consecuencia, la producción de energía aprovechable para el servicio de ACS en colectores solares queda de la siguiente forma:

PRODUCCIÓN EN COLECTORES SOLARES TÉRMICOS				
MES	nº días	D _{ACS, mes} (KW·h)	E _{COL} (KW·h)	E _{COL} correg. Por consumo (KW·h)
Enero	31	238,25	62,29	62,29
Febrero	28	209,45	83,84	83,84
Marzo	31	224,91	125,83	125,83
Abril	30	205,28	150,17	150,17
Mayo	31	192,62	167,60	167,60
Junio	30	167,28	196,88	167,28
Julio	31	158,97	218,74	158,97
Agosto	31	159,04	203,83	159,04
Septiembre	30	166,95	160,75	160,75
Octubre	31	198,91	121,61	121,61
Noviembre	30	212,15	64,80	64,80
Diciembre	31	238,25	53,66	53,66
TOTALES	365	2.372,1	1.610,0	1475,84

Este ajuste lo realiza también HULC a partir de los datos que le hemos introducido de producción total en los colectores.

Por último, es necesario establecer cuál es la demanda que resulta satisfecha por la aportación de los colectores solares térmicos (100% renovable), se puede estimar dicha contribución renovable de la siguiente forma:

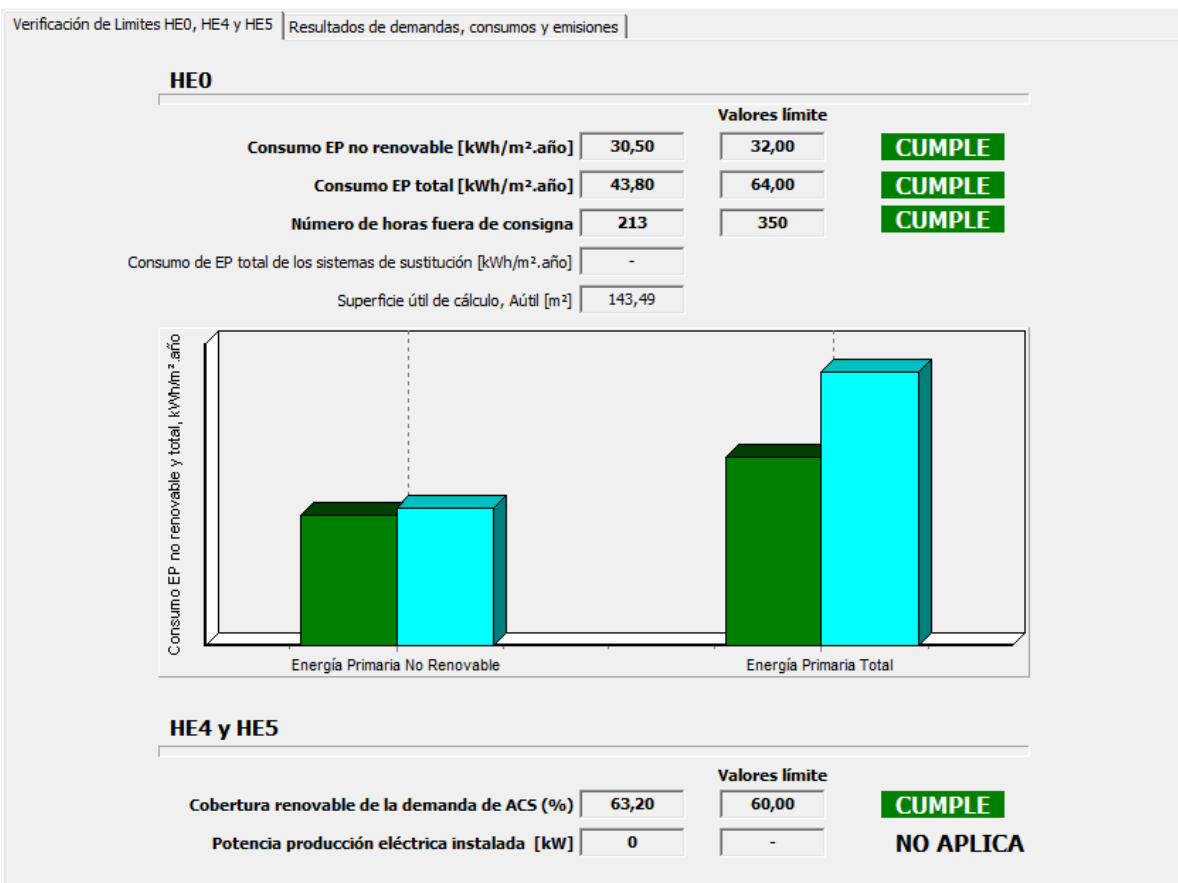
BALANCE DE LA CONTRIBUCIÓN RENOVABLE					
MES	nº días	D _{ACS, mes} (KW·h)	E _{COL} (KW·h)	E _{COL} correg. Por consumo (KW·h)	% CONTRIBU
Enero	31	238,25	62,29	62,29	26,14
Febrero	28	209,45	83,84	83,84	40,03
Marzo	31	224,91	125,83	125,83	55,95
Abril	30	205,28	150,17	150,17	73,16
Mayo	31	192,62	167,60	167,60	87,01
Junio	30	167,28	196,88	167,28	100,00
Julio	31	158,97	218,74	158,97	100,00
Agosto	31	159,04	203,83	159,04	100,00
Septiembre	30	166,95	160,75	160,75	96,29
Octubre	31	198,91	121,61	121,61	61,14
Noviembre	30	212,15	64,80	64,80	30,54
Diciembre	31	238,25	53,66	53,66	22,52
TOTALES	365	2.372,1	1.610,0	1475,84	62,22
CONTRIBUCIÓN MEDIA					62,22

Como ya se ha comentado, estos valores pueden variar ligeramente en función de algunos de los datos de partida que se han utilizado, especialmente en la consideración de las pérdidas del acumulador

puesto que HULC realiza una simulación horaria mientras que nuestra estimación ha sido más genérica y de carácter mensual. Los valores referidos a la radiación incidente sobre el plano horizontal se han tomado en este caso del Atlas de Radiación Solar en España, utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT disponible en la página de la AEMET.

Los valores que se obtienen de la simulación realizada con HULC son los siguientes:

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019



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 de 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 conforme a la metodología establecida en la UNE EN-ISO 52000:1, recurrimos a los valores obtenidos mediante simulación del modelo en HULC que incorpora el módulo de cálculo CteEPBD que implementa esa metodología. Estas simulaciones han sido contrastadas a lo largo de todo el proceso mediante la comprobación de los resultados obtenidos en los diferentes cálculos previos.

Hay que indicar además que los cálculos en HULC de este apartado, se han efectuado desactivando la pestaña de sistemas por defecto (Datos generales/opciones generales del edificio), con el fin de conocer las horas reales fuera de consigna que se producen con los equipos y potencias previstos inicialmente para el acondicionamiento de la vivienda

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/m ² ·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. En un edificio residencial como el nuestro en el que el tiempo de ocupación son las 8760 horas que tiene el año, los espacios acondicionados del edificio no pueden permanecer más de 350 horas fuera de las condiciones de confort establecidas.

RESUL
TADOS

5. Resultados

A continuación, se exponen los valores de consumo para cada uno de los servicios que demanda el edificio. La 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 paso⁹, 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.). Esto es válido para todos los servicios excepto para ACS.

⁹ 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.

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				
	Fuente	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

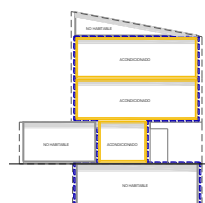
Tabla de factores de paso entre energía final y primaria según vectores energéticos.

(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: Valores aprobados en Comisión Permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de junio de 2013, actualizado al periodo considerado.

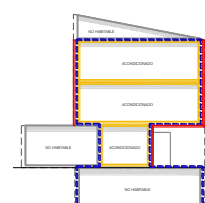
(**) Según cálculo del apartado 5 del documento reconocido que se cita en nota al pie de esta página.

(***) Basado en el informe "Welltotank Report, versión 4.0" del Joint Research Institute.

(****) Valores utilizados, a fecha de redacción del informe, en CALENER, CE3 y CEX según Documento reconocido "Escala de calificación energética para edificios existentes"



Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4. completa y P.5 completa
N.H.: Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajocubierta
Envolvente térmica según esquema



SERVICIO	VECTOR ENERGÉTICO	[D] KW·h/m²·año	Consumo E. Final KW·h/m²·año	factor de paso a E.P.T.	Consumo E. Prim. Total KW·h/m²·año	factor de paso a E.P.N.R.	Consumo E. P. NO RENOV. KW·h/m²·año	Consumo E. P. RENOV. KW·h/m²·año
CALEFACCIÓN	GAS NATURAL	9,19	7,60	1,195	9,08	1,19	9,04	0,04
REFRIGERACIÓN	ELECTRICIDAD	30,17	5,84	2,368	13,83	1,954	11,41	2,42
ACS	GAS NATURAL	16,77	18,35		19,86		9,22	10,64
VENTILACIÓN	ELECTRICIDAD	-	0,42	2,368	0,99	1,954	0,82	0,17
TOTALES			32,21		43,77		30,50	13,27

CUMPLIMIENTO HE0

CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²año)			CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m²año)			NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA		
Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento
30,50	32,00	CUMPLE	43,80	64,00	CUMPLE	213,00	350 (4% anual)	CUMPLE

C U M P L E

RESM

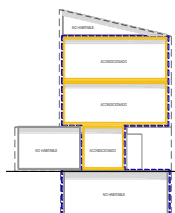
RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CADA SECCIÓN

1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios

A continuación, se resumen para cada exigencia el grado de cumplimiento de cada uno de sus requisitos y valores límite.

COMENT

1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios



Acondicionados: P.3 Salvo garaje, P.4. completa y P.5 completa
N.H.: Sótano, cámara sanitaria, garaje y bajocubierta
Envolvente térmica según esquema



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS		HE1			HE2	HE3	HE4	HE5	HE0		
		Indicador	Valor edificio	Valor límite	Indicador				Indicador	Valor edificio	Valor límite
Sup. opacos [m²]	276,93	U _{cerramientos} [W/m²K]			RITE (no se desarrolla en esta guía)	NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado)	Fracción renovable demanda ACS [%]	NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado)	Consumo EP no renovable [KWh/m²año]	30,50	32,00
		CUMPLEN TODOS							CUMPLE		
Sup. huecos [m²]	51,84	K _{global} [W/m²K]	0,55	0,56							
		CUMPLE									
Longitud ptes térmicos [m]	251,94	q _{sol} [KWh/m²mes]	1,25	2,00							
		CUMPLE									
Sup. ET [m²]	169,59	Q ₁₀₀ [m3/hm²]	9	≤ 9					Valor del edificio 62,22% 63,20% (HULC)		
		CUMPLE							Valor límite		
Sup. útil de cálculo [m²]	143,49	n ₅₀ [h ⁻¹]	5,4	6,00					60%		
		CUMPLE									
Volúmen ET [m³]	508,32	U _{particiones} [W/m²K]			CUMPLE			Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual)	213,00	350	
		CUMPLEN TODOS			CUMPLE						
Volumen de "aire interior" ε ET [m³]	426,23	Condensaciones									
		CUMPLEN TODOS									
Compacidad [m³/m²]	1,55	COMPLETO			COMPLETO			COMPLETO			

Como breve resumen general del estudio realizado de la configuración elegida para el edificio del ejemplo, se puede concluir lo siguiente:

- En cuanto al control de la demanda, HE 1, el cumplimiento de $[K]$ y la relación del cambio de aire a 50 Pa, $[n_{50}]$ están muy ligados a la compacidad y la proporción entre superficie opaca y de huecos de la envolvente. Para el valor de la transmitancia global resulta más favorable un mayor peso de la parte opaca pues de manera general, aporta un valor medio de transmitancia más favorable. En cambio, considerando la permeabilidad, la superficie de huecos pueden garantizar una mayor estanquidad que el valor admitido de coeficiente de caudal de aire a través de las superficies opacas. Entre ambos parámetros habrá que buscar un equilibrio a la hora de definir qué espacios no habitables se encuentran dentro y cuales fuera de la envolvente. En nuestro caso, y descartado el garaje, este equilibrio se consigue incorporando el espacio del sótano (sin huecos) pero no el del bajocubierta pues mejora el valor de $[K]$ pero sitúa fuera del cumplimiento el $[n_{50}]$.
- En cuanto al control solar de la envolvente térmica, si como es el caso se dispone de una protección exterior consistente en persianas convencionales, no se plantea problema en la obtención del cumplimiento.

AYUDA

SECCIÓN 3. AYUDAS

1 Levantamiento del modelo en HULC

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*.

A continuación, se describen los pasos más significativos para la construcción del modelo. No se trata de un manual detallado del procedimiento general, sino de la descripción de aquellos pasos que son más importantes o presentan alguna singularidad o complejidad especial para este edificio en concreto.

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 normalmente conocidos y que no requieren cálculos previos, salvo en lo que se refiere al caudal de ventilación que se ha de introducir en la pestaña de datos generales. En el apartado de sistemas figuran los caudales de cálculo previstos para esta instalación.

Datos generales

Datos administrativos | **Datos generales** | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Definición del caso

Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética

☒ Edificio NUEVO

☐ Edificio EXISTENTE: Ampliación

☐ Edificio EXISTENTE: Cambio de uso

Edificio EXISTENTE: Reforma

☐ > 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

☐ > 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

☐ > 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

☐ > 25% envolvente sin cambio de sistemas

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

☐ < 25% envolvente sin cambio de sistemas

Solo Certificación de Eficiencia Energética

☐ Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma: Andalucía

Provincia: Jaén

Localidad: Jaén

Altitud: 575,00 m

Zona climática: C4

☒ Peninsular ☐ Extrapeninsular

Tipo de edificio

☒ Vivienda unifamiliar

☐ Viviendas en bloque

☐ Una Vivienda de un bloque

☐ Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)

☐ Un local de un Edificio PMT

☐ Gran Edificio Terciario (GT)

☐ Un local de un Edificio GT

Ventilación del edificio residencial

Caudal de ventilación del edificio o vivienda [litros/s]: 36,00

Permeabilidad por defecto

Permeabilidad del edificio o vivienda actual, n50, [renh]: 0,00

☒ El edificio tiene una envolvente mejorada con baja permeabilidad al aire

Permeabilidad según ensayo

☐ Valor de permeabilidad mediante ensayo

Valores por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso: Residencial

Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla y pestaña 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. 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. Por último, hemos de asignar a cada componente de la envolvente y particiones, las soluciones constructivas que hemos creado. Esto lo haremos en el módulo de opciones.

Base de datos -

Opacos | Semitransparentes | Puentes térmicos

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTOS HORIZONTALES

Nombre: CUBIERTA PLANA EXT ACOND

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior):

Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo):

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Placa o baldosa de gres	0,010	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,040	0,550	1125	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,005	0,230	1100	1000	
4	Betún fieltro o lámina	0,005	0,230	1100	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,040	0,550	1125	1000	
6	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,040	0,034	38	1000	
7	FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado	0,300	0,256	750	1000	
8	Cámara de aire ligeramente ventilada					0,080
9	MW Lana mineral [0,031 W/(mK)]	0,050	0,031	40	1000	
10	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	

Grupo Material: Cerámicos

Material: Placa o baldosa de gres

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M: 0,22 [W/m²K]
U_C: 0,23 [W/m²K]
U_S: 0,22 [W/m²K]

Aceptar

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

MODL

3. Construcción del modelo

Consideraciones previas

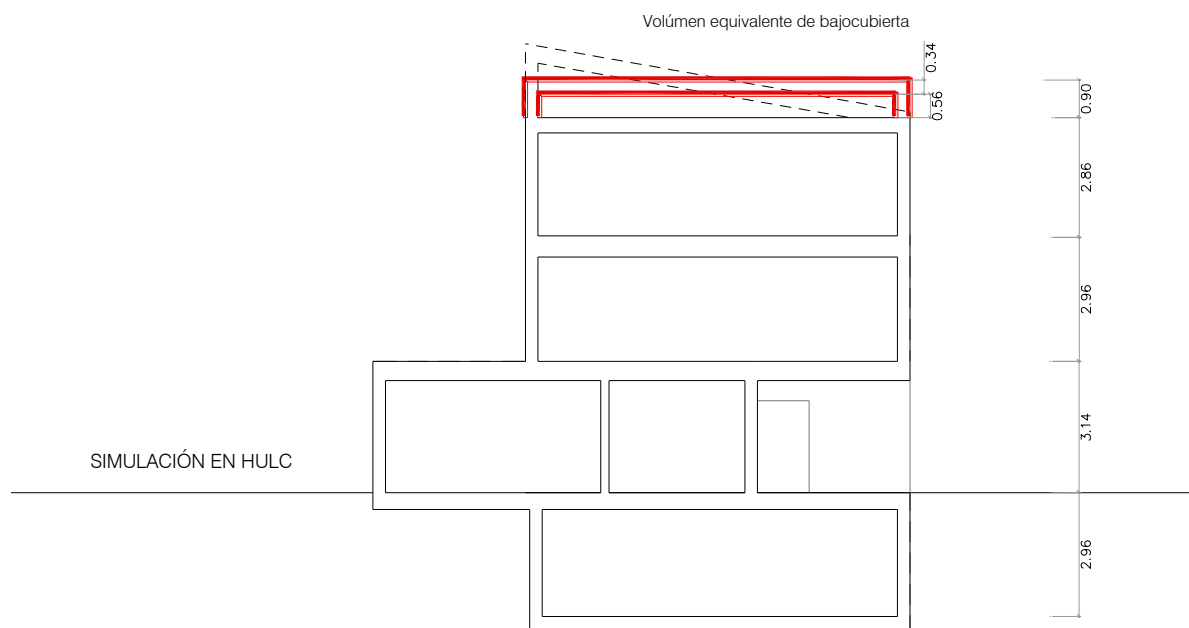
Es necesario explicar aquí algunas de las recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de levantar el modelo en HULC:

- Las plantas son muy sencillas y salvo la planta baja de acceso, 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 con los criterios ya conocidos e importarlas desde HULC generando los diferentes espacios en cada planta. Los esquemas de división de espacios que se han empleado son los siguientes:



- La altura de planta de la cámara sanitaria es de 0,96 m. Como el espesor del forjado de planta baja es de 0,485 m la altura libre de esa cámara sanitaria será de 0,475 m.
- La altura del sótano es de 2,96 por lo que descontando el espesor de forjado de la planta baja (0,475 m) resulta una altura libre de planta de 2,485 metros.
- La altura de planta baja es de 3,14 metros por lo que descontando el espesor de forjado de la planta primera (0,495 m) resulta una altura libre de planta de 2,645 metros.
- La altura de la planta primera es de 2,96 metros por lo que descontando el espesor de forjado de la planta bajocubierta (0,495 m) resulta una altura libre de planta de 2,465 metros.
- Para el espacio del bajocubierta donde los faldones son inclinados como es nuestro caso, debemos indicar al programa la altura equivalente de un prisma 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:



En lo que se refiere al levantamiento del modelo propiamente dicho se realiza importando planta a planta las polilíneas de cada uno de sus espacios, generando a continuación los suelos y los cerramientos verticales. A continuación, se reproducen los huecos y el resto de las condiciones geométricas descritas en el apartado de planos. De manera resumida los pasos a seguir serían por este orden los siguientes:

Planta sótano.

- P01 E01.

Se posiciona en la cota -2,96 y su altura es de 2,96 metros. Sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el terreno salvo un fragmento de uno de sus cerramientos laterales que se encuentra en contacto directo con la cámara sanitaria. Más adelante veremos cómo definir este encuentro entre sótano técnico y cámara sanitaria.

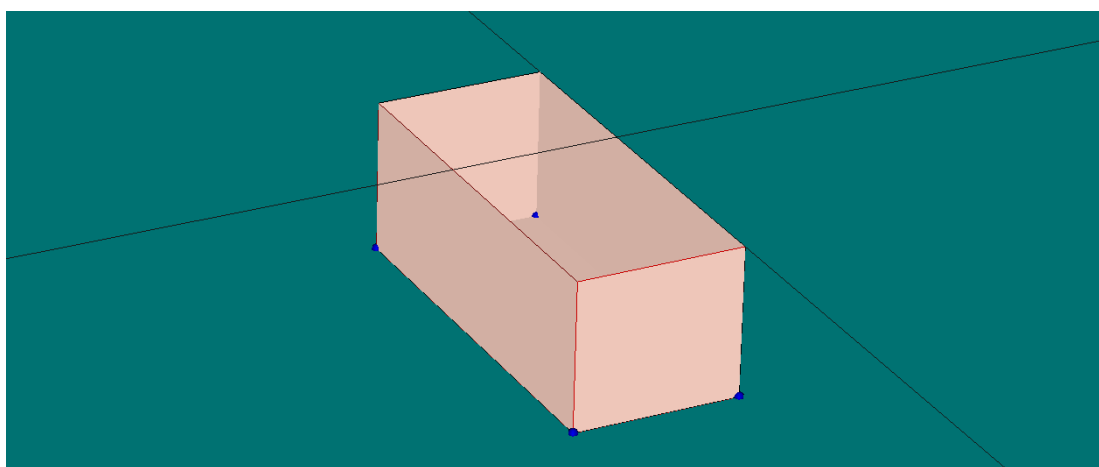


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano

Una vez hemos creado el sótano destinado a trastero y cuarto técnico, hay que tener la precaución de definirlo inmediatamente como espacio no habitable y perteneciente a la envolvente térmica. Esto lo haremos editando su espacio único, donde además definiremos el

nivel de estanqueidad previsto, en este caso 3, según los 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.*

Cámara sanitaria.

- P02 E01.

Se posiciona en la cota -0,96, la altura de planta es de 0,96 metros y sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el terreno y deberemos corregir el cerramiento lateral que está en contacto con la planta sótano convirtiéndolo en medianero. El único espacio de esta planta lo definiremos como espacio no habitable y fuera de la envolvente. El nivel de estanqueidad con el que se ha definido este espacio es de 4 también según los valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.* En este caso se trata de una cámara sanitaria con un nivel de ventilación elevado y permanente.

Debemos en primer lugar, levantar esta planta en la cota (-0,96) importando las polilíneas de su geometría e indicando "Ninguna" en la opción de planta anterior que nos solicita el programa. Crearemos el suelo en contacto con el terreno y al introducir la opción de crear muros, el programa levantará todos los cerramientos de la cámara como muros en contacto con el terreno, al igual que había ocurrido en la planta sótano.

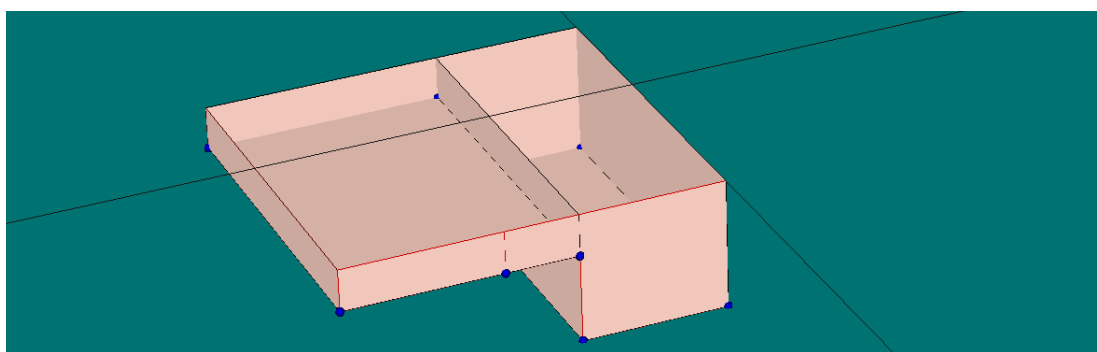


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano y cámara sanitaria

Para poder corregir el cerramiento medianero que divide la cámara sanitaria con la planta sótano, y que figura como en contacto con el terreno cuando se trata de un elemento medianero, debemos eliminar el cerramiento del sótano en contacto con la cámara sanitaria, para posteriormente, reconstruirlo manualmente de manera parcial. Este momento del proceso se recoge en la imagen siguiente:

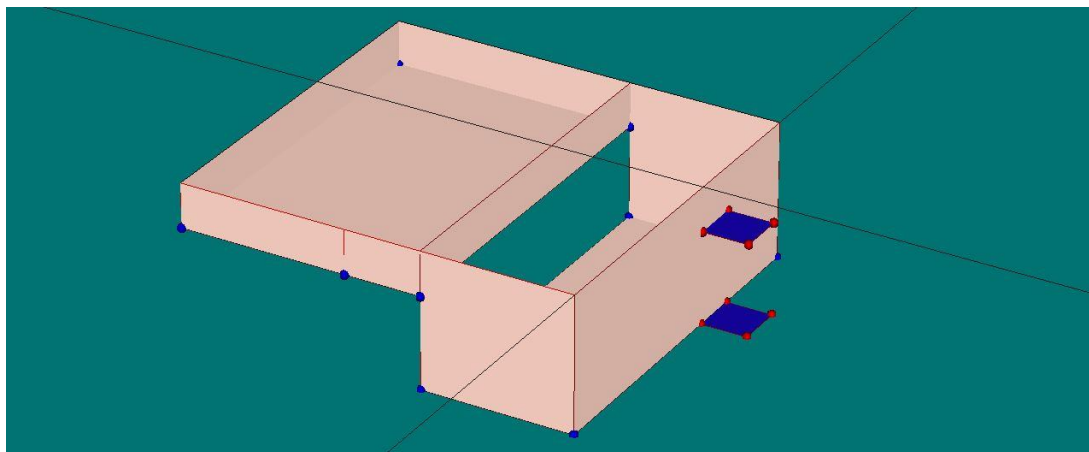


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano y cámara sanitaria

A continuación, cambiamos a la condición de medianera estándar el cerramiento de la cámara sanitaria en contacto con el sótano:

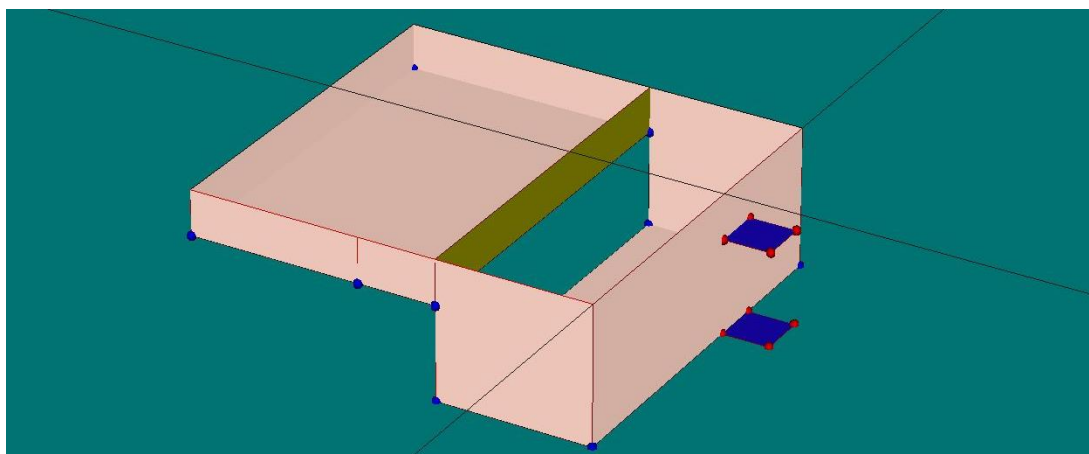


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano y cámara sanitaria

Por último, y apoyándonos en líneas auxiliares 3D (en este caso con origen y extremo en las cotas -2,96, -0,96), reconstruimos la parte del cerramiento del sótano que se encuentra en contacto con el terreno:

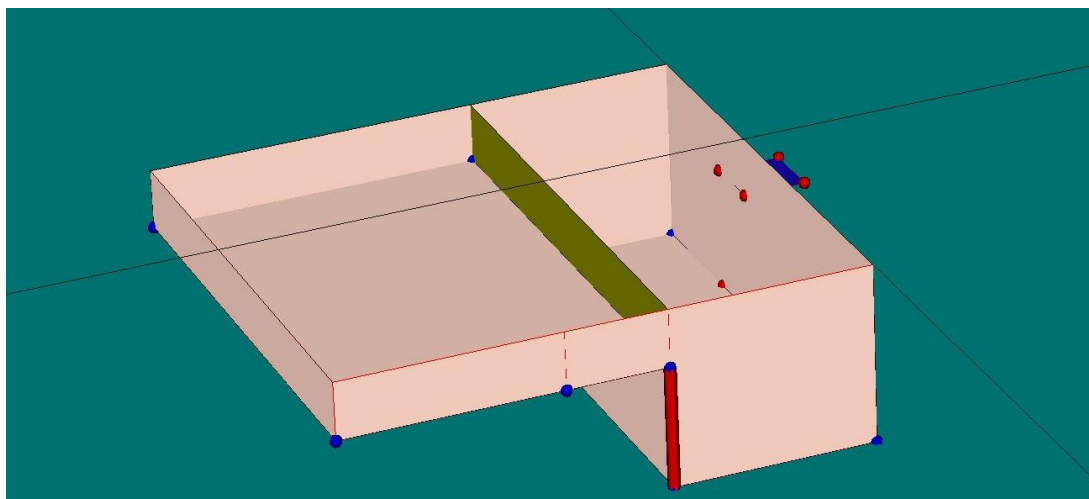


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano y cámara sanitaria

Planta baja.

- P03 E01 y P03 E02.

La planta baja se sitúa en la cota 0,00, su altura es de 3,14 metros y sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior, salvo en los paños de contacto lateral con las otras unidades de la hilera. Estos cerramientos los cambiaremos a la condición de medianeras adiabáticas cuando el uso sea idéntico en ambas caras el cerramiento. Si el uso es diferente en cada cara del cerramiento por ejemplo vivienda (acondicionado)/garaje (no habitable) lo definiremos como medianera estándar.

Esta planta consta de dos espacios; el primer espacio, *E01*, corresponde al garaje de la vivienda. Este espacio se definirá inmediatamente como espacio no habitable y fuera de la envolvente. El nivel de estanqueidad con el que se ha definido este espacio es 4 según valores de la tabla 8 del *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

El segundo espacio de la planta baja, el *E02*, corresponde el resto de los espacios habitables y acondicionados de la planta (salón, cocina, aseo, circulaciones y núcleo de escalera).

Conforme vayamos creando los cerramientos de fachada debemos definir el color de acabado que en este caso se trata de un blanco oscuro y de absortividad aproximadamente de 0,60.

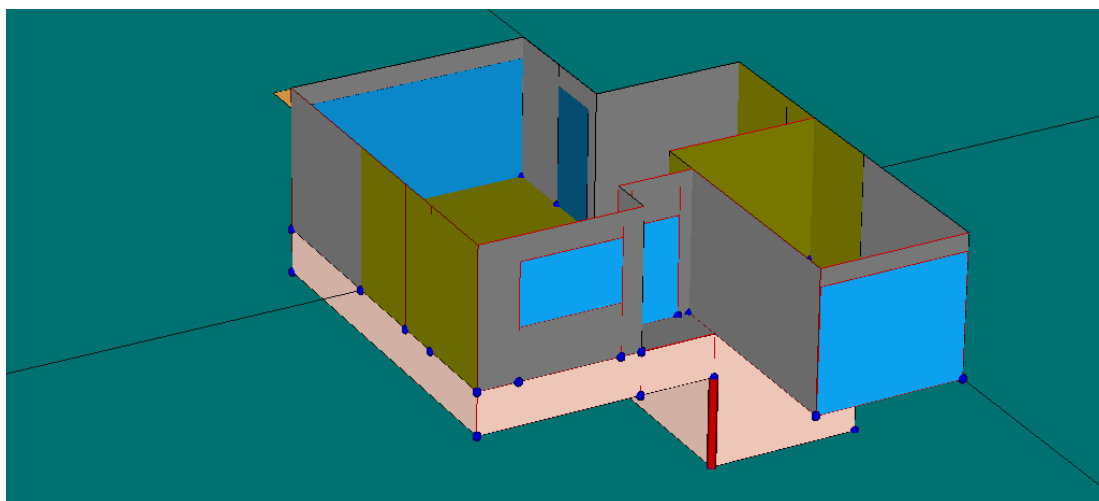


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta baja

El siguiente paso consistirá en la apertura de los huecos y la definición de sus protecciones solares. Los huecos los abrimos en la posición y con las dimensiones que figuran en los planos del modelo.

El hueco sur de la zona del salón de la vivienda dispone de protecciones laterales y voladizo en forma de visera rodeando los tres elementos el conjunto del hueco. Para reproducir esta geometría se pueden utilizar diferentes procedimientos, en este caso, para la visera, editaremos el hueco introducido y entraremos en el módulo de salientes y voladizos e introduciremos las dimensiones de dicho voladizo:

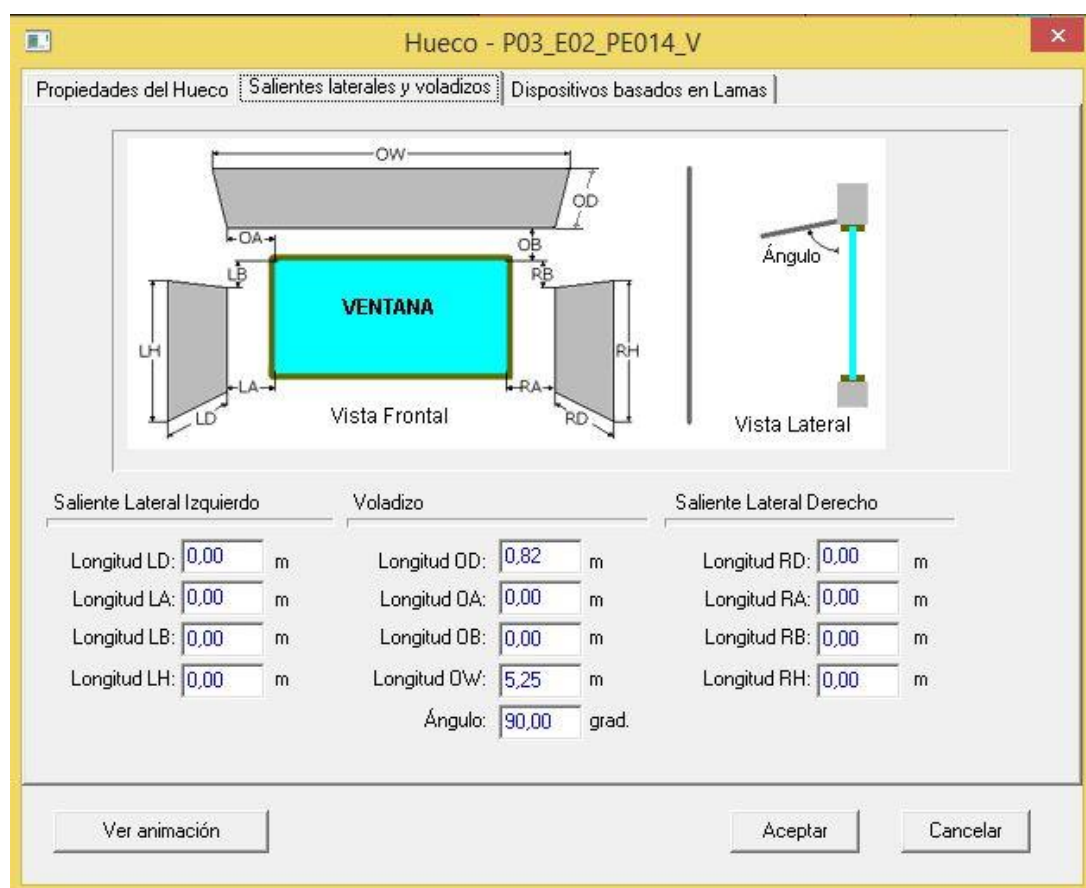
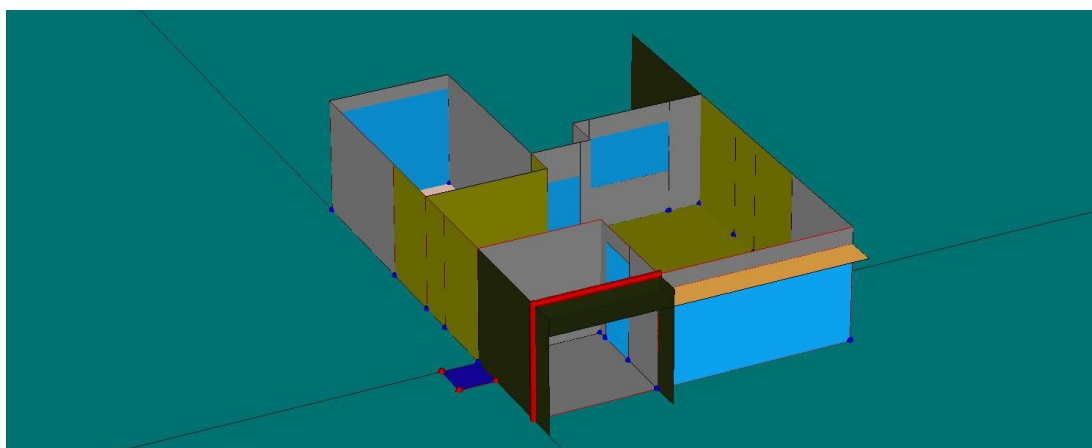


Imagen del módulo de salientes y voladizos con los datos de la visera del hueco sur en planta baja

Las protecciones laterales se han reproducido como elementos de sombra compartidos por un lado con la protección del acceso y por el otro lado incluido en la sombra remota de la vivienda adosada por ese lado (ver también imagen final del conjunto):



Planta primera.

- P04 E01.

Esta planta se posiciona en la cota +3,14, la altura de planta es de 2,96 metros, sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior salvo en las zonas correspondientes a las medianeras en contacto con las viviendas adosadas según se indica en los planos. Se aplica el mismo criterio descrito para la planta anterior.

Esta planta consta de un único espacio que se definirá como espacio habitable y acondicionado y corresponde a los dormitorios, aseos y circulaciones de la primera planta. Conforme vayamos creando los cerramientos de fachada debemos definir nuevamente el color de acabado que es idéntico que en la planta anterior: blanco oscuro.

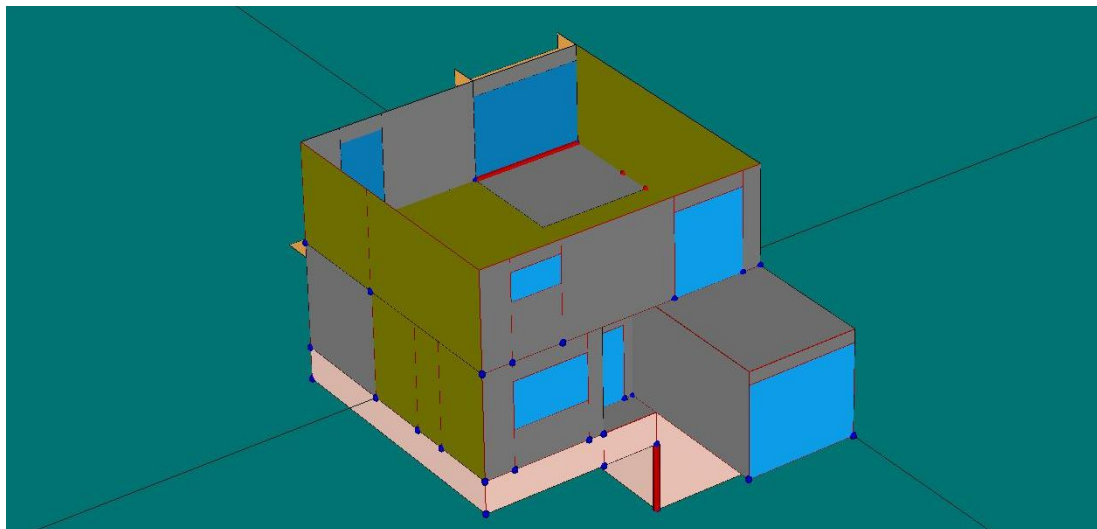


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta primera

Respecto a los huecos, el de mayor tamaño orientado a sur, dispone también de protecciones laterales y visera superior. En este caso, se han resuelto los tres elementos desde el módulo de salientes y protecciones laterales del hueco. Las dimensiones aplicadas son la siguientes:

Hueco - P04_E01_PE009_V

Propiedades del Hueco | Salientes laterales y voladizos | Dispositivos basados en Lamas

VENTANA

Vista Frontal: Diagram showing dimensions for the window and its side projections. Labels include OW (overhang), OD (overhang depth), OA (overhang offset), OB (overhang offset), LB (left side projection), LA (left side projection), RA (right side projection), RD (right side projection), LH (left side height), LD (left side depth), RH (right side height), and RD (right side depth).

Vista Lateral: Diagram showing the side view of the window and its side projection. Label includes Ángulo (angle).

Saliente Lateral Izquierdo		Voladizo		Saliente Lateral Derecho	
Longitud LD:	0,82 m	Longitud OD:	0,82 m	Longitud RD:	0,82 m
Longitud LA:	0,00 m	Longitud OA:	0,00 m	Longitud RA:	0,00 m
Longitud LB:	-0,46 m	Longitud OB:	0,00 m	Longitud RB:	-0,46 m
Longitud LH:	2,96 m	Longitud OW:	3,28 m	Longitud RH:	2,96 m
		Ángulo:	90,00 grad.		

Ver animación | Aceptar | Cancelar

Imagen del módulo de salientes y voladizos con los datos de las protecciones del hueco sur en planta primera

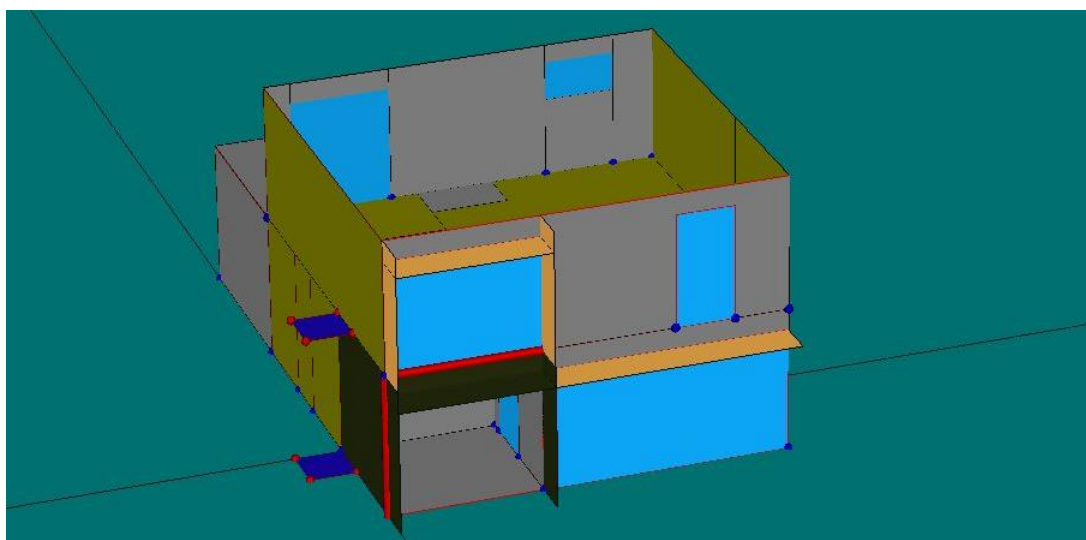


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta primera

Planta segunda.

- P05 E01.

La planta baja se posiciona en la cota +6,10, la altura de planta es de 2,86 metros y sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior en su totalidad.

Esta planta consta de un único espacio que se definirá como espacio habitable acondicionado y corresponde al salón estudio de la casa con acceso a la terraza en cubierta plana.

Conforme vayamos creando los cerramientos de fachada debemos definir el color de acabado blanco oscuro.

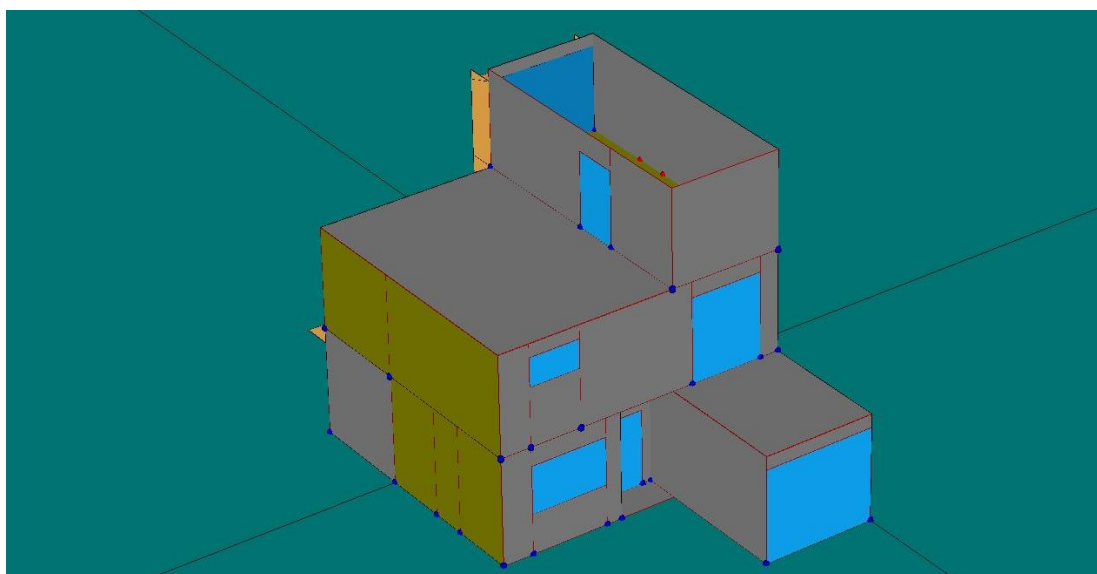


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta segunda

Respecto a los huecos, el orientado a sur, dispone también de protecciones laterales y visera superior y se resuelve igual que en la planta anterior. Las dimensiones de estas protecciones son la siguientes:

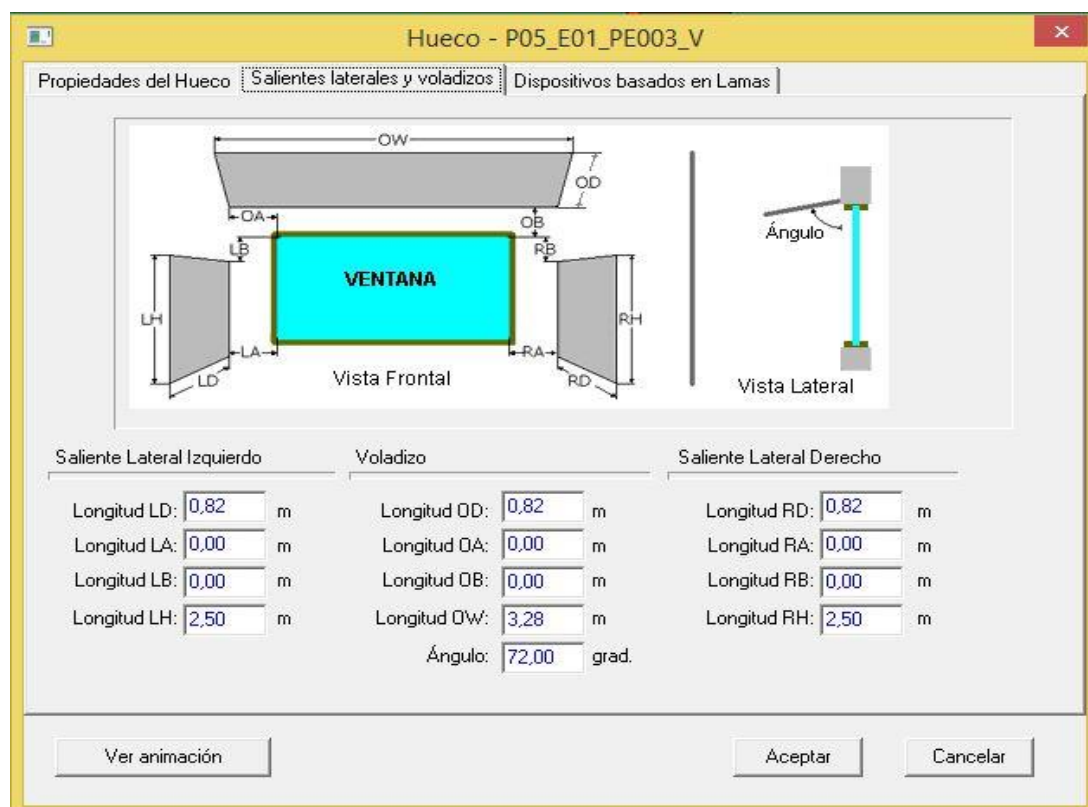


Imagen del módulo de salientes y voladizos con los datos de las protecciones del hueco sur en planta segunda

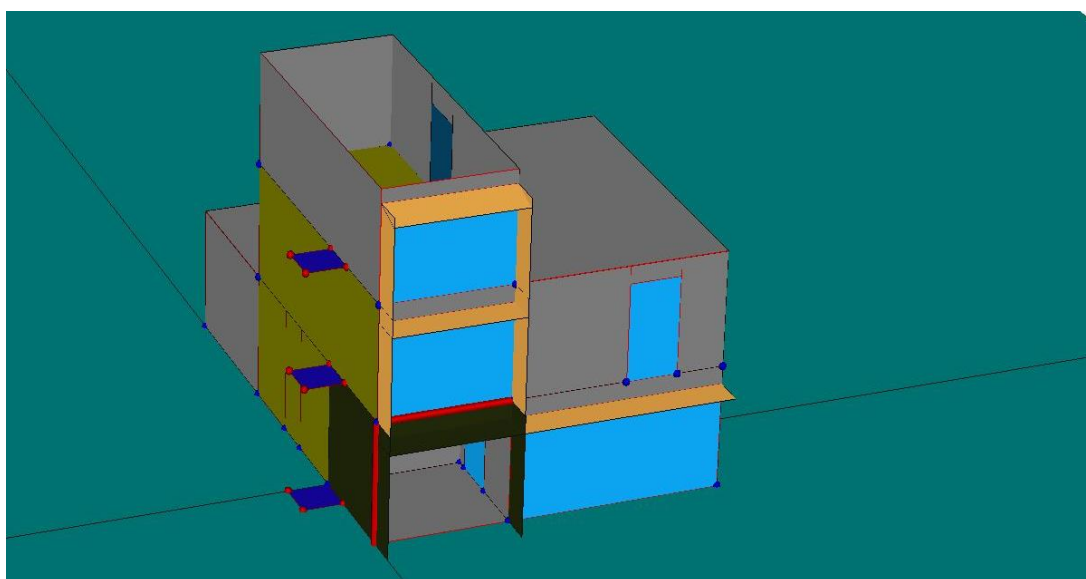


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta segunda

Planta bajocubierta.

- P06 E01.

Esta planta está constituida por el espacio técnico bajocubierta y se posiciona en la cota +8,96, sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior en su totalidad. La altura equivalente de la planta es de 0,90 m tal y como se ha descrito en el esquema anterior.

El nivel de estanqueidad con el que se ha definido este espacio es 5 según valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. En principio todo su

frente corto de mayor altura estaría constituido por una gran rejilla de apertura permanente, además de otras laterales que garantizan la ventilación cruzada suficiente para alojar las unidades exteriores de los equipos de refrigeración.

Para crear la cubierta inclinada de este espacio debemos insertar una línea auxiliar 3D en la cota perteneciente a la cumbrera de la cubierta. A continuación, iremos creando los cerramientos exteriores del perímetro.

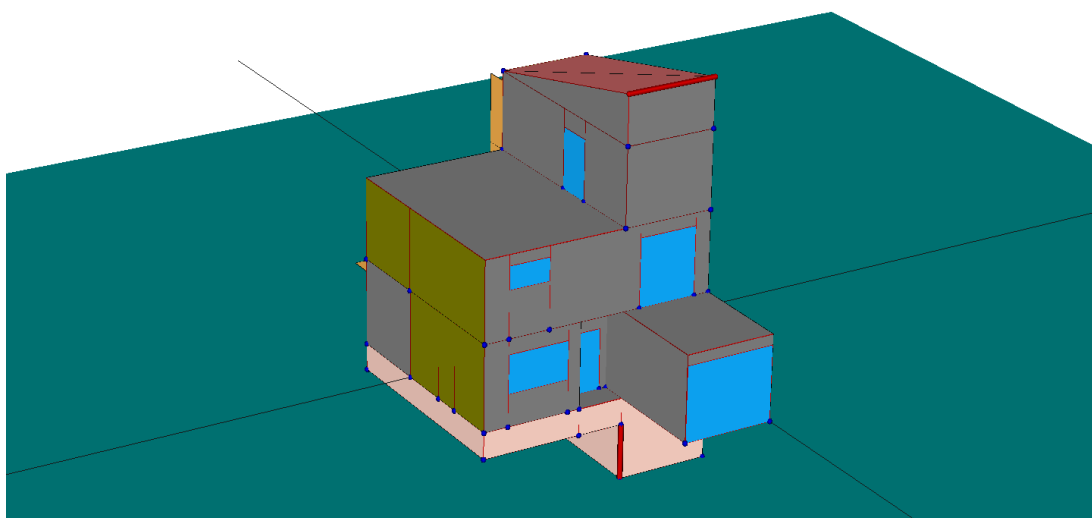
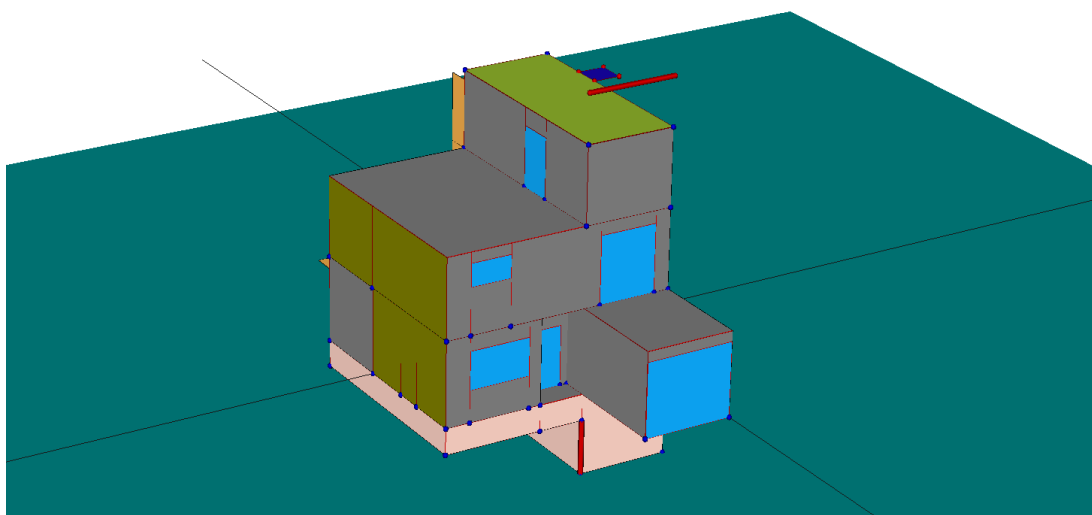
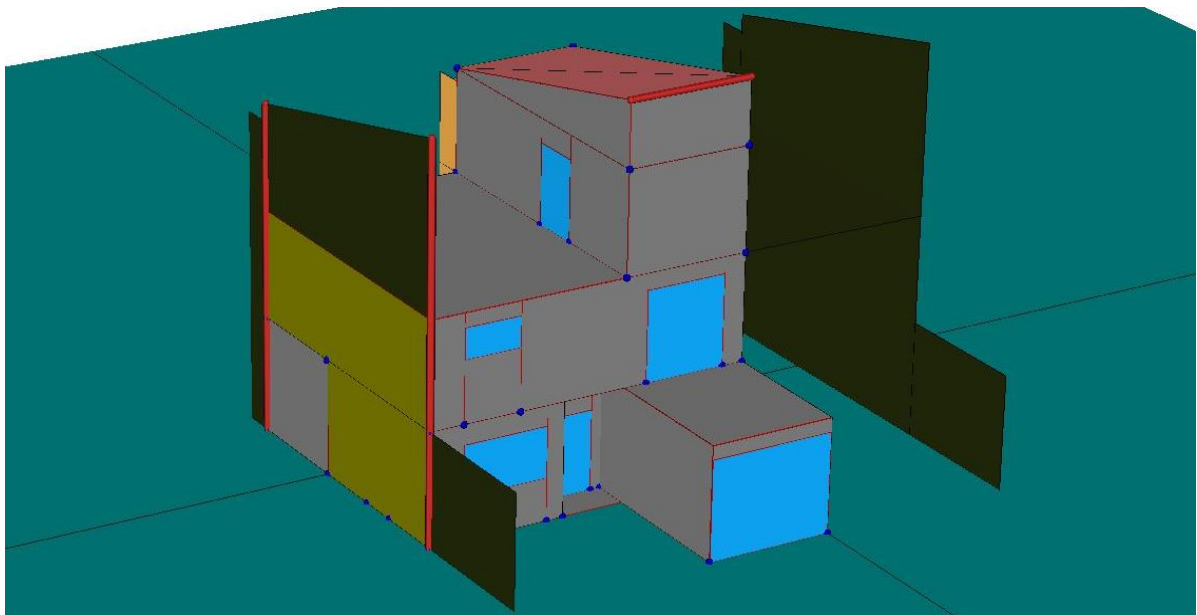
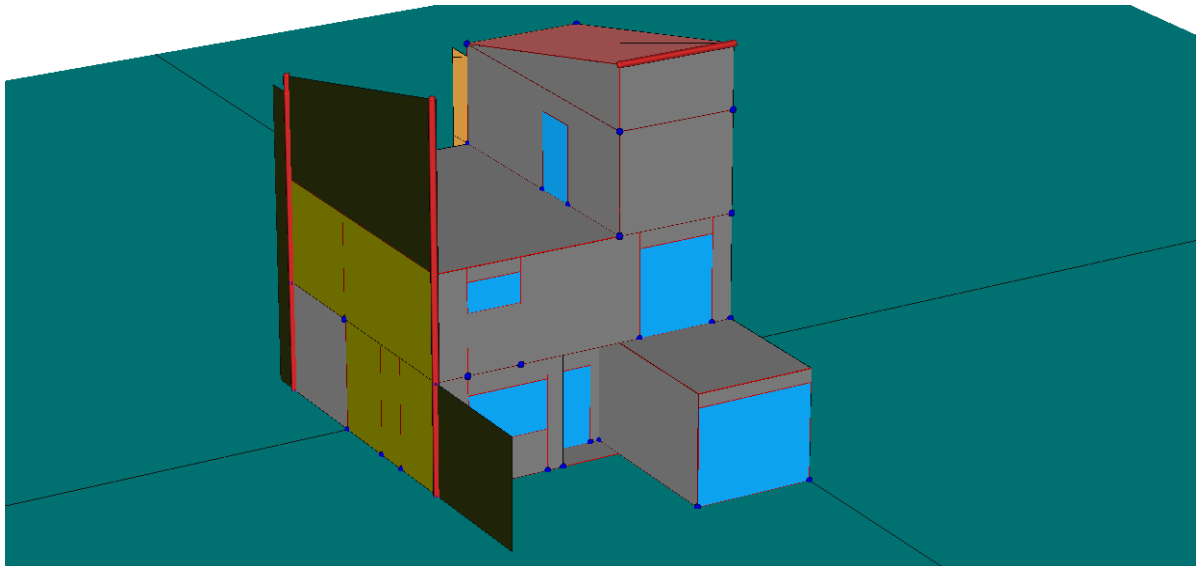
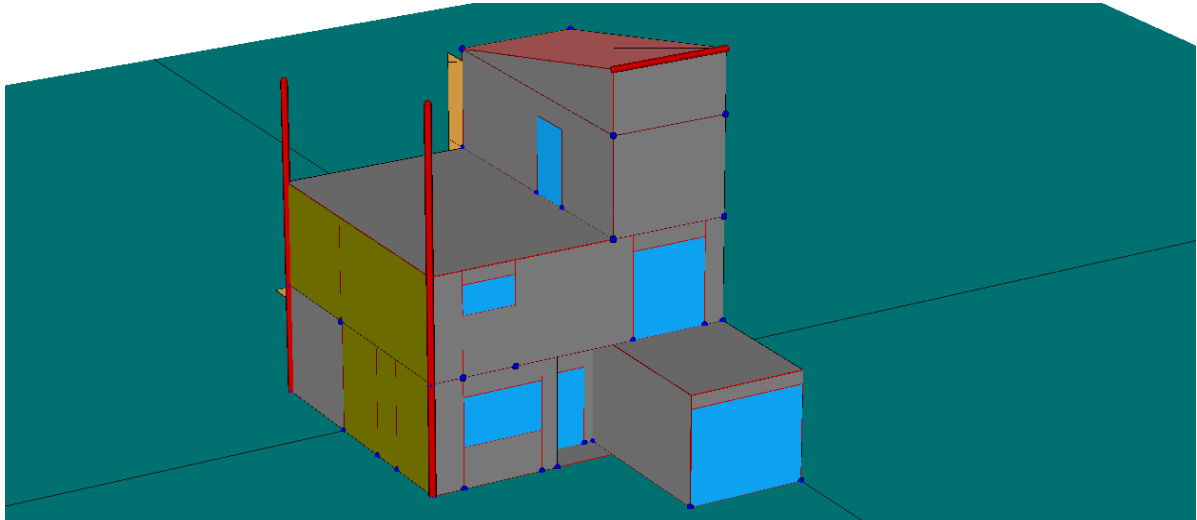


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta bajocubierta

Para finalizar el proceso, debemos recrear las sombras arrojadas que las viviendas colindantes generan sobre la vivienda del ejemplo. Para ello crearemos una serie de líneas auxiliares 3D en los vértices y aristas que definen la volumetría de las viviendas adosadas. Para ello, utilizaremos un plano general del conjunto.



imágenes del proceso de levantamiento en HULC de las sombras auxiliares del modelo

SIST

4. Incorporación de sistemas

A la hora de introducir los sistemas se introducen los datos de las fichas que aparecen en la descripción de cada uno de los sistemas.

- Sistema de ventilación

Imagen de la introducción de sistemas en el módulo de CALENER VYP de HULC

- Sistema mixto de calefacción y ACS

Reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Creamos un equipo de producción (Caldera de condensación por defecto). A continuación, introducimos las unidades terminales de agua de cada espacio acondicionado con las potencias que se asignan en la ficha.

Para definir la demanda de ACS utilizamos los datos calculados en la ficha de la instalación:

Por último, hemos de introducir los datos de producción de energía térmica en los colectores solares del edificio. Para ello accedemos a la ficha de datos generales, en la pestaña de producción de energía y activaremos la introducción de valores para la producción de energía térmica. A continuación, asignamos dichos valores mes a mes de la siguiente manera:

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Potencia eléctrica renovable instalada [kW] 0,00 Irradiación Solar Diaria media anual [kWh/m².día] 0,00

Valores mensuales de la producción de Energía Eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 0,0 kWh)

☒ No existen datos mensuales

Valores mensuales de la producción de Energía Térmica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 1610,0 kWh)

☐ No existen datos mensuales

Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Solar Térmica ACS	Ninguno	62,29	83,84	125,83	150,17	167,60	196,88	218,74	203,83	160,75	121,61	64,80	53,66
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninguno	Ninguno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

- Sistema de frío
- Reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Crearemos sistemas multizona con autónomos.
- Sistema 1, que dispone de unidades terminales interiores en la planta baja y la planta ático. (P03 E02) (P05 E01).

Definición Sistema

Proyecto

- SIS_Mixto_calefaccion_y_ACS
 - SIS_EQ1_EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
 - SIS_EQ2_Acumulador_de_agua_caliente
 - SIS_UT3
 - P05_E01
 - SIS_UT2
 - P04_E01
 - SIS_UT1
 - P03_E02
 - SIS_ACS1_Demanda_de_ACS
 - SIS1_Climatizacion_multizona_con_autonomos
 - SIS1_EQ1_EQ_ED_UnidadExterior-Defecto
 - SIS1_UT4_Unidad_interior_de_autonomo
 - P05_E01
 - SIS1_UT1_Unidad_interior_de_autonomo
 - P03_E02
 - SIS2_Climatizacion_multizona_con_autonomos
 - SIS2_EQ1_EQ_ED_UnidadExterior-Defecto
 - SIS2_UT1_Unidad_interior_de_autonomo
 - P04_E01

Unidad interior de autónomo

Nombre SIS1_UT4_Unidad_interior_de

Propiedades básicas

Capacidad total de refrigeración nominal 1,75 kW

Capacidad sensible de refrigeración nominal 1,40 kW

Capacidad calorífica nominal 0,00 kW

Caudal de impulsión nominal 525 m³/h

Espacio P05_E01

Aceptar

Definición Sistema

Proyecto

- SIS_Mixto_calefaccion_y_ACS
 - SIS_EQ1_EQ_Caldera-Condensacion-Defecto
 - SIS_EQ2_Acumulador_de_agua_caliente
 - SIS_UT3
 - P05_E01
 - SIS_UT2
 - P04_E01
 - SIS_UT1
 - P03_E02
 - SIS_ACS1_Demanda_de_ACS
 - SIS1_Climatizacion_multizona_con_autonomos
 - SIS1_EQ1_EQ_ED_UnidadExterior-Defecto
 - SIS1_UT4_Unidad_interior_de_autonomo
 - P05_E01
 - SIS1_UT1_Unidad_interior_de_autonomo
 - P03_E02
 - SIS2_Climatizacion_multizona_con_autonomos
 - SIS2_EQ1_EQ_ED_UnidadExterior-Defecto
 - SIS2_UT1_Unidad_interior_de_autonomo
 - P04_E01

Unidad interior de autónomo

Nombre SIS1_UT1_Unidad_interior_de

Propiedades básicas

Capacidad total de refrigeración nominal 3,00 kW

Capacidad sensible de refrigeración nominal 2,40 kW

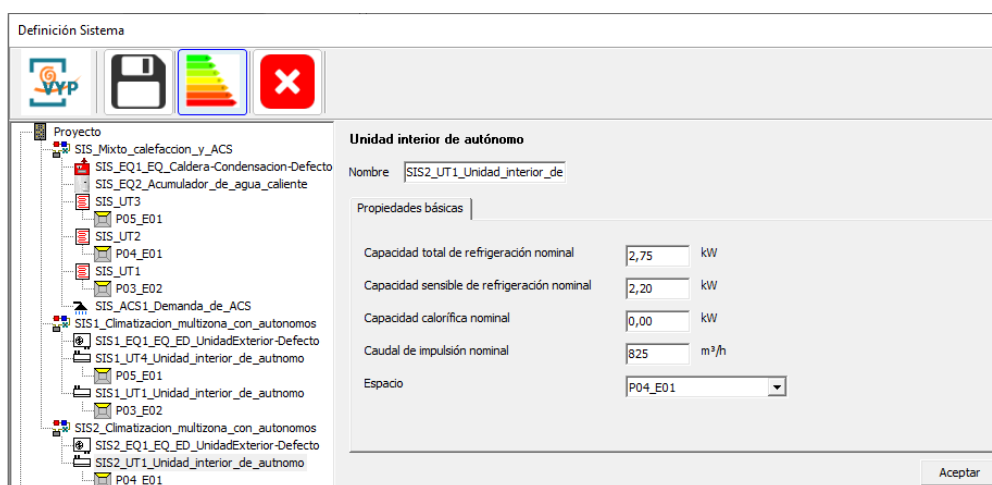
Capacidad calorífica nominal 0,00 kW

Caudal de impulsión nominal 900 m³/h

Espacio P03_E02

Aceptar

- Sistema 2, cuyas unidades terminales interiores se encuentran en la planta de dormitorios. (P04 E01)



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.

Respecto a las condiciones en las que se han realizado los cálculos desde el módulo de sistemas para HE0 y HE4, indicar que se han efectuado desactivando la pestaña de sistemas por defecto (Datos generales/opciones generales del edificio), con el fin de conocer las horas reales de fuera de consigna que se producen con los equipos y potencias previstos inicialmente para el acondicionamiento de la vivienda.