

EJEMPLOS (III)



Este documento recoge el tercer 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
Ainhoa Díez de Pablo

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: 796-21-117-1

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.

Octubre 2021

F2

VIVIENDA COLECTIVA
BLOQUE



ÍNDICE

SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS	5
A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL	8
1. Información general	8
2. Programa funcional	9
B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA	15
1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados	15
2. Imagen. Volumetría	23
C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA	24
1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos	24
2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3	31
D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS	35
1. Ventilación mecánica con recuperador de calor	36
2. Acondicionamiento de invierno	39
3. Acondicionamiento de verano	46
4. Producción de ACS	61
5. Producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos	63
6. Instalación de iluminación de las zonas comunes del edificio	64
SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS	65
HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	65
1. Preparación de datos previos a la comprobación	69
2. Condiciones de la envolvente térmica	78
3. Limitación de descompensaciones	100
4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica	101
HE2. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	102
HE3.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	104
1. Preparación de datos previos a la comprobación de la exigencia	104
2. Justificación del cumplimiento	107
HE4.CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA	110
1. Preparación de datos previos a la comprobación	110
2. Contribución renovable mínima en demanda de ACS y/o climatización de piscina	113
HE5.GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	120
HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	121
1. Preparación de datos previos a la comprobación	121
2. Consumo de energía primaria no renovable	121
3. Consumo de energía primaria total	122
4. Horas fuera de consigna	122
5. Resultados	122
RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CADA SECCIÓN	124
1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios	124
SECCIÓN 3. AYUDAS	126
1. INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC	126
1. Datos generales, administrativos y previos	126
2. Base de datos	127
3. Construcción del modelo	129
4. Incorporación de sistemas	145
5. Comentarios sobre la simulación	150
2. DATOS Y CÁLCULOS DEL SUELO RADIANTE	151
3. DATOS Y CÁLCULOS DEL SUELO REFRESCANTE	154

DESCRIP

SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS.

A Datos generales y programa funcional

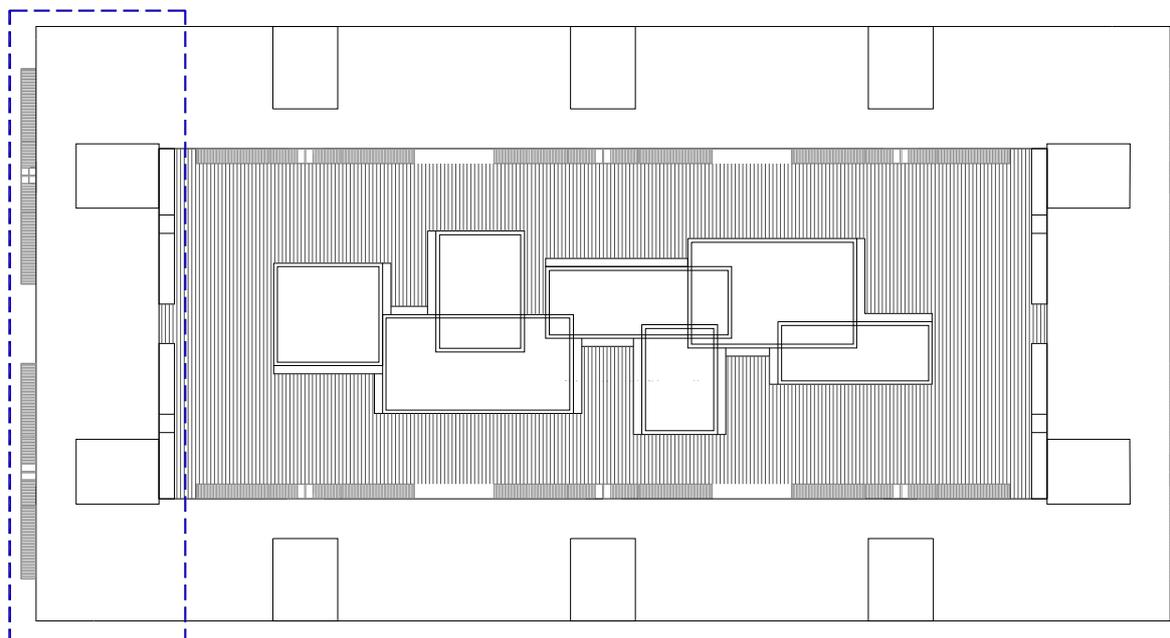
B Arquitectura: Definición geométrica

C Definición constructiva

D Sistemas de acondicionamiento y ACS

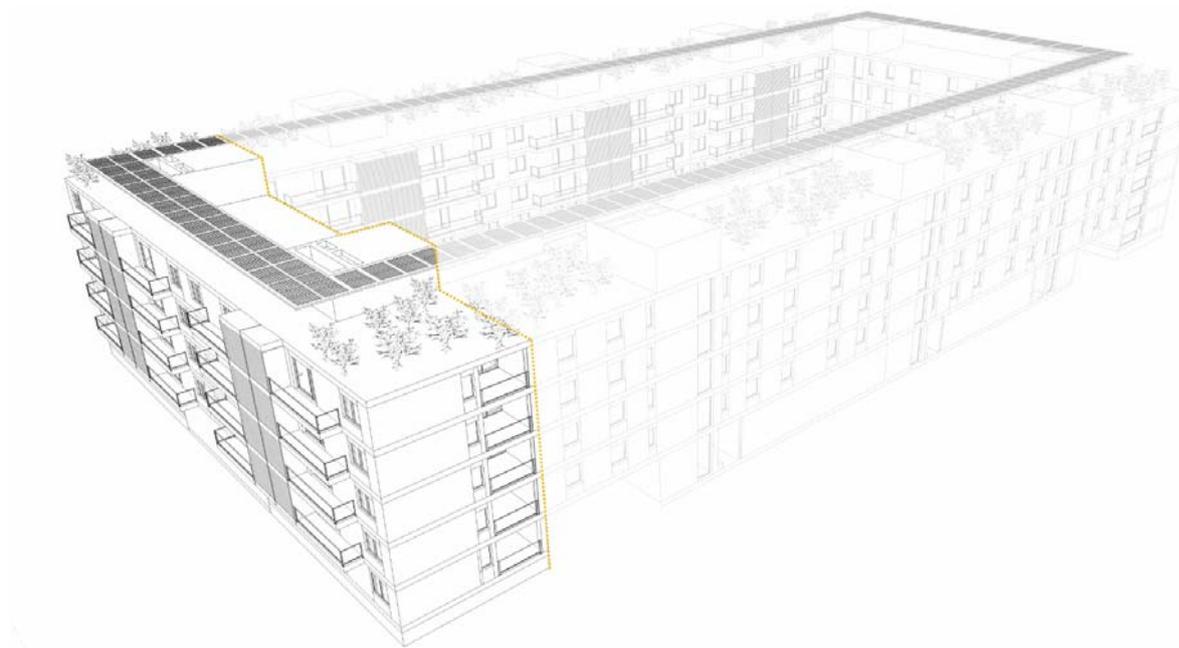
E Indicaciones para el levantamiento en HULC

El modelo que se desarrolla en esta entrega de la *Guía de aplicación y Ejemplos* consiste en un edificio en altura de vivienda multifamiliar. El edificio analizado compone con otros tres una estructura en manzana cerrada con patio interior. Todas las viviendas son pasantes en doble crujía. El conjunto consta de 84 viviendas, 4 de ellas totalmente accesibles. El edificio estudiado se corresponde con el lado corto oeste de la manzana y consta de 18 viviendas, dos de ellas accesibles. En cuanto al resto de usos previstos, se contemplan locales comerciales en planta baja y garaje aparcamiento y trasteros en planta sótano, donde además se alojan diferentes cuartos técnicos.



Planta (orientada) del conjunto de la manzana en la que se señala el edificio que se va a estudiar

Se ha escogido el ala oeste del conjunto para el estudio de una orientación diferente respecto a los ejemplos anteriores de esta guía y también buscando otro tipo de dificultades desde el punto de vista de su comportamiento energético en las diferentes estaciones.



Volumetría del conjunto de la manzana en la que se señala el edificio que se va a estudiar

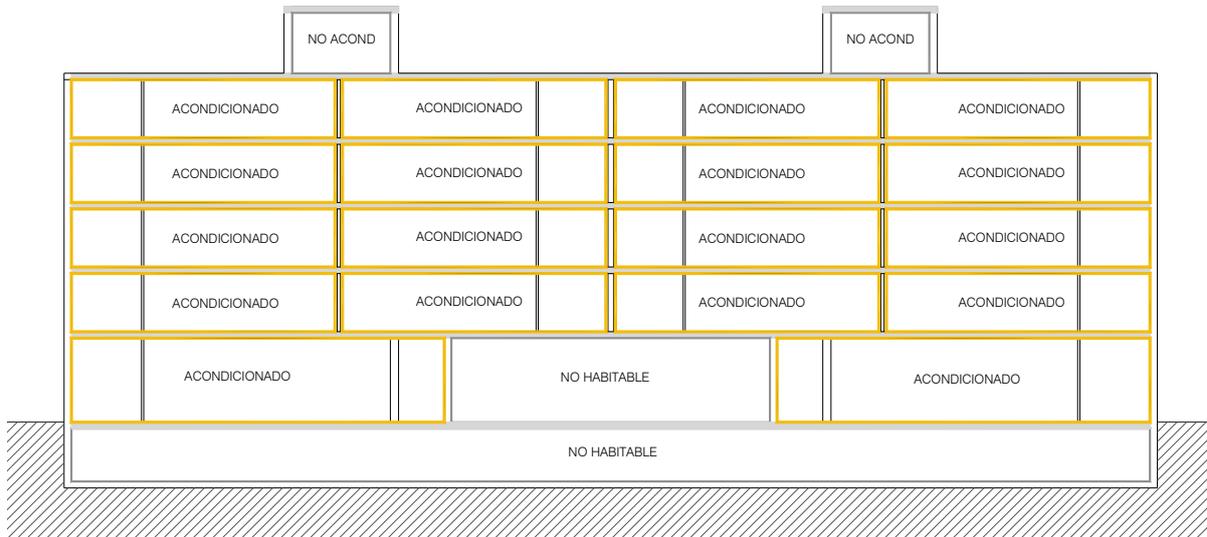
Las características formales, constructivas y sistemas de acondicionamiento de la vivienda se describen más adelante.

En cuanto a la geometría y composición espacial del edificio, y al igual que en los ejemplos anteriores de esta guía, 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. Recordemos que normalmente, estas determinaciones urbanísticas, regulan parámetros tales como la edificabilidad, retranqueos en parcela, altura de cornisa, altura de cumbrera, etc.

El objetivo de este *Ejemplo 2 Vivienda colectiva en bloque* es, como siempre, 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 los dos ejemplos anteriores: “*Ejemplo 0, Vivienda Unifamiliar Mínima*” y “*Ejemplo 1, vivienda unifamiliar adosada*”.

Al igual que en los ejemplos anteriores, el modelo de estudio de este edificio de vivienda multifamiliar 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 2.0.2253.1167 de 29 de septiembre de 2021.

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)



Esquemas en sección (sección trasversal y longitudinal) en los que se indica el tipo de espacios que componen el edificio. Las zonas comunes en planta además se han definido como espacios NO ACONDICIONADOS.

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 se han utilizado para levantar el modelo del edificio en la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC).

INFO
GENERAL

1. Información general

En el siguiente cuadro se especifican los datos referidos a su ubicación, tipo de proyecto, alcance de la intervención, etc.

1. Tipo de proyecto o intervención <i>HE 1. 1 ámbito de aplicación</i>	Edificio nuevo	2. Uso	Residencial privado
3. Localidad	A Coruña	4. Altitud de proyecto (msnm)	26
1. Tipo de edificio	Vivienda colectiva en bloque	5. Zona climática <i>Tabla a-Anejo B</i>	C1

Se trata de proyecto virtual de obra nueva y se ha situado en la ciudad de A Coruña en un clima normativo "C1" que representa bien las condiciones de las ciudades costeras del norte de España. Para la altitud de proyecto se ha tomado en este caso la de referencia de la ciudad de A Coruña, 26 m sobre el nivel del mar.

Tal y como se señalaba en los dos ejemplos anteriores de esta guía, se trata también de una localización y proyecto virtuales, con el fin de valorar las exigencias normativas actuales para ese clima concreto. Es necesario advertir nuevamente, que es muy probable que el proyecto no satisfaga otros aspectos relevantes, como son la total coherencia formal con el entorno, en este caso la estructura urbana que se plantea, 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. Se ha mantenido por otra parte, a la hora de componer el modelo, la intención de priorizar los aspectos que facilitan una mejor comprensión de los procedimientos normativos sobre cualquier otra consideración.

PROGR

2. Programa funcional

El edificio que se analiza y el conjunto de la manzana se organizan en cinco plantas, una bajo rasante y cinco en superficie (baja + 4), una planta baja de uso comercial y residencial y cuatro más de uso exclusivamente residencial privado.

El programa funcional del edificio objeto es el siguiente:

- **P01. Planta sótano** de garaje, trasteros, almacén de los comercios de planta baja, cuartos técnicos y accesos. El número de trasteros es de 16, el número de plazas de garaje es de 6 en esta zona de las cuales 2 son accesibles. Esta planta se sitúa en la cota - 2,75 m de proyecto y su altura es variable: bajo la proyección del local comercial de planta baja es de 2,75 m. (de suelo terminado a suelo terminado) y bajo las viviendas accesibles y las zonas comunes del portal que les dan acceso es de 3,75 m (incluyendo nuevamente el forjado de planta baja).
- **P02. y P03. Planta baja.** Esta planta consta de:
 - Acceso directo desde el espacio público a un local comercial situado en la cota $\pm 0,00$ m. Dicho local es diáfano y se ha considerado que no tiene perfil de uso definido. Cada local dispone de escalera que comunica con el almacén que le corresponde en planta sótano.
 - Acceso en rampa al patio interior de la manzana con zonas ajardinadas y estanciales situadas en la cota +0,52 m.
 - Desde esta cota +0,52 m. y a través de rampas accesibles, dos accesos a los portales de la zona residencial situados en la cota + 1,00 m y que constan de zaguán y acceso, cuarto de servicio, núcleo de comunicación vertical consistente en ascensor, patinillos técnicos y escalera y dos viviendas accesibles (una por núcleo) referidas en el plano como "Tipo A". Estas viviendas se encuentran elevadas hasta la cota + 1,00 m con el fin de mejorar su privacidad. Su programa es el siguiente:
 - Vestíbulo de acceso y distribuidor de planta
 - Aseo general de la vivienda
 - Salón-comedor en continuidad con la cocina. Acceso a terraza orientada a oeste
 - Dormitorio principal con baño y terraza orientada a norte
 - Dormitorio 2 con baño
- **Planta tipo de viviendas.** Se trata de 4 plantas iguales situadas en las siguientes cotas:
 - **P04.** +4,00 m
 - **P05.** +7,00 m
 - **P06.** +10,00 m
 - **P07.** +13,00 m

Su programa, en cada una de las plantas, es el siguiente:

- 2 núcleos con sus zonas comunes de planta que constan de:
 - Núcleo de comunicación vertical formado por ascensor y escalera (con vestíbulo)
 - Patinillos y armarios técnicos
 - Distribuidor de planta con acceso a dos viviendas.

- 2 viviendas "Tipo B" y que constan cada una de ellas de:
 - Vestíbulo de acceso y distribuidor de planta
 - Aseo general de la vivienda
 - Salón-comedor en continuidad con la cocina. Acceso a terraza orientada a oeste
 - Dormitorio principal con baño independiente y terraza orientada a norte
 - Dormitorio 2 con baño independiente
 - 2 viviendas "Tipo C" y que constan cada una de ellas de:
 - Vestíbulo de acceso y distribuidor de planta
 - Aseo general de la vivienda
 - Salón-comedor en continuidad con la cocina. Acceso a terraza orientada a oeste
 - Dormitorio principal con baño independiente
 - Dormitorio 2 con baño independiente
- **P08. Planta cubierta.** Se trata de una cubierta plana situada en la cota + 16,20 m y en la que se encuentran los núcleos de comunicación vertical y sus salidas a cubierta. En estos torreones se agrupan además la mayor parte de tiros y patinillos del edificio.

De cara a la simulación del modelo, cada planta se ha organizado en diferentes espacios pensando en la simplificación necesaria de cara a su levantamiento en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER. El criterio empleado ha sido, en lo posible, reducir el número de espacios y simplificar su geometría eliminando salientes y entalladuras de menos de 20 cm. Se han utilizado espacios únicos para cada vivienda ya que se prevé un comportamiento homogéneo de sus locales y los sistemas de acondicionamiento previstos son los mismos para todos ellos. El resto de los espacios definen las zonas acondicionadas comunes y los espacios no habitables de planta. El resumen de la configuración empleada es el siguiente:

P01. SÓTANO. Garaje, uso técnico y trastero

- P01 E01. Núcleo de comunicación del garaje. NO HABITABLE, exterior a la envolvente térmica.
- P01 E02. Núcleo de comunicación del garaje. NO HABITABLE, exterior a la envolvente térmica.
- P01 E03. Espacio destinado en su totalidad al garaje. NO HABITABLE, exterior a la envolvente térmica

P02. P03. PLANTA BAJA. Viviendas accesibles y local comercial

- P02 E01. Espacio destinado a local comercial y que tendrá la consideración de NO HABITABLE y exterior a la envolvente térmica.
- P03 E01. Espacio acondicionado correspondiente a una de las dos viviendas accesibles de la planta. Cuenta con dos dormitorios. Dentro de la envolvente térmica.
- P03 E02. Espacio no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de las viviendas.
- P03 E03. Espacio no habitable y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de ascensor de las viviendas y patinillo de instalaciones del edificio.
- P03 E04. Espacio no habitable correspondiente a cuarto técnico del edificio y patinillo de instalaciones. Exterior a la envolvente térmica.
- P03 E05. Espacio no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de las viviendas.
- P03 E06. Espacio no habitable y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de ascensor de las viviendas y patinillo de instalaciones del edificio.

- P03 E07. Espacio no habitable correspondiente a cuarto técnico del edificio y patinillo de instalaciones. Exterior a la envolvente térmica.
- P03 E08. Espacio acondicionado correspondiente a la segunda vivienda accesible de la planta. Cuenta con dos dormitorios. Dentro de la envolvente térmica.

P04. PLANTA TIPO (se repite 4 veces; P04, P05, P06 y P07). Viviendas

- P04 E01. Espacio acondicionado correspondiente a una de las viviendas de dos dormitorios de la planta. Se incluye dentro de la envolvente térmica.
- P04 E02. Espacio acondicionado correspondiente a una de las viviendas de tres dormitorios de la planta. Se incluye dentro de la envolvente térmica.
- P04 E03. Espacio no habitable y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de ascensor de las viviendas y patinillo de instalaciones del edificio.
- P04 E04. Espacio no habitable y exterior a la envolvente térmica correspondiente a patinillo de instalaciones.
- P04 E05. Espacio no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de las viviendas.
- P04 E06. Espacio acondicionado correspondiente a una de las viviendas de tres dormitorios de la planta. Se incluye dentro de la envolvente térmica.
- P04 E07. Espacio no habitable y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de ascensor de las viviendas y patinillo de instalaciones del edificio.
- P04 E08. Espacio no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de las viviendas.
- P04 E09. Espacio acondicionado correspondiente a una de las viviendas de dos dormitorios de la planta. Se incluye dentro de la envolvente térmica.
- P04 E10. Espacio no habitable y exterior a la envolvente térmica correspondiente a patinillo de instalaciones.

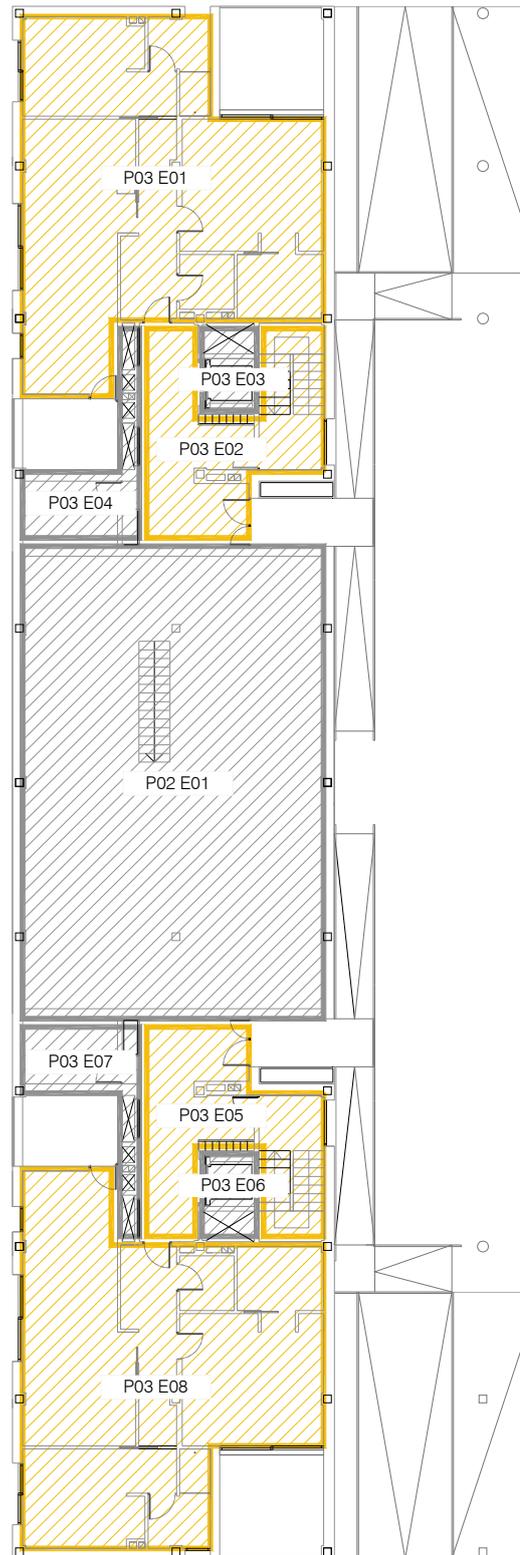
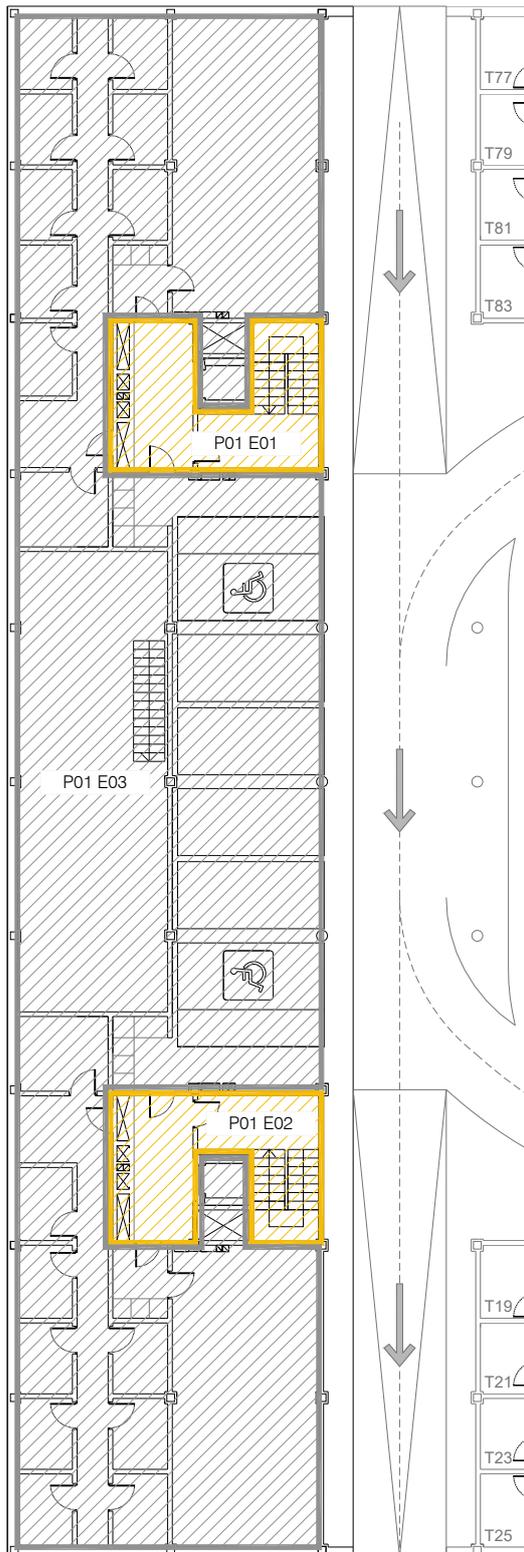
P08. PLANTA CUBIERTA

- P08 E01. Espacio único no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de salida a la azotea del edificio.
- P08 E02. Espacio único no acondicionado y dentro de la envolvente térmica correspondiente al núcleo de escaleras de salida a la azotea del edificio.

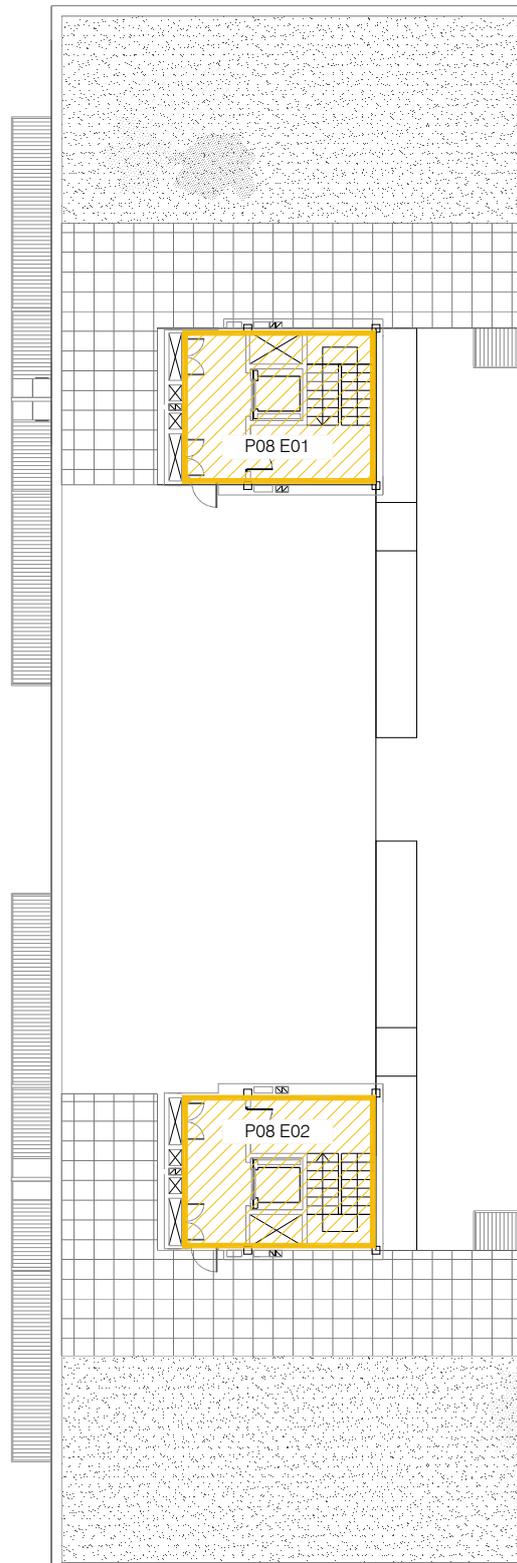
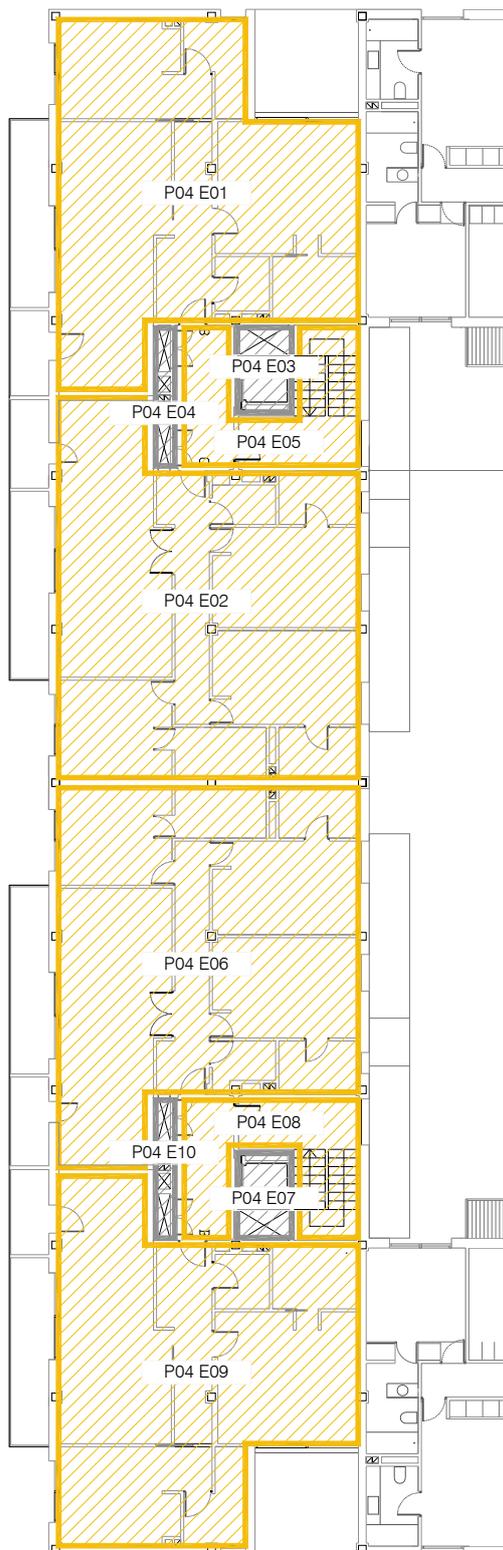
RESUMEN DE ESPACIOS POR PLANTA

Planta	ESPACIOS	USO	Tipo de espacio	Superficie No habitable (m ²)	Superficie útil acondicionada (m ²)	Superficie útil No acondicionada (m ²)	Superficie total construida (m ²)	Altura de espacios (m)	Volumen total construido (m ³)
P01. SÓTANO. Garaje, uso técnico y trastero									
	P01 E01	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,23			24,23	2,75	66,63
	P01 E02	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,03			24,03	2,75	66,08
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,87			432,87	2,75	1190,39
Totales de planta				481,13			481,13		1323,11
P02. P03. PLANTA BAJA. Viviendas accesibles y local comercial									
	P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,42			148,42	4,00	593,68
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado		90,378		90,378	3,00	271,13
	P03 E02	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			32,73	32,73	3,00	98,19
	P03 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,28			5,28	3,00	15,84
	P03 E04	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,16			12,16	3,00	36,48
	P03 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			32,53	32,53	3,00	97,59
	P03 E06	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2			5,2	3,00	15,60
	P03 E07	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,13			12,13	3,00	36,39
	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado		90,89		90,89	3,00	272,67
Totales de planta				183,19	181,268	65,26	429,718		1437,57
P04. PLANTA PRIMERA TIPO. Viviendas									
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado		90,378		90,378	3,00	271,13
	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,44			3,00	316,32
	P04 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,29				3,00	15,87
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,11				3,00	9,33
	P04 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,23		3,00	72,69
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,24			3,00	315,72
	P04 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,19				3,00	15,57
	P04 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,03		3,00	72,09
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,89				3,00	272,67
	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,08	49,72		52,8	3,00	158,40
Totales de planta				107,56	350,778	48,26	506,598		1519,79
P05. PLANTA SEGUNDA TIPO. Viviendas									
	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado		90,378		90,378	3,00	271,13
	P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,44			3,00	316,32
	P05 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,29				3,00	15,87
	P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,11				3,00	9,33
	P05 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,23		3,00	72,69
	P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,24			3,00	315,72
	P05 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,19				3,00	15,57
	P05 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,03		3,00	72,09
	P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,89				3,00	272,67
	P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,08	49,72		52,8	3,00	158,40
Totales de planta				107,56	350,778	48,26	506,598		1519,79
P06. PLANTA TERCERA TIPO. Viviendas									
	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado		90,378		90,378	3,00	271,13
	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,44			3,00	316,32
	P06 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,29				3,00	15,87
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,11				3,00	9,33
	P06 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,23		3,00	72,69
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,24			3,00	315,72
	P06 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,19				3,00	15,57
	P06 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,03		3,00	72,09
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,89				3,00	272,67
	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,08	49,72		52,8	3,00	158,40
Totales de planta				107,56	350,778	48,26	506,598		1519,79
P07. PLANTA TERCERA TIPO. Viviendas									
	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado		90,378		90,378	3,20	289,21
	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,44			3,20	337,41
	P07 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,29				3,20	16,93
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,11				3,20	9,95
	P07 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,23		3,20	77,54
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado		105,24			3,20	336,77
	P07 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,19				3,20	16,61
	P07 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondicionado			24,03		3,20	76,90
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,89				3,20	290,85
	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,08	49,72		52,8	3,20	168,96
Totales de planta				107,56	350,778	48,26	506,598		1621,11
P08. PLANTA CUBIERTA									
	P08 E01	Núcleo Esc. Azotea	No Acondicionado	24,23				3,00	72,69
	P08 E02	Núcleo Esc. Azotea	No Acondicionado	24,03				3,00	72,09
Totales de planta				48,26			48,26		72,09
TOTALES DEL EDIFICIO				1142,82	1584,38	258,30	2985,50		9013,27

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.



Reparto de espacios empleados en HULC. Planta sótano P01 y planta de acceso P02-P03.



Reparto de espacios en HULC. Planta tipo P04-P07 y planta de acceso a cubierta P08.

ARQ

B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

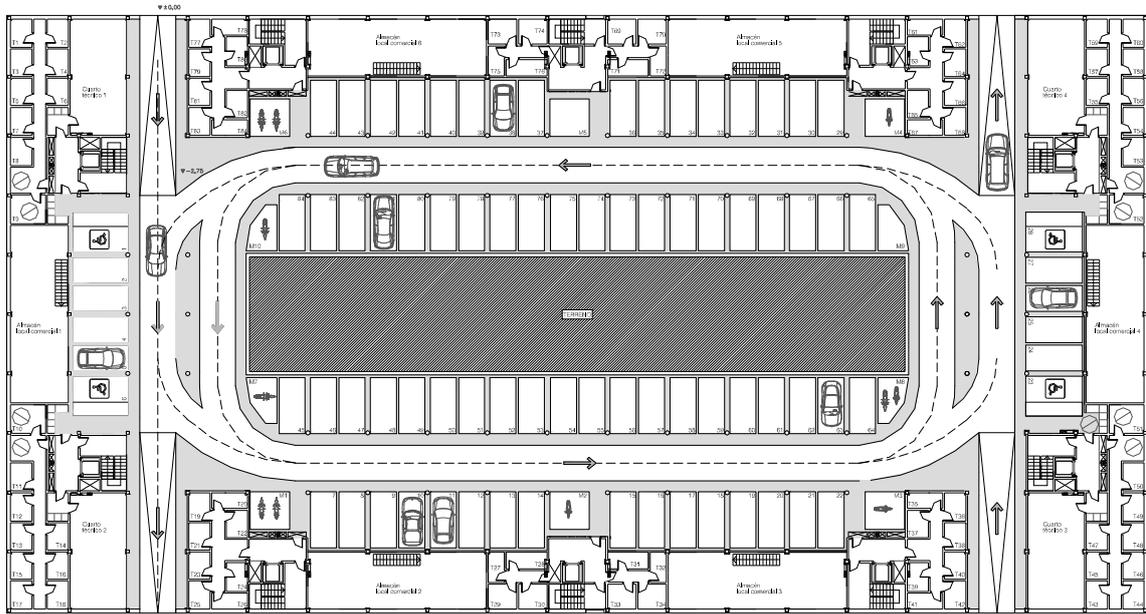
1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados
2. Imágenes. Volumetría

PLANOS

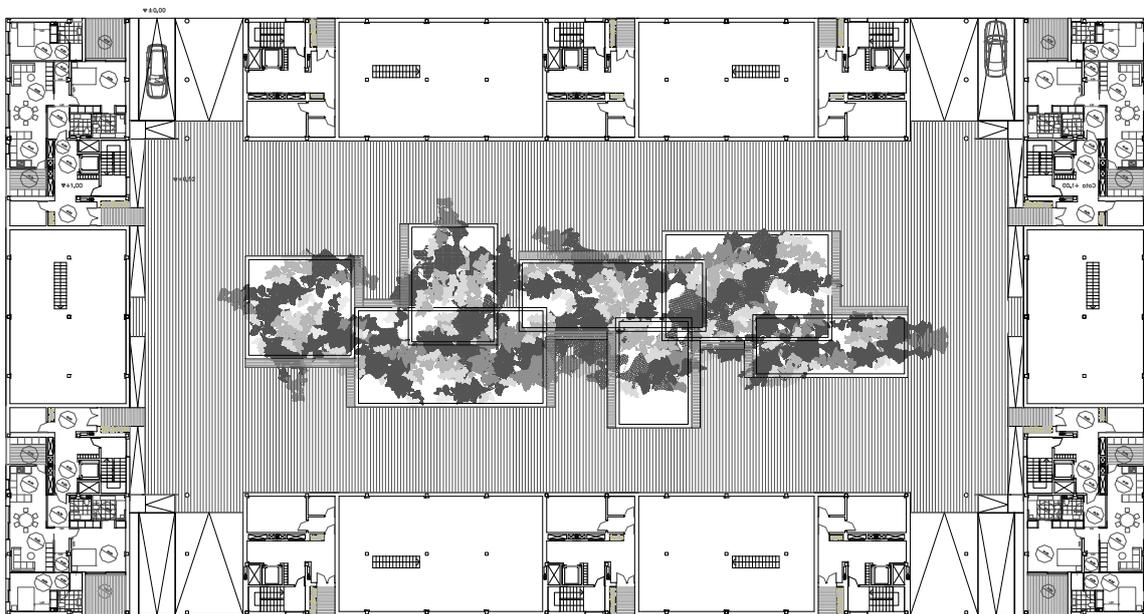
1. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados



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



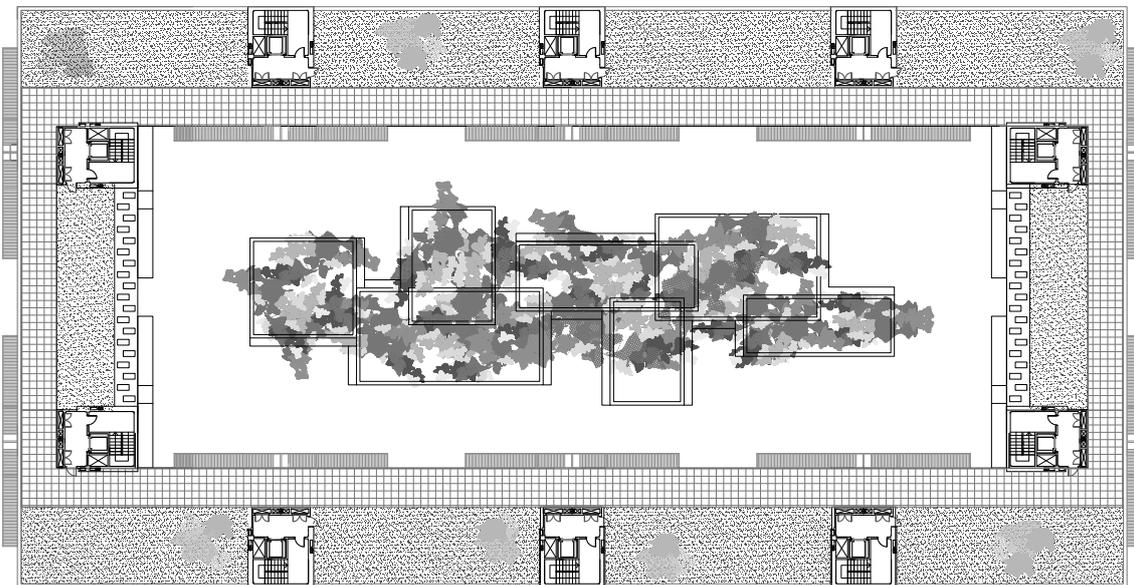
Plano planta sótano del conjunto



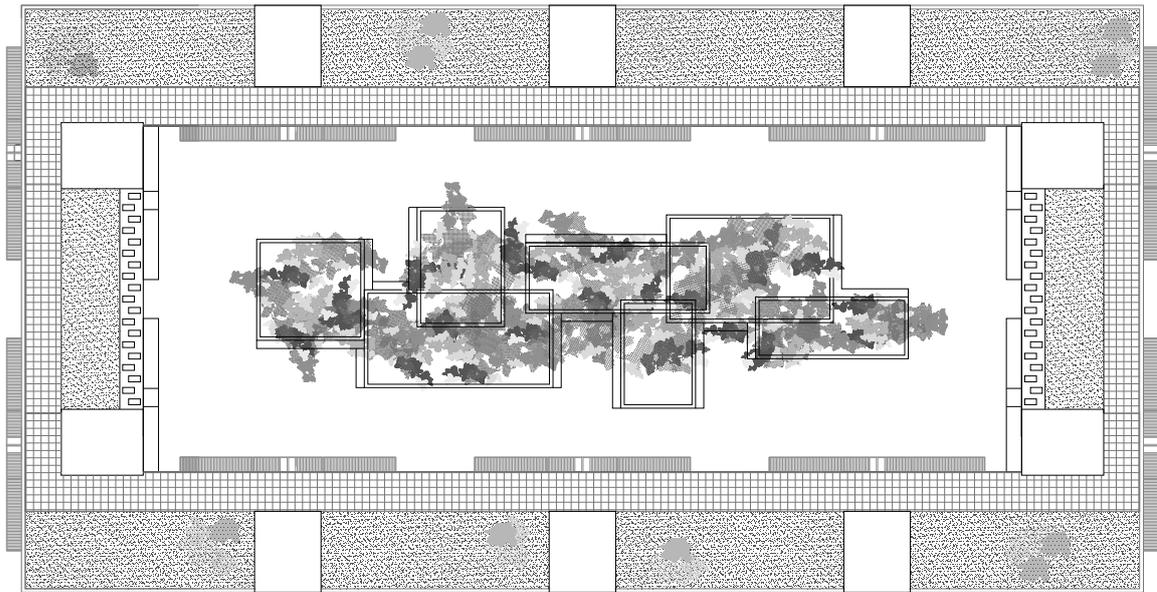
Plano planta acceso del conjunto



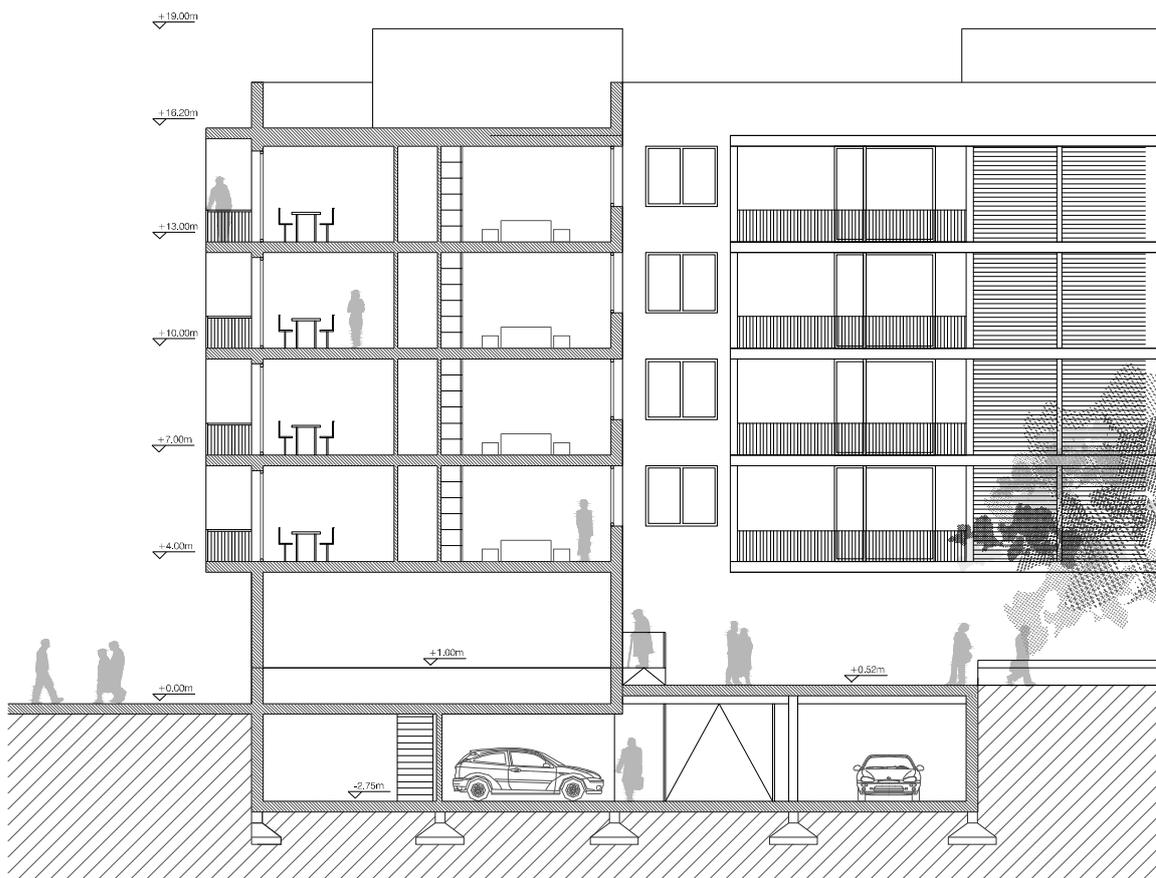
Plano planta tipo del conjunto



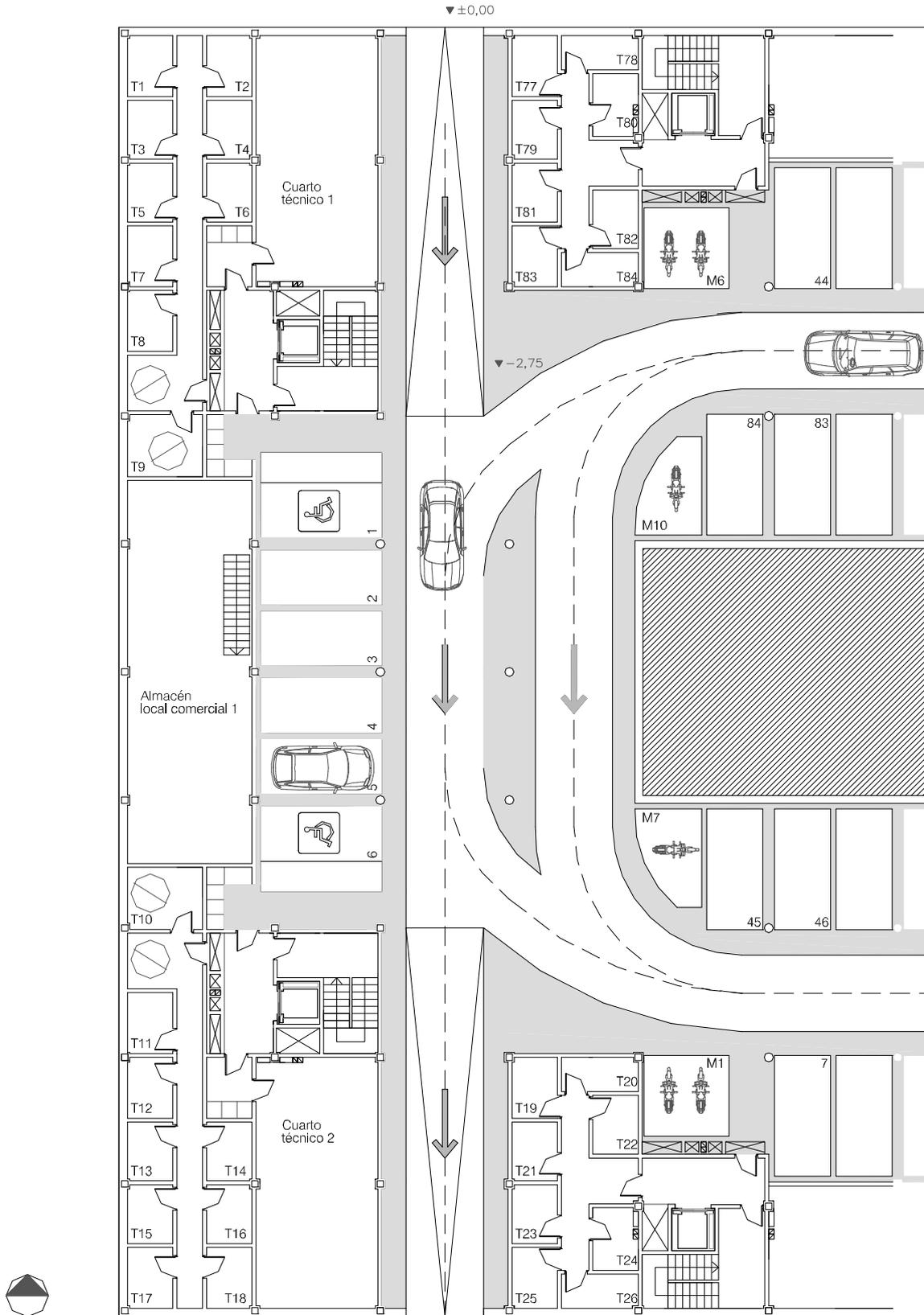
Plano planta azotea del conjunto



Plano planta cubiertas del conjunto



Sección longitudinal del edificio objeto.



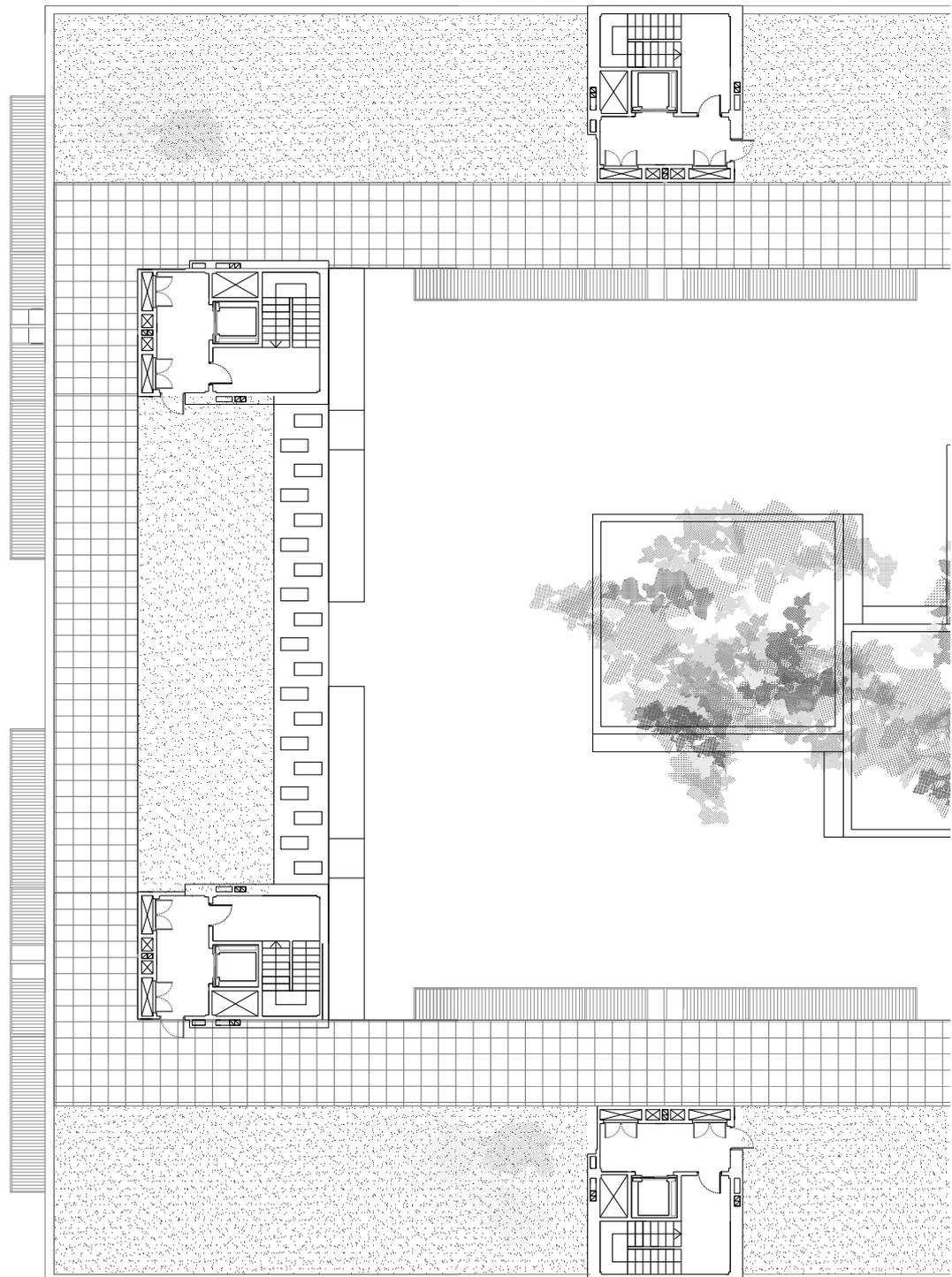
P01. Planta sótano. Garaje



Planta acceso: P02.Local comercial y P03 Viviendas accesibles y accesos a edificio.



P04 - P07. Planta tipo de viviendas

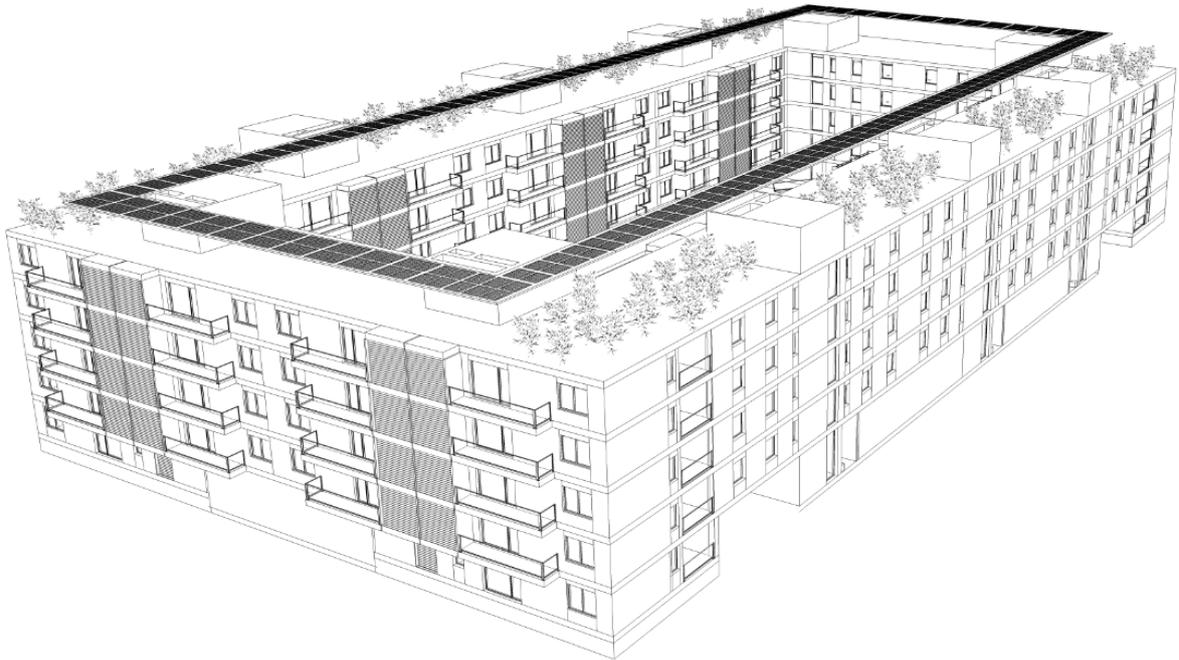


Planta de cubiertas

La posición de la edificación en la parcela es de orientación pura Oeste – Este. A los portales de las viviendas se accede desde el patio de manzana y se encuentran situados en la fachada este del edificio del ejemplo. Al local comercial en cambio, se accede por la fachada oeste directamente desde el viario. Con relación a los ejemplos anteriores de esta guía, este edificio presenta una mayor número y complejidad de espacios aunque desde el punto de vista formal y de su volumetría se trata de un edificio relativamente sencillo

IMAGEN

2. Imagen. Volumetría



CONST

C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

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

En los siguientes apartados se describen y caracterizan todos los cerramientos que componen la envolvente y particiones del edificio. Así mismo, se ordenan las soluciones de puentes térmicos empleados tomando como referencia el catálogo de soluciones que figura en el documento de ayuda *DA DB-HE / 3 Puentes térmicos*. 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, el edificio de viviendas se organiza mediante estructura de hormigón y muros exteriores del tipo de fachada ventilada. En estas fachadas la hoja soporte consiste en un muro de fábrica de medio pie de ladrillo perforado. Sobre dicha fábrica se fija la perfilera que soporta la hoja de acabado exterior consistente en placas de piedra caliza. El trasdosado interior se realiza mediante perfilera metálica, y doble hoja de panel de yeso laminado o alicatado, dependiendo del acabado que se precise en cada espacio. En el modelo se ha simplificado el acabado interior reduciéndolo en todos los casos a las placas de cartón-yeso.

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

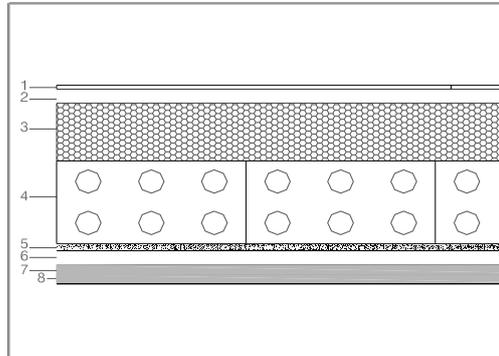
M EXT YS

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Caliza de dureza media	0,05	1,400
2 Cámara de aire ventilada	0,05	0,991
3 XPS Expandido	0,08	0,55
4 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,991
5 Mortero de cemento	0,01	0,550
6 Cámara de aire liger. ventilada vertical	0,02	0,18
7 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
8 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
Total	0,351	

TRANSMITANCIA **0,34 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



CUBIERTA VEGETAL

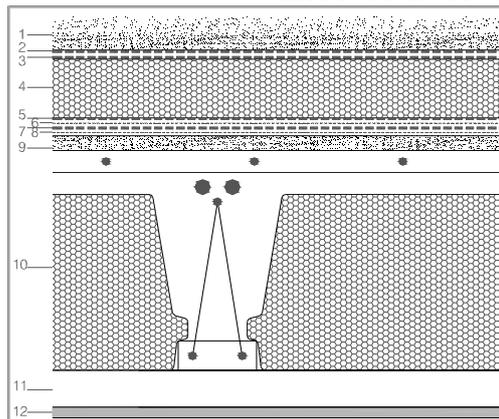
CUB VEGTAL

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Tierra vegetal	0,01	0,520
2 Cloruro de polivinilo (PVC)	0,012	0,170
3 Polipropileno 25% fibra de vidrio	0,005	0,250
4 XPS Expandido	0,08	0,034
5 Subcapa fieltro	0,005	0,05
6 Cloruro de polivinilo (PVC)	0,012	0,170
7 Subcapa fieltro	0,005	0,05
8 Polipropileno 25% fibra de vidrio	0,005	0,250
9 Mortero de cemento	0,02	0,550
10 Forjado Entrevigado EPS mecanizad c	0,3	0,256
11 Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05	
12 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,519	

TRANSMITANCIA **0,24 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



CUBIERTA PLANA

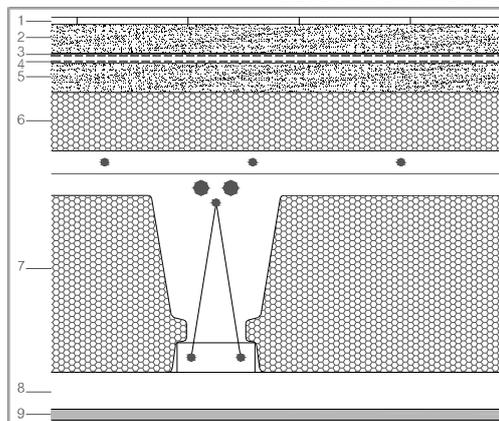
CUB PL

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	0,04	0,550
6 XPS Expandido	0,08	0,034
7 Forjado Entrevigado EPS mecanizad c	0,3	0,256
8 Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05	
9 Placa de yeso laminado	0,015	0,250
Total	0,545	

TRANSMITANCIA **0,25 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



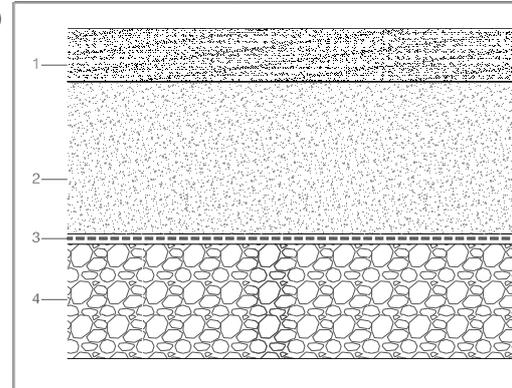
SOLERA NO HABITABLE CON TERRENO

SOL TRR

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Mortero de cemento	0,07	0,550
2 Hormigón en masa	0,2	2,300
3 Lámina PVC	0,005	0,170
4 Arena y grava	0,15	2,000
Total	0,425	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA

TRANSMITANCIA 1,89 W/m²K

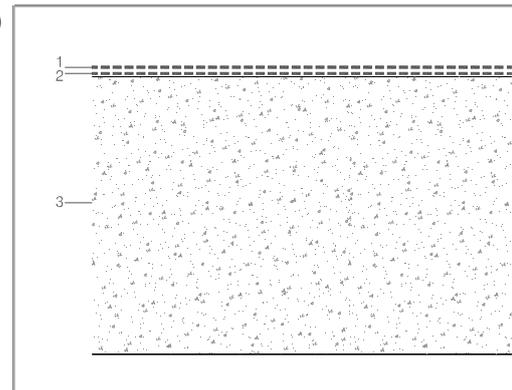
MURO NO HABITABLE CON TERRENO

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 Horigón armado 2300 < d < 2500	0,115	0,667
Total	0,135	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA

TRANSMITANCIA* 2,36 W/m²K

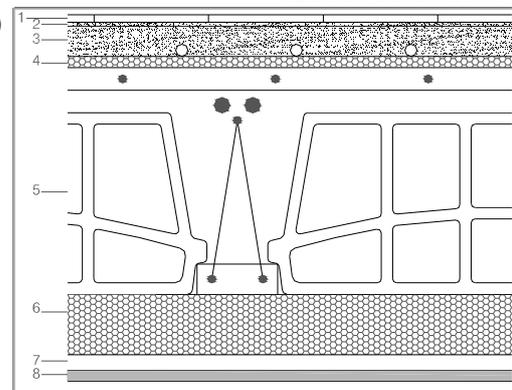
FORJADO EN CONTACTO CON AIRE EXTERIOR

FOR ACOND-EXT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,005	0,550
3 Mortero difusor de suelo radiante	0,04	1,200
4 Panel especial soporte suelo radiante	0,03	0,023
5 FU entrevigado cerámico	0,30	1,678
6 Lana mineral	0,08	0,041
7 Cámara de aire liger. ventilada vertica	0,02	0,120
8 Conífera de peso medio 435 < d < 520	0,015	0,150
Total	0,5	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA

TRANSMITANCIA 0,26 W/m²K

FORJADO ACONDICIONADO CON NO HABITABLE

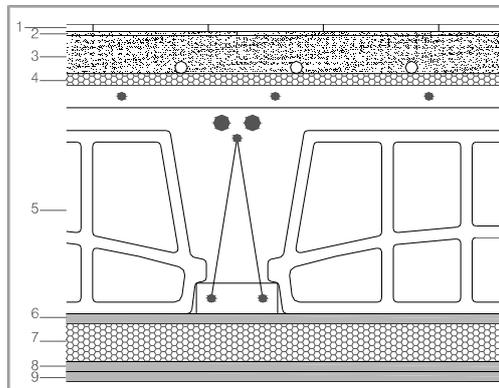
FOR ACOND-NH

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta de gres	0,01	2,300
2 Mortero de cemento	0,005	0,550
3 Mortero difusor de suelo radiante	0,05	1,200
4 Panel especial soporte suelo radiante	0,03	0,023
5 FU entrevigado cerámico	0,30	0,846
6 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
7 Lana mineral	0,05	0,031
8 Placa de yeso laminado	0,013	0,250
9 Placa de yeso laminado	0,013	0,250

Total 0,48**TRANSMITANCIA 0,28 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-ACOND)

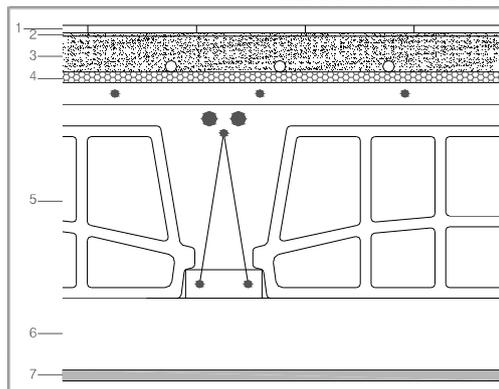
FOR INT

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

capas	espesor (m)	Cond. λ (W/m·K)
1 Plaqueta o baldosa cerámica	0,01	1,000
2 Mortero de cemento	0,005	0,550
3 Mortero difusor de suelo radiante	0,05	1,200
4 Panel especial soporte suelo radiante	0,02	0,023
5 FU entrevigado cerámico	0,30	0,846
6 Cámara lig. ventilada horizontal	0,1	
7 Placa de yeso laminado	0,015	0,250

Total 0,500**TRANSMITANCIA 0,62 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



MEDIANERA RESIDENCIAL CON COMERCIAL

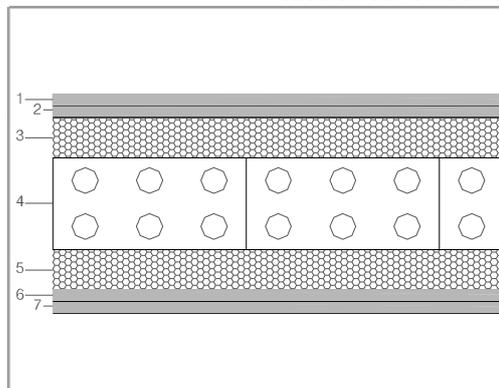
MED VIV-COMER

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 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,667
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 0,275**TRANSMITANCIA 0,26 W/m²K**

SECCIÓN CONSTRUCTIVA



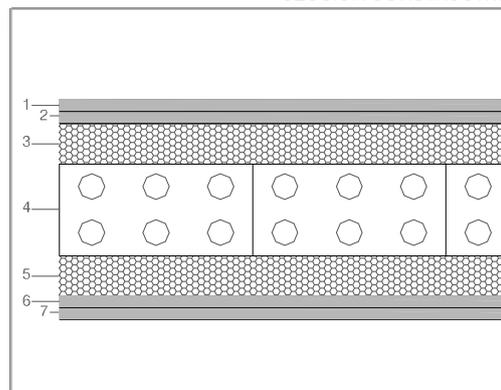
MEDIANERA ENTRE VIVIENDAS

MED VIV

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 1/2 pie LP métrico o catalán	0,115	0,667
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	0,275	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA

TRANSMITANCIA 0,26 W/m²K

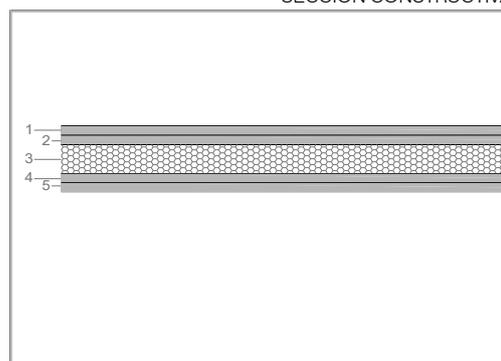
TABIQUE INTERIOR

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	

SECCIÓN CONSTRUCTIVA

TRANSMITANCIA 0,76 W/m²K

Huecos

CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA NORTE Y ESTE

N / E

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

VIDRIO

Tipo de vidrio	Doble bajo emisivo < 0,03
Composición	4-16 Argón-44.2
Factor solar	0,6
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	Marco metálico
Rotura pte. térmico	SI
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,9
Trasmitancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	10 %

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}	1,24 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECOS FACHADA OESTE

O

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	0,5
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	Marco metálico
Rotura pte. térmico	SI
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,9
Trasmitancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	10 %

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 <i>Clase 3</i>
U_{HUECO}	1,24 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECOS FACHADA SUR

S

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	Marco metálico
Rotura pte. térmico	SI
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,9
Trasmitancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	10 %

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 <i>Clase 3</i>
U_{HUECO}	1,24 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA ACCESO PORTAL

PTA ACC

La posición relativa de las carpintería 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	0,6
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	Marco acero
Rotura pte. térmico	NO
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,7
Trasmitancia térmica	3,2 W/m ² K
Porcentaje marco	15 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	5 %

Protecciones móviles

Elemento	-
Color	-
ggl;sh,wi	0,75

Permeabilidad al aire	60 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	1,40 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA SALIDA CUBIERTA

PTA CUB

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

VIDRIO

Tipo de vidrio	-
Composición	-
Factor solar	-
Transmitancia térmica	-

MARCO

Material	Marco metálico
Rotura pte. térmico	NO
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,7
Trasmitancia térmica	5,7 W/m ² K
Porcentaje marco	100 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	- %

Protecciones móviles

Elemento	-
Color	-
ggl;sh,wi	-

Permeabilidad al aire	60 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	5,70 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA TENDEDERO

PTA TEND

La posición relativa de las carpintería 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	0,6
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	Marco metálico
Rotura pte. térmico	SI
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,9
Trasmitancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	5 %

Protecciones móviles

Elemento	-
Color	-
ggl;sh,wi	0,75

Permeabilidad al aire	9 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	1,18 W/m²·K

CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA TENDEDERO ACCESIBLE

PTA TEND AC

La posición relativa de las carpintería 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	0,6
Transmitancia térmica	1,0 W/m ² K

MARCO

Material	Marco metálico
Rotura pte. térmico	SI
Color carpintería	Gris oscuro
Absortividad	0,9
Trasmitancia térmica	1,5 W/m ² K
Porcentaje marco	25 % del hueco
Incremento transmitancia por intercalarios	5 %

Protecciones móviles

Elemento	-
Color	-
ggl;sh,wi	0,75

Permeabilidad al aire	60 m ³ /h·m ²
U_{HUECO}	1,18 W/m²·K

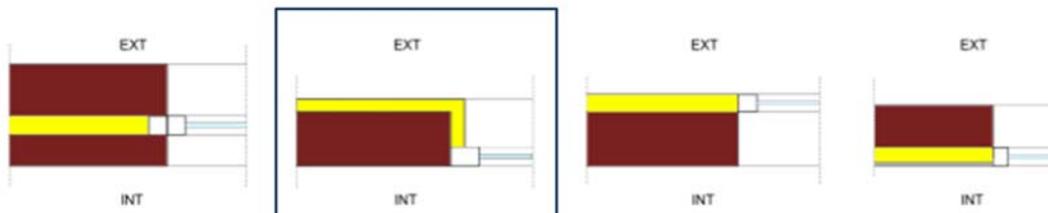
PTES

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

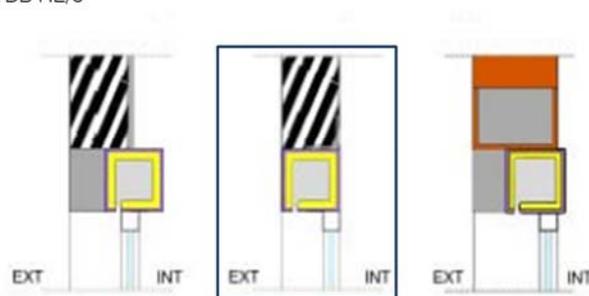
 ψ

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

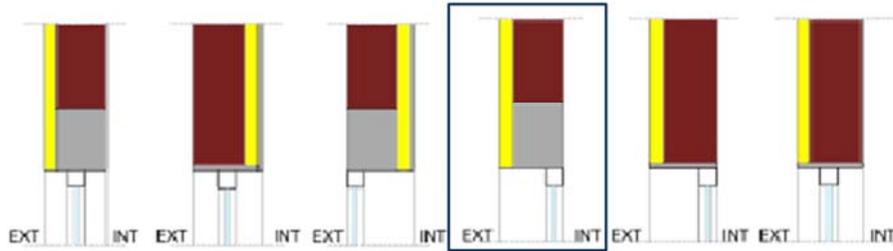
 ψ

0,73 W/mK

DINTELES EN PUERTA DE ENTRADA

SIN CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo 2)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 ψ

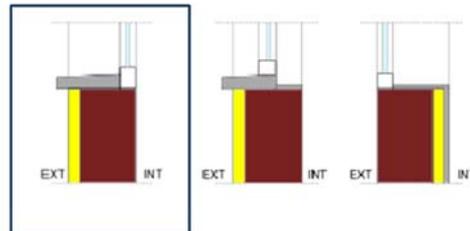
0,73 W/mK

ALFÉIZARES EN LUCERNARIOS DE CUBIERTA

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

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Fachadas de una hoja



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 ψ

0,5 W/mK

FRENTES DE FORJADO

CON CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 1) *

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

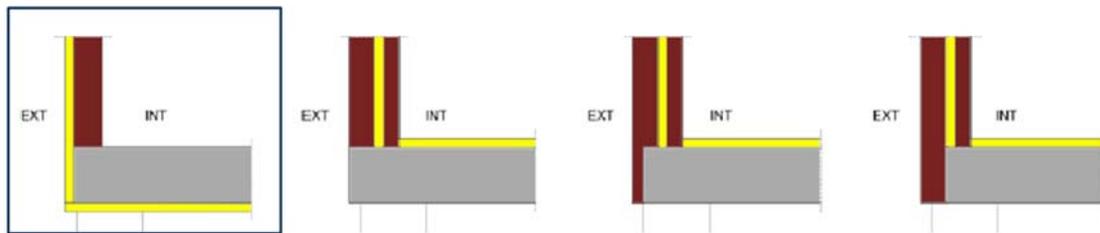
 ψ

0,27 W/mK

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

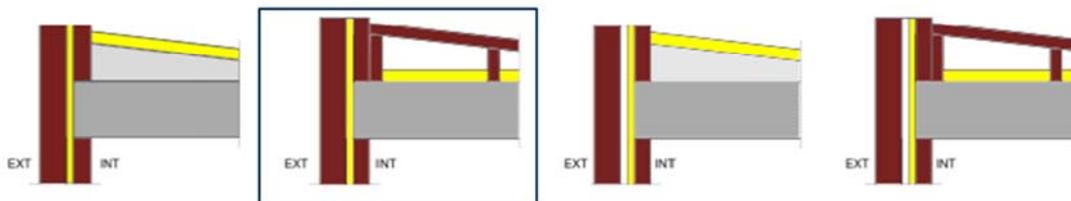
Ψ_e

0,27 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

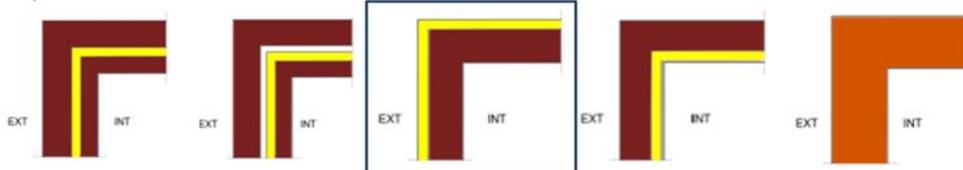
0,25 W/mK

ESQUINAS

SALIENTES (AL EXTERIOR) (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas salientes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

Ψ_e

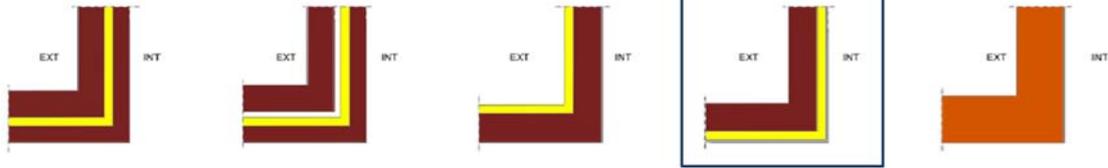
0,06 W/mK

ESQUINAS

ENTRANTES (AL EXTERIOR) (Grupo 2)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas entrantes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

Ψ_e

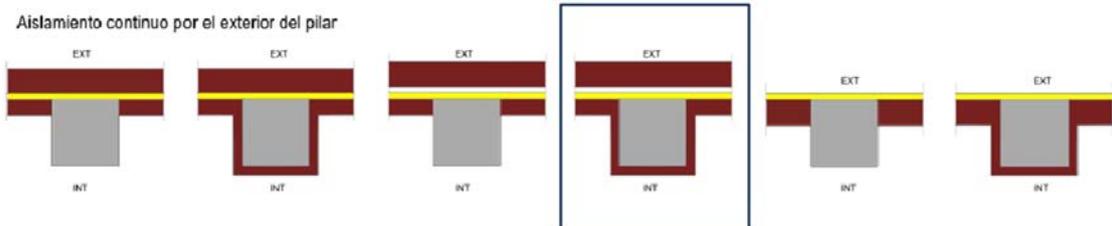
-0,09 W/mK

PILARES INTEGRADOS EN FACHADA

CON CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Aislamiento continuo por el exterior del pilar



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

Ψ_e

0,002 W/mK

SIST

D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS

1. Ventilación mecánica con recuperador de calor
2. Acondicionamiento de invierno
3. Acondicionamiento de verano
4. Producción de ACS
5. Producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos
6. Instalación de iluminación de las zonas comunes del edificio

Atendiendo a las consideraciones climáticas de la zona en las que teóricamente se encuentra el edificio, 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 han previsto sistemas individuales de calefacción, refrigeración y preparación de ACS con producción de energía mediante bomba de calor aerotérmica aire-agua. Las unidades exteriores de los equipos cuentan con espacio reservado en cubierta para su alojamiento. El consumo eléctrico de dichas bombas contará con la aportación renovable de producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos. Estos paneles están situados en cubierta, utilizando como soporte físico la pérgola de la zona de circulación prevista. La producción de energía en estos paneles se evalúa más adelante.

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 35°C y el retorno a 30°C). En consecuencia, las unidades terminales más adecuadas al sistema de producción y distribución previsto son las superficies radiantes o los emisores-radiadores preparados para trabajar a baja temperatura. En este caso, se ha optado por una solución de suelo radiante.

Respecto al ACS y tal y como se ha dicho, se plantea individual dependiendo su producción de la bomba de calor aerotérmica prevista para los tres servicios. Cada vivienda dispone de una unidad interior con acumulador para la preparación de ACS cuyas características figuran en el apartado y ficha correspondiente.

Por otra parte, considerando las condiciones climáticas de la zona C1 en la que se ubica el edificio, se ha previsto un sistema activo de refrigeración, aunque no se prevé, en principio, cubrir totalmente la demanda de este servicio. Dado que se incorpora un sistema de ventilación totalmente mecánico y que incluye recuperador de calor con bypass térmico que ya permite el refrescamiento nocturno, se ha pensado utilizar dicho caudal de ventilación para conseguir un aporte de “aire frío” a los espacios consiguiendo una neutralización parcial de las cargas térmicas de verano. Con el fin de mostrar distintas combinaciones posibles, se analizarán otras opciones viables, incluida la posibilidad de aprovechar los circuitos del suelo radiante de calefacción como “suelo refrescante”.

En cuanto a los sistemas de iluminación del edificio, se describen más adelante los pertenecientes a las zonas comunes del edificio y garaje, dado que, como veremos, aquellos que se incorporan en el interior de cada vivienda se encuentran exentos del cumplimiento de los apartados relativos a la *Sección HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación*.

VENT

1. Ventilación mecánica con recuperador de calor

La instalación de ventilación que se ha considerado para el edificio consiste en sistemas individuales de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor entálpico. Su colocación se prevé en el falso techo de la cocina realizando la admisión de aire limpio a través de la fachada y expulsando el aire extraído en cubierta. La impulsión de aire se realiza mediante conductos desde el recuperador hasta los "locales secos" (salón – comedor, dormitorios) y la extracción, también conducida, desde los cuartos húmedos de la vivienda hasta el recuperador y desde este a cubierta. El aire impulsado a los locales secos se transfiere a través de las circulaciones hacia los locales húmedos aprovechando 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*.

En el edificio, desde el punto de vista del cálculo de la ventilación, tenemos dos programas diferentes:

- Por una parte, las viviendas de dos dormitorios tanto las situadas en planta tipo (planta primera hasta planta cuarta), como las dos accesibles situadas en planta baja.
- En segundo lugar, las viviendas de tres dormitorios situadas en las plantas tipo (planta primera hasta planta cuarta).

Además del equilibrado entre admisión y extracción se realiza un pequeño ajuste de caudales en la zona de estar y cocina, que en realidad son un espacio continuo, con el fin de garantizar un flujo adecuado hacia la zona de extracción (cocina). El cálculo de los caudales de diseño, los ajustados y equilibrados de cada tipo se resume en los siguientes cuadros:

VIVIENDA TIPO Y VIVIENDA ACCESIBLE DE DOS DORMITORIOS

Descripción

Consiste en un sistema de ventilación mecánica. Admisión de aire impulsando a través de los cuartos secos y extracción desde cuartos húmedos. Expulsión en cubierta y toma de aire de admisión por fachada.

CAUDAL DE ADMISIÓN. Diseño (*)

Locales secos

Dormitorio principal	8 l/s
Dormitorio 2	4 l/s
Dormitorio 3	- l/s
Salón - comedor	8 l/s
Total	20 l/s

CAUDAL DE EXTRACCIÓN. Diseño (*)

Locales húmedos

Cocina	7 l/s
Baño/Aseo 1	7 l/s
Baño/Aseo 2	7 l/s
Baño/Aseo 3	7 l/s
Baño/Aseo 4	- l/s
Total	28 l/s

Caudal mínimo de extrac. 24 l/s

CÁLCULO VENTILACIÓN

Superficie útil	90,50 m ²
Altura libre	2,55 m
Volumen	230,78 m ³

CAUDAL EQUILIBRADO AD.

	11 l/s
	10 l/s
	- l/s
	8 l/s
Total	29 l/s

CAUDAL EQUILIBRADO EXT.

	8 l/s
	7 l/s
	7 l/s
	7 l/s
	- l/s
Total	29 l/s

(*) Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables, DB HS 3 Calidad del aire interior.

Caudal Vent: 29,0 l/s
104,4 m³/h

Renovaciones: 0,45 re/h

VIVIENDA TIPO DE TRES DORMITORIOS

Descripción

Consiste en un sistema de ventilación mecánica. Admisión de aire impulsando a través de los cuartos secos y extracción desde cuartos húmedos. Expulsión en cubierta y toma de aire de admisión por fachada.

CAUDAL DE ADMISIÓN. Diseño (*)

Locales secos

Dormitorio principal	8 l/s	12 l/s
Dormitorio 2	4 l/s	10 l/s
Dormitorio 3	4 l/s	10 l/s
Salón - comedor	10 l/s	10 l/s
Total	26 l/s	42 l/s

CAUDAL DE EXTRACCIÓN. Diseño (*)

Locales húmedos

Cocina	8 l/s	10 l/s
Baño/Aseo 1	8 l/s	8 l/s
Baño/Aseo 2	8 l/s	8 l/s
Baño/Aseo 3	8 l/s	8 l/s
Baño/Aseo 4	8 l/s	8 l/s
Total	40 l/s	42 l/s

Caudal mínimo de extrac. 33 l/s

(*) Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables, DB HS 3 Calidad del aire interior.

CÁLCULO VENTILACIÓN

Superficie útil	105,30 m ²
Altura libre	2,55 m
Volumen	268,52 m ³

CAUDAL EQUILIBRADO AD.

CAUDAL EQUILIBRADO EXT.

Caudal Vent: 42,0 l/s
151,2 m³/h

Renovaciones: 0,56 re/h

El resto de las características de esta instalación se definen en el siguiente cuadro resumen:

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN MECÁNICA

Sistema de ventilación mecánico de doble flujo con recuperador de calor entálpico. Recuperador situado en falso techo de cocina. Admisión del aire por fachada para distribuir en los locales secos de la vivienda. Extracción forzada desde los "locales húmedos" hasta el recuperador para una vez efectuada la transferencia de calor ser expulsado a cubierta. Los caudales de partida o de diseño, se han considerado a partir de la tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables .del DB HS3 Calidad del aire interior. A partir de dichos caudales se realiza el equilibrado y ajuste de dichos caudales atendiendo a las características especiales de los espacios.

VIVIENDAS DOS DORMITORIOS (10 viviendas)

Caudales de ventilación

Caudales de diseño	l/s	m ³ /h
Por vivienda	29,0	104,4
Total 10 viviendas	290,0	1044,0

Datos Recuperador y ventilador seleccionados

Caudal ventilador	l/s	m ³ /h
Caudal máximo	41,9	151,0
Total 10 viviendas iguales	419,4	1510,0

Potencia eléctrica ventilador	W
Potencia elec. absorbida (Caudal max.)	46,8
Total 10 viviendas iguales	468,0

Otros datos

Caudal de referencia (m ³ /s)	0,029
Pot. específica del ventilador (W/m ³ /h)	0,208
Eficiencia térmica (%)	90
Dispone de Bypass térmico (SI/NO)	SI

VIVIENDAS TRES DORMITORIOS (8 viviendas)

Caudales de ventilación

Caudales de diseño	l/s	m ³ /h
Por vivienda	42,0	151,2
Total 8 viviendas	336,0	1209,6

Datos Recuperador y ventilador seleccionados

Caudal recuperador	l/s	m ³ /h
Caudal máximo	55,6	200,0
Total 8 viviendas iguales	444,4	1600,0

Potencia eléctrica recuperador	W
Potencia elec. absorbida (Caudal max.)	78,3
Total 8 viviendas iguales	626,4

Otros datos

Caudal de referencia (m ³ /s)	0,039
Pot. específica del ventilador (W/m ³ /h)	0,248
Eficiencia térmica (%)	87
Dispone de Bypass térmico (SI/NO)	SI

En el modelo del edificio que se simula en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER, se han de agrupar los valores de todas las viviendas del edificio. En este caso se trata de reunir los totales y promedios de los dos tipos calculados anteriormente.

El resumen del total del edificio con los datos que nos va a solicitar HULC se detalla en la siguiente tabla:

INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN MECÁNICA			RESUMEN DEL SISTEMA PARA TODO EL EDIFICIO		
	Caudal Diseño		DATOS VENTILADORES AGRUPADOS		
TIPO	l/s	m ³ /h	Caud max. (m ³ /h)	Pot. eléctrica a caudal max. (w)	
Viviendas de 2 dormitorios (10)	290,0	1044,0	1.510,0	468,0	
Viviendas de 3 dormitorios (8)	336,0	1209,6	1.600,0	626,4	
TOTALES	626,0	2253,6	3.110,0	1094,4	
DATOS RECUPERADORES AGRUPADOS			OTROS PARÁMETROS		
Caud. de ref. (m ³ /h)	Total viv. (m ³ /h)	Efic. media %	m ³ /s	W/m ³ /h	
106,0	1.060,0	90	Caudal de referencia	0,60	
141,0	1.128,0	87	Pot. específica del sistema	0,23	
TOTALES Y MEDIA	2.188,0 (*)	88,45 (**)			

(*) Este caudal de referencia de todas las viviendas en (m³/h) es el mismo que se refleja en la parte derecha de la tabla pero expresado en ese caso en m³/s.

(**) Esta media de eficacia del conjunto de recuperadores del edificio se ha obtenido de manera ponderada y proporcionada a los caudales totales que mueve cada tipo recuperador.

Con relación a la utilización de un recuperador de calor para este edificio conviene comentar:

- Dada la zona climática en la que se ubica (C1), en donde, ni las necesidades de calefacción ni refrigeración son especialmente altas, la utilización de este sistema no sería realmente necesaria para el cumplimiento de los niveles de consumo reglamentarios (una simulación con HULC sin el recuperador de calor nos arroja resultados dentro de cumplimiento).

		Valores límite	
Consumo EP no renovable [kWh/m ² .año]	15,30	32,00	CUMPLE
Consumo EP total [kWh/m ² .año]	36,30	64,00	CUMPLE
Número de horas fuera de consigna	108	350	CUMPLE

No obstante, se ha valorado conveniente su incorporación en este ejemplo de residencial colectivo para poder explicar y ver en detalle cómo se realiza una modelización de estos sistemas. Hay que recordar que la utilización de recuperadores de calor supone el funcionamiento permanente (durante los 365 días del año) de unos ventiladores-sistemas eléctricos con el consiguiente consumo que suponen, por lo que es imprescindible valorar el balance que se consigue entre la reducción de las demandas energéticas, por un lado, y el consumo que suponen por otro, y que habitualmente, en climas benignos, no llega a resultar positivo.

- También es conveniente señalar que la utilización de sistemas de recuperación de calor implica la necesidad de controlar la permeabilidad del edificio para conseguir que los caudales de aire pasen realmente por dicho sistema y se consiga su máxima eficacia. Por ello, deben conseguirse unos valores de permeabilidad (n_{50}) reducidos que, muchas veces, no se alcanzan mediante el cálculo teórico (cálculo realizado a partir del artículo 2 del Anejo H del DBHE) e implica la necesidad de realizar un control estricto de la ejecución de la obra y una verificación mediante ensayo de puerta soplante que permita la obtención de valores inferiores a 1 ren/h (el ejemplo tiene unos valores teóricos de n_{50} de 3,75).

CALOR

2. Acondicionamiento de invierno

Considerando las condiciones del clima en el que nos encontramos (en este caso **C1**), las exigencias de calefacción serán en principio, algo más importantes que las de refrigeración. Se propone un sistema de "calefacción por agua²", que como se ha dicho anteriormente, está alimentado por un equipo de bomba de calor aerotérmica. La distribución de la energía térmica se realiza de la misma forma para todas las viviendas mediante un circuito de agua (ida-retorno) que impulsa el fluido como máximo a 35°C y salto térmico de 5°C. Como elementos terminales de emisión se emplea la superficie útil para este fin de los suelos de los espacios acondicionados de las viviendas.

Se ha descartado incluir unidades terminales en las zonas comunes del edificio por lo que se consideran en el modelo como espacios "no acondicionados". Esta circunstancia se ha de tener en cuenta a la hora de valorar las cargas térmicas de las propias viviendas, considerando en las transferencias de calor el salto térmico adecuado entre los espacios acondicionados de las viviendas y las zonas comunes.

Las características del sistema y de los equipos que se incorporan en cada tipo de vivienda son los siguientes:

SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Sistema centralizado individual consistente en producción de energía mediante bomba de calor aerotérmica aire-agua, circuitos de distribución de agua (ida retorno) y unidades terminales de suelo radiante. Temperatura del agua de Impulsión: 35°C. Salto térmico en el retorno de 5°C. En todas las viviendas los circuitos son de polietileno reticulado y la sección del tubo es de DN 16 mm y separación de 10 cm, 15 cm, 20 cm, según la carga térmica de cada vivienda. Suelo radiante tipo A (según la defición de la norma) con soporte aislante liso y tubos totalmente embebidos en el mortero difusor del suelo.

BOMBAS DE CALOR ASIGNADAS POR TIPO DE VIVIENDA

Viviendas accesibles de 2 dormitorios (planta baja)

Pot. térmica calefacción Nominal	4,3 KW
Consumo nominal	0,84 KW
COP (Imp. 35°C, ΔT: 5°C) :	5,10

Viviendas 2 dormitorios en última planta (planta cuarta)

Pot. térmica calefacción Nominal	4,3 KW
Consumo nominal	0,84 KW
COP (Imp. 35°C, ΔT: 5°C) :	5,10

Viviendas de 2 dormitorios (planta tipo)

Pot. térmica calefacción Nominal	4,3 KW
Consumo nominal	0,84 KW
COP (Imp. 35°C, ΔT: 5°C) :	5,10

Viviendas 3 dormitorios en última planta (planta cuarta)

Pot. térmica calefacción Nominal	6 KW
Consumo nominal	1,24 KW
COP (Imp. 35°C, ΔT: 5°C) :	4,85

Viviendas de 3 dormitorios (planta tipo)

Pot. térmica calefacción Nominal	4,3 KW
Consumo nominal	0,84 KW
COP (Imp. 35°C, ΔT: 5°C) :	5,10

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SUELO RADIANTE

Temperatura ambiente interior (θ_i)	20 °C
Diámetro del tubo ($\varnothing 16$)	0,016 m
Espesor de pared del tubo	0,002 m
Conductividad Térmica del tubo (λ_R)	0,35 W/m-K
Resist. térmica revestimiento del suelo ($R_{\lambda,B}$)	0,01 m ² -K/W
Espesor mortero difusor sobre el tubo (S_U)	0,034 m (*)
Conductividad Térmica mortero difusor (λ_E)	1,2 W/m-K

(*) Para el cálculo del espesor de mortero difusor sobre los tubos de los circuitos del suelo radiante, se ha considerado una capa uniforme en todas las viviendas de 50 mm. Restados los 16 mm del tubo, disponemos de un recubrimiento de 34 mm.

² "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.

Respecto a las cargas térmicas que se han considerado para cada espacio acondicionado, no se incluye un cálculo detallado de las mismas en esta guía y se trata de una estimación para poder desarrollar el ejemplo. En todo caso, estos valores se pueden obtener por diferentes métodos de cálculo manual o informático.

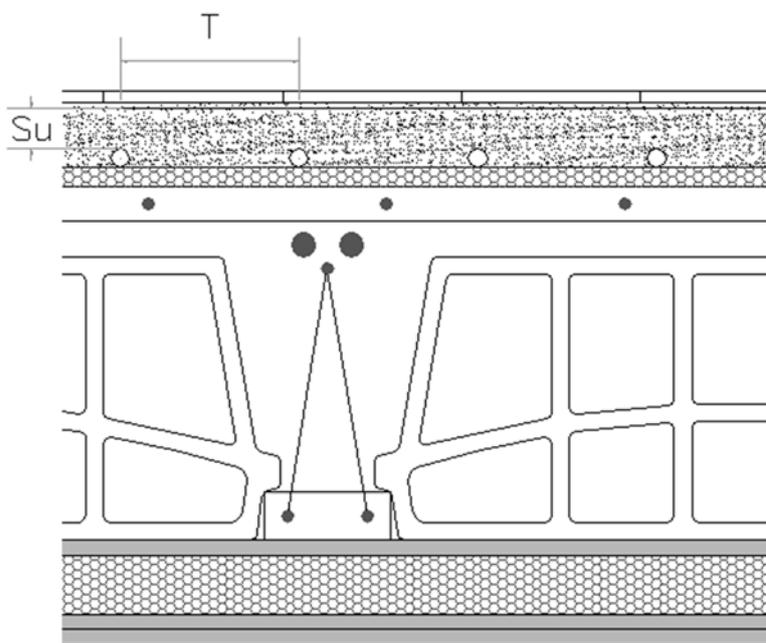
Por otra parte, para la estimación de la potencia instalada en el sistema de suelo radiante, se ha realizado una primera aproximación sin llevar a cabo un diseño y dimensionado completo de la instalación. Dicho dimensionado ha de realizarse, en cualquier caso, completo según los criterios y procedimientos previstos en la Norma *UNE-EN 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies*. La nomenclatura y simbología que aquí se emplea es la que se recoge en la *Parte 1 Definiciones y símbolos de la citada UNE-EN 1264*.

Las principales simplificaciones que hemos adoptado en el cálculo para nuestro ejemplo son las siguientes:

- Consideramos la vivienda un espacio único en cuanto a sus características higrotérmicas de cálculo.
- La superficie de revestimiento del suelo es idéntica en toda la vivienda y se trata de una baldosa cerámica.
- La sección de mortero situada por encima del tubo (S_u) la consideramos uniforme para todas las soluciones constructivas de cada vivienda, si bien, en las fichas de los detalles constructivos que se proponen varía en función del espesor necesario de la base soporte aislante. Esta base aislante, dependiendo de la situación de los locales que se encuentran bajo el forjado que contiene el suelo radiante, ha de cumplir unos valores de resistencia térmica mínima.
- La limitación de la temperatura superficial del suelo la restringiremos en todos los espacios a 29°C, sin distinguir entre zonas de permanencia, baños o zonas perimetrales.
- En cuanto a la superficie radiante efectiva (descontada la huella de tabiquería y otros espacios no aprovechables) hemos considerado el 75% de la superficie computable de cada vivienda. Esa será la superficie emisora disponible.

Para la estimación de la potencia instalada que se empleará en el cálculo de nuestro modelo, hemos de conocer la emisión que podemos obtener para un sistema concreto. Una forma habitual y sencilla de obtener este valor es el empleo de los campos de curvas características del sistema de cada configuración constructiva y técnica del suelo radiante. Por tanto, para poder avanzar en el cálculo, hemos de conocer y reunir los siguientes datos:

- las condiciones constructivas y geométricas del suelo radiante,
- características del material de recubrimiento del suelo radiante
- las condiciones en las que opera el circuito de agua que suministra la energía térmica a los espacios, material y diámetro de las conducciones, separación de tubos, temperaturas, etc.
- el salto térmico entre el fluido caloportador y la temperatura ambiente prevista.



Detalle constructivo del suelo radiante propuesto

A los efectos de la simulación que queremos hacer en HULC, necesitamos obtener la potencia específica de emisión. En este sentido y siguiendo el procedimiento descrito en la UNE-EN 1264-2 para el cálculo de la densidad de flujo térmico, con la configuración de nuestro suelo radiante y las diferentes separaciones de tubos, obtendremos las curvas características que definen su potencia específica. La curva característica, para una configuración concreta, nos da los valores de potencia térmica específica del sistema (q) partiendo de la diferencia de temperatura entre el fluido de calefacción y la de los espacios interiores acondicionados ($\Delta\theta_H$). La expresión para su cálculo es la siguiente:

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

donde,

K_H : es el coeficiente de transmisión térmica equivalente, que para sistemas de tubos dentro de la placa difusora (Tipo A y Tipo C) como es nuestro caso, se desarrolla de la siguiente forma:

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_t} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

donde,

B : es el coeficiente de transmisión térmica debido al material de las paredes del tubo empleado, el espesor de sus paredes y el recubrimiento si lo tuviera ($W/m^2 \cdot K$). (*)

a_B : es el factor de revestimiento del suelo. Para su cálculo es necesario conocer α , coeficiente de transmisión térmica que para calefacción tomaremos: $10,8 W/m^2 \cdot K$ y para la opción de suelo refrescante su valor será: $6,5 W/m^2 \cdot K$ (*)

$a_T^{m_T}$: es el factor de paso de la tubería. (*)

$a_u^{m_u}$: es el factor de recubrimiento. (*)

$a_D^{m_D}$: es el factor del diámetro exterior del tubo. (*)

(*) Para el cálculo de cada uno de estos factores revisar el procedimiento de cálculo en la UNE 1264-2 y el cuadro resumen en el anexo correspondiente de esta guía en el que se han calculado para las condiciones particulares del suelo radiante tal y como está configurado en este ejemplo.

Para el cálculo del salto térmico entre la temperatura del fluido de calefacción y la de los espacios interiores acondicionados ($\Delta\theta_H$), utilizamos nuevamente el procedimiento descrito en la citada Norma UNE-EN 1264-2 mediante la expresión:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

Donde,

$\Delta\theta_H$: es la diferencia de temperatura entre el fluido de calefacción y la temperatura de cálculo del ambiente interior de cada local (de cada vivienda en nuestro caso).

θ_V : Temperatura del agua en el circuito de impulsión (35°C en nuestro caso).

θ_R : Temperatura del agua en el circuito de retorno (30°C en nuestro caso).

θ_i : Temperatura ambiente en el interior de los espacios (20°C en nuestro caso).

Trasladando los valores de nuestro caso a la expresión anterior, obtenemos lo siguiente:

$$\Delta\theta_H = \frac{35 - 30}{\ln \frac{35 - 20}{30 - 20}} = 12,33^\circ\text{C}$$

Una vez obtenida la diferencia de temperatura entre el fluido caloportador y el ambiente interior de los espacios, lo llevaremos a las gráficas de los campos de curvas que construiremos para cada sistema que vamos a emplear.

Se han previsto tres variantes sobre el mismo sistema, con separaciones de tubos de 10 cm, 15 cm y 20 cm con el fin de adaptarnos mejor a la carga térmica de cada tipo de vivienda y que tiene que ver con la posición relativa (planta) que ocupan cada una de ellas en el edificio.

La resistencia térmica del revestimiento del suelo que hemos considerado es idéntica en todos los suelos y se corresponde con un acabado cerámico de resistencia térmica, $R_{\lambda,B} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$. Por tanto, la densidad de flujo térmico para cada una de las tres variantes son las siguientes:

PASO DE TUBO DE 20 CM

$$K_H = 4,7059 \text{ (*)}$$

$$q = 4,7059 \cdot 12,33 = 58,0 \text{ W/m}^2$$

PASO DE TUBO DE 15 CM

$$K_H = 5,4676 \text{ (*)}$$

$$q = 5,4676 \cdot 12,33 = 67,4 \text{ W/m}^2$$

PASO DE TUBO DE 10 CM

$$K_H = 6,3835 \text{ (*)}$$

$$q = 6,3835 \cdot 12,33 = 78,7 \text{ W/m}^2$$

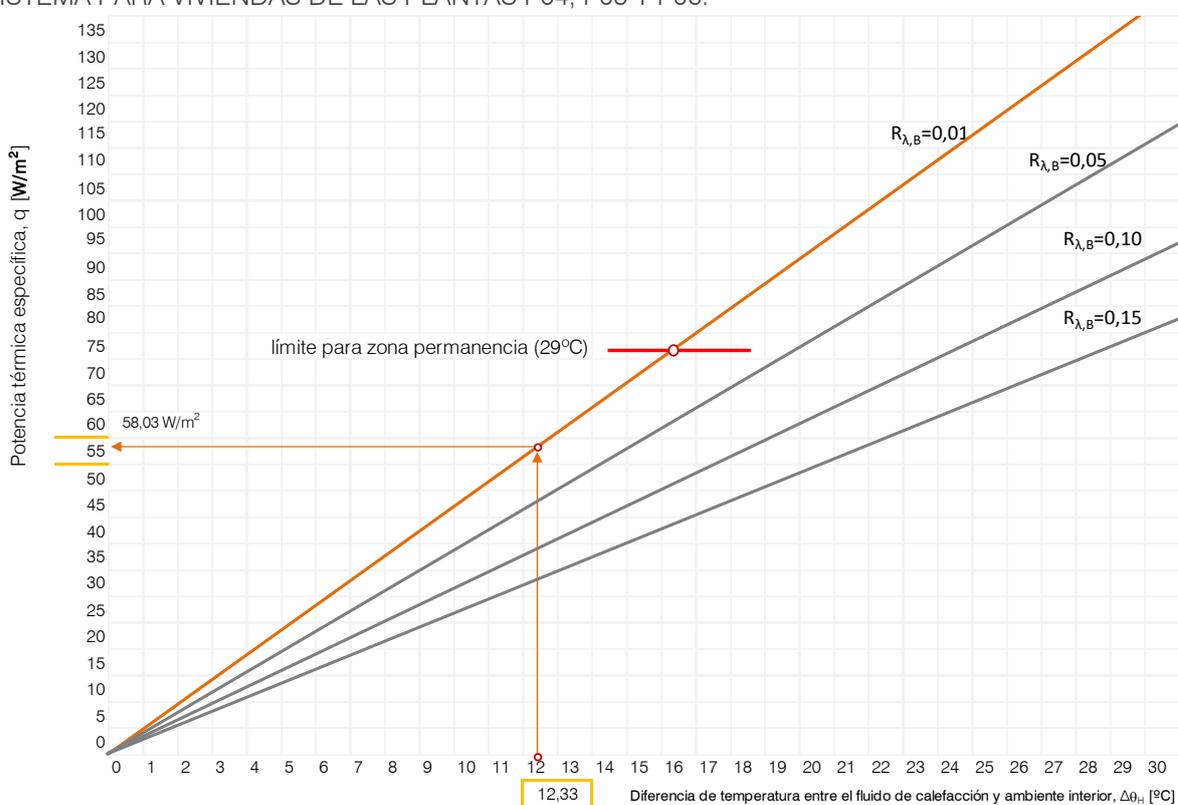
(*). Los cálculos del valor de K_H para cada caso, se han resumido en el ANEXO 2 Datos y cálculos del suelo radiante de esta guía.

Esos son, por tanto, los valores de emisión que vamos a emplear en cada tipo de vivienda según su carga térmica. Se resumen en el siguiente cuadro:

TIPO DE VIVIENDA	Potencia term. específica del sistema (W/m^2)
Viviendas de planta tipo (P04,P05 y P06)	58,0
Viviendas de planta baja (P03)	67,4
Viviendas de planta última (P07)	78,7

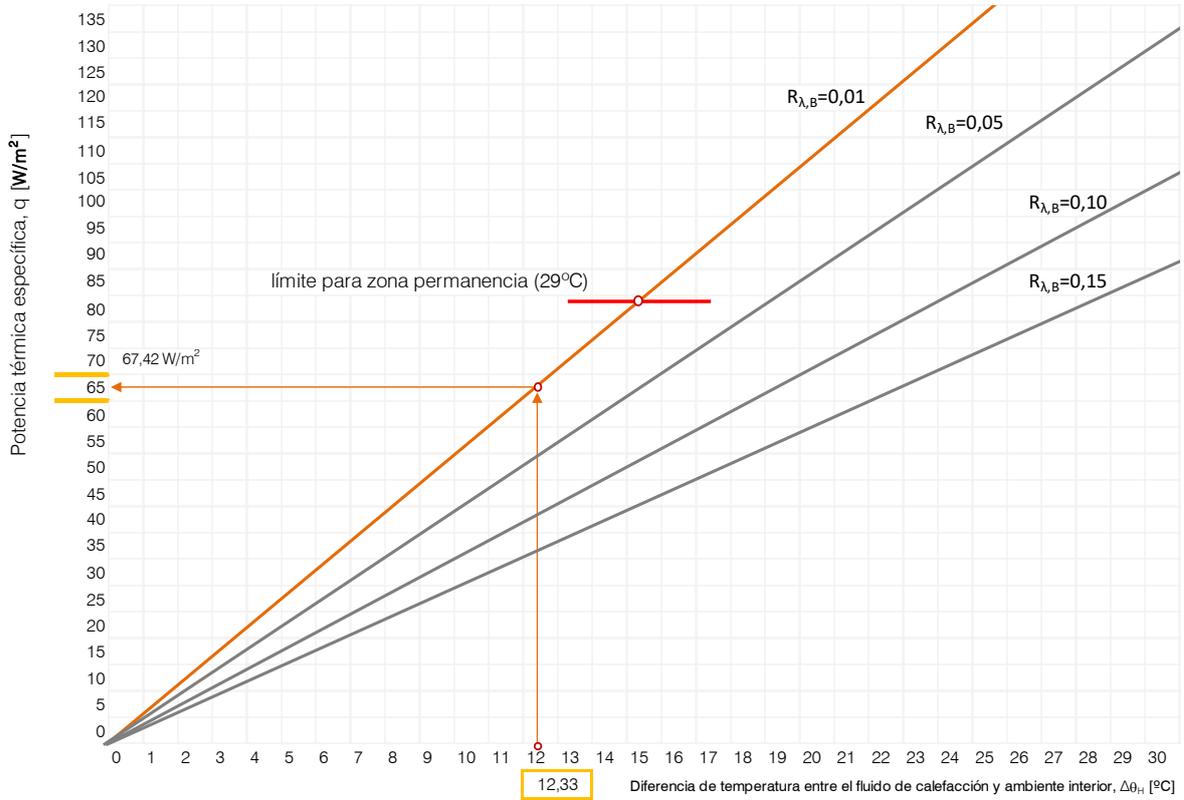
El campo de curvas de cada sistema, para distintas resistencias térmicas, dependiendo del tipo de recubrimiento del suelo, se muestra a continuación:

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE LAS PLANTAS P04, P05 Y P06.



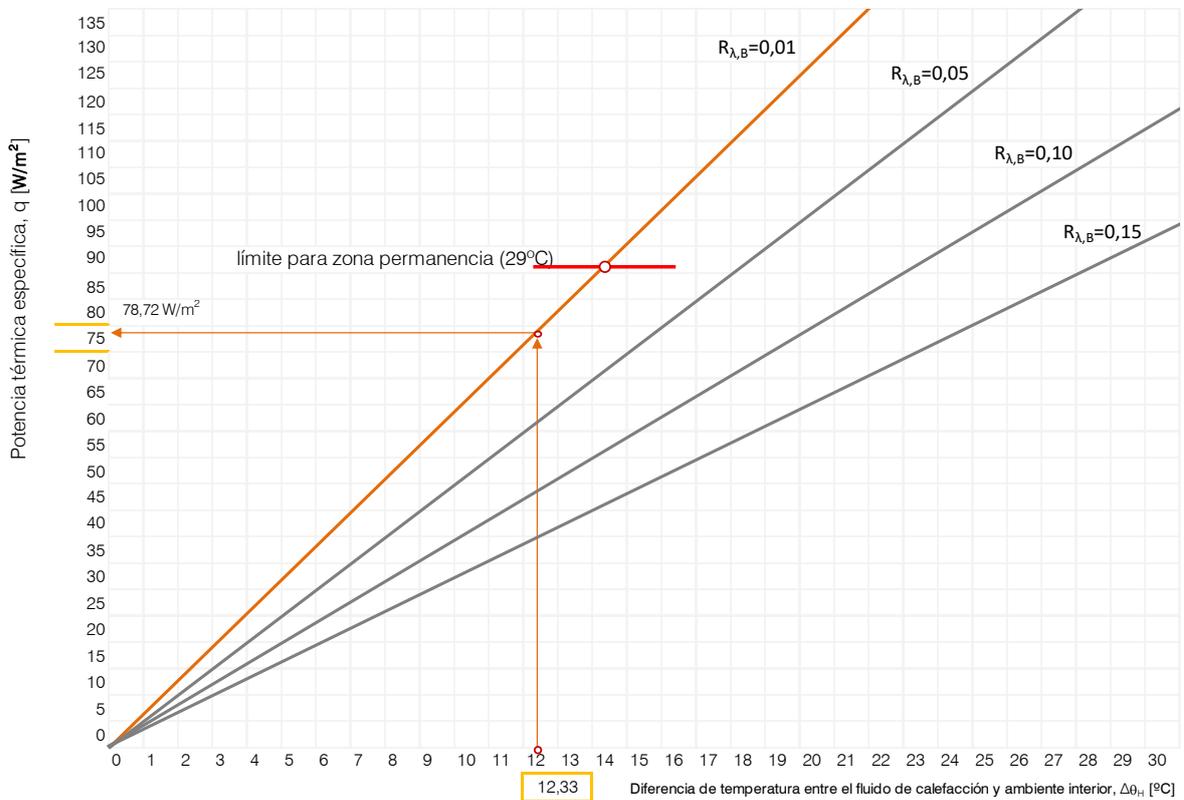
Campo de curvas características del sistema de suelo radiante. Separación de tubos 20 cm.

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE PLANTA BAJA P03.



Campo de curvas características del sistema de suelo radiante. Separación de tubos 15 cm.

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE PLANTA ÚLTIMA P07.



Campo de curvas características del sistema de suelo radiante. Separación de tubos 10 cm.

En la siguiente tabla se recoge el resumen, por espacios, de todos los datos necesarios para reproducir el sistema de calefacción en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER.

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE de emisión suelo radiante (m ²)	SIST. DE CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE			
						Estimación de Calefacción W/m ²	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN (kW)	Potencia específica instalada W/m ²	POTENCIA INSTALADA CALEFACCIÓN (kW)
Sótano	P01 E01	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-
	P01 E02	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-
Baja	P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	45,0	4,1	67,4	4,6
	P03 E02	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-
	P03 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P03 E04	Cuarto Tecn.+ Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-
	P03 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-
	P03 E06	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P03 E07	Cuarto Tecn.+ Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-
	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	45,0	4,1	67,4	4,6
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0	3,9
Primera	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
	P04 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P04 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
	P04 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P04 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	Segunda	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0
P05 E02		Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
P05 E03		Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
P05 E04		Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
P05 E05		Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
P05 E06		Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
P05 E07		Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
P05 E08		Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
P05 E09		Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
P05 E10		Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
Tercera	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0	3,9
	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
	P06 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P06 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
	P06 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P06 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
Cuarta	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	50,0	4,5	78,7	5,3
	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	50,0	5,3	78,7	6,2
	P07 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P07 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	50,0	5,3	78,7	6,2
	P07 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P07 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	50,0	4,5	78,7	5,4
	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
Azotea	P08 E01	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P08 E02	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
TOTALES				2.786,6	1.311,8		74,79		83,45

FRÍO

3. Acondicionamiento de verano

Se han previsto diferentes opciones o variantes posibles para la refrigeración de los espacios de las viviendas. En principio, un sistema de refrigeración que cubriría parcialmente las necesidades de acondicionamiento de verano de los espacios de las viviendas. Dicho sistema consistirá en la producción de frío mediante la misma bomba de calor aerotérmica que utilizamos para la calefacción y la preparación de ACS de cada vivienda, incorporando en los recuperadores de calor de ventilación, una batería de frío alimentada desde las BDC por un circuito de agua fría. Cuando hablamos de una neutralización parcial de las cargas térmicas de refrigeración de cada vivienda, es debido a que contamos, en principio, exclusivamente con el caudal de ventilación disponible en la impulsión de aire a los espacios.

Una segunda opción, incluiría la posibilidad de incorporar un "suelo refrescante" aprovechando la instalación ya prevista para calefacción.

Las características de este suelo refrescante y de la producción de frío de cada una de las BDC, según el tipo de vivienda, se detallan en el siguiente cuadro:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
Sistema centralizado individual consistente en producción de energía mediante bomba de calor aerotérmica aire-agua. La bomba de calor en este caso la utilizaremos como apoyo en el sistema de ventilación para aprovechar este caudal (aunque pequeño) y así conseguir un cierto refrescamiento en los espacios.	
BOMBAS DE CALOR ASIGNADAS POR TIPO DE VIVIENDA	
Viviendas accesibles de 2 dormitorios (planta baja)	
Pot. térmica refrigeración Nominal	4,86 KW
Consumo nominal	0,81 KW
EER (Imp. 18°C, ΔT: 5°C) :	5,98
Viviendas 2 dormitorios en última planta (planta cuarta)	
Pot. térmica refrigeración Nominal	4,86 KW
Consumo nominal	0,81 KW
EER (Imp. 18°C, ΔT: 5°C) :	5,98
Viviendas de 2 dormitorios (planta tipo)	
Pot. térmica refrigeración Nominal	4,86 KW
Consumo nominal	0,81 KW
EER (Imp. 18°C, ΔT: 5°C) :	5,98
Viviendas 3 dormitorios en última planta (planta cuarta)	
Pot. térmica refrigeración Nominal	5,96 KW
Consumo nominal	1,06 KW
EER (Imp. 7°C, ΔT: 5°C) :	5,61
Viviendas de 3 dormitorios (planta tipo)	
Pot. térmica refrigeración Nominal	4,86 KW
Consumo nominal	0,81 KW
EER (Imp. 18°C, ΔT: 5°C) :	5,98
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SUELO REFRESCANTE	
Temperatura ambiente interior (θ_i)	26 °C
Diámetro del tubo ($\varnothing 16$)	0,016 m
Espesor de pared del tubo	0,002 m
Conductividad Térmica del tubo (λ_R)	0,35 W/m-K
Resist. térmica revestimiento del suelo ($R_{\lambda,B}$)	0,01 m ² -K/W
Espesor mortero difusor sobre el tubo (S_U)	0,034 m (*)
Conductividad Térmica mortero difusor (λ_E)	1,2 W/m-K

La primera opción, batería de frío incorporada al recuperador de ventilación, que puede resultar interesante por su simplicidad, presenta una limitación importante, disponemos exclusivamente del

caudal de ventilación y en última instancia del caudal máximo que puede impulsar cada modelo de recuperador elegido.

En este sentido y dado que los caudales para los dos modelos de recuperador seleccionados son de 151 m³/h para las viviendas de dos dormitorios y 200 m³/h para las viviendas de tres dormitorios y considerando un salto térmico entre la temperatura de impulsión y la de consigna del local de 10°C (aprovechando al máximo dicho salto térmico) podemos calcular la potencia sensible de refrigeración disponible en cada local de la siguiente forma:

$$\phi_s = Q \cdot C_a \cdot \rho_a \cdot \Delta T$$

Donde,

- Q** Caudal disponible en m³/s. En nuestro caso dependiendo del recuperador empleado serán 151 m³/h o 200 m³/h dependiendo del modelo seleccionado para cada uno de los dos tipos de vivienda (2 ó 3 dormitorios).
- ϕ_s** Potencia sensible de refrigeración disponible para cada caudal (kW)
- ρ_a** Densidad del aire (1,20 kg/m³ a 20°C y presión atmosférica)
- C_a** Calor específico del aire (1,005 kJ/kg.K)
- ΔT** Salto de temperatura entre la impulsión y la temperatura del local. Una buena aproximación es considerar $\Delta T=10^\circ\text{C}$.

Aplicando la expresión anterior a los caudales disponibles se obtienen las potencias de refrigeración:

- Caudal de 151 m³/h, equivale a 0,0419 m³/s

$$\phi_{s,151} = 0,0419 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1,20 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^\circ\text{C} = 0,505 \text{ kW}$$

- Caudal de 200 m³/h, equivale a 0,0556 m³/s

$$\phi_{s,200} = 0,0556 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1,20 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^\circ\text{C} = 0,670 \text{ kW}$$

Los recuperadores previstos son entálpicos, es decir, recuperan tanto calor sensible como calor latente y el conjunto del sistema, al incluir batería de frío, podría neutralizar una pequeña parte de la carga latente del local, considerando la mayor complejidad de este cálculo y el reducido efecto sobre los resultados finales, estimaremos el total de la potencia de refrigeración disponible añadiendo un 15% a la potencia sensible calculada. En resumen:

Tipo de vivienda	Caudal disponible m ³ /h	Caudal disponible m ³ /s	Calor específico del aire kJ/kg.K	densidad del aire kg/m ³	ΔT °C	Potencia sensible de refrigeración disponible KW	Potencia total de refrigeración disponible KW
2 dormitorios	151,00	0,0419	1,005	1,20	10,0	0,51	0,58
3 dormitorios	200,00	0,0556				0,67	0,77

Como vemos, estos valores son muy pequeños, considerando, además, que se reparten en el conjunto de espacios de cada vivienda.

Para valorar su efecto, hemos simulado en HULC en primer lugar el edificio con sistema de calefacción y ACS pero sin ningún sistema de refrigeración y desactivando los sistemas de sustitución.

De esa primera prueba hemos obtenido un valor de 600 horas fuera de consigna, como horas totales en las que los diferentes espacios no alcanzan las condiciones de confort.

Número de horas fuera de consigna	600	350	NO CUMPLE
Consumo de EP total de los sistemas de sustitución [kWh/m ² .año]	-		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m ²]	2072,35		

A continuación, hemos introducido en HULC un sistema de climatización multizona por conductos, suponiendo que la batería de frío de los recuperadores se alimenta desde las bombas de calor de las que dispone cada vivienda. En este caso, el número de horas fuera de consigna desciende a 416, encontrándonos todavía por encima del límite normativo de las 350 horas.

Número de horas fuera de consigna	416	350	NO CUMPLE
Consumo de EP total de los sistemas de sustitución [kWh/m ² .año]	-		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m ²]	2072,35		

El detalle de todos los parámetros de esta configuración se muestra en la siguiente tabla:

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	REFRIGERACIÓN		SIST. DE VENTILACIÓN CON RECUPERADOR+ BAT. DE FRÍO			
					Refrigeración W/m ²	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN (kW)	CAUDAL IMPULSADO (m ³ /h)	POTENCIA INSTALADA REFRIGERACIÓN (kW)	Capacidad sensible (kW)	CONSUMO nominal refrigeración (kW)
Sótano	P01 E01	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-	-
	P01 E02	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-	-
P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-	-	
P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	40,0	3,6	151,0	0,58	0,51	0,10	
P03 E02	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-	-	
P03 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	
P03 E04	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-	-	
P03 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-	-	
P03 E06	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	
P03 E07	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-	-	
P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	40,0	3,6	151,0	0,58	0,51	0,10	
P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P04 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	
P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P04 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	
P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P04 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	
P04 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	
P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P05 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	
P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P05 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	
P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P05 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	
P05 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	
P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P06 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	
P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P06 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	
P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	200,0	0,77	0,67	0,13	
P06 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	
P06 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	
P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	151,0	0,58	0,51	0,10	
P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	45,0	4,1	151,0	0,58	0,51	0,10	
P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	45,0	4,7	200,0	0,77	0,67	0,14	
P07 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	
P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P07 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	
P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	45,0	4,7	200,0	0,77	0,67	0,14	
P07 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	
P07 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	
P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	45,0	4,1	151,0	0,58	0,51	0,10	
P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	
P08 E01	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	
P08 E02	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	
TOTALES				2.786,6		66,04		11,98	10,42	2,02

En cualquier caso, como hemos dicho, con esta configuración, además de la limitación del confort térmico que supone, no conseguimos el cumplimiento del límite de las horas fuera de consigna fijadas en 350 horas/año. Sería conveniente llegar a analizar cómo están distribuidas esas horas fuera de consigna tanto espacialmente (afectan solo a determinadas viviendas o al global de los espacios del edificio), como estacionalmente (si esa falta de confort se produce solo en verano pueden acumularse todas en las horas diarias de más calor generando una situación de “discomfort” muy importante). Para ello, puede revisarse la información que ofrece HULC en sus archivos:

- *NewBDL_DS_OBJ.Res* (informe de las horas, por servicios, en las que se obtienen temperaturas fuera de consigna)
- *Nombredelproyecto.csv* (informe de las horas, por equipos y espacios, en las que se obtienen temperaturas fuera de consigna)

Con el análisis global de la situación pueden establecerse diferentes estrategias que permitan mejorar el funcionamiento energético del edificio, evaluando en primer lugar las estrategias pasivas y posteriormente las que implican la utilización o incorporación de sistemas:

1. Tener en cuenta la existencia y activación de las sombras móviles de las que disponen los huecos (persianas) verificando su efecto sobre la demanda de refrigeración. Para evaluar su efecto se puede seguir el procedimiento descrito en el *DA DB-HE / 1* en su apartado 2.2.3 *Transmitancia total media mensual de energía solar de huecos con dispositivos de sombra móvil*. En él, se nos indica cómo proceder para realizar el cálculo de la transmitancia total media mensual de la energía solar a través del acristalamiento, considerando el efecto del dispositivo de sombra móvil empleado.

Partiendo de los valores de la *Tabla 15.a Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla ($f_{sh,with}$)*, obtendremos el valor de la transmitancia total media mensual de energía solar del acristalamiento para cada uno de los meses del periodo que queremos considerar, en nuestro caso, junio, julio, agosto y septiembre, por tratarse de los únicos meses que el edificio presenta demanda de refrigeración. Dicho valor de transmitancia total para cada mes, lo obtenemos mediante la siguiente expresión:

$$g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh,with} \cdot g_{gl;sh;wi}$$

Donde,

$f_{sh,with}$: es la fracción de tiempo con el dispositivo de sombra móvil activado, o factor reductor para sombreamientos solares móviles. Se obtiene de la *Tabla 15.a Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla ($f_{sh,with}$)*, en función de la zona climática, la orientación del hueco y el mes de cálculo.

$g_{gl;wi}$: es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento sin el dispositivo de sombra móvil activado. Este es el valor que figura en la ficha de cada vidrio.

$g_{gl;sh;wi}$: es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado. En nuestro ejemplo, están definidos para cada hueco en la tabla del $q_{sol;jul}$, control solar de la envolvente, de esta guía.

Como ejemplo, el valor de una ventana situada a sur para los meses de junio, julio, agosto y septiembre será el siguiente:

$$g_{gl;wi;junio} = (1 - 0,44) \cdot 0,6 + 0,44 \cdot 0,08 = 0,37$$

$$g_{gl;wi;julio} = (1 - 0,54) \cdot 0,6 + 0,54 \cdot 0,08 = 0,32$$

$$g_{gl;wi;agosto} = (1 - 0,67) \cdot 0,6 + 0,67 \cdot 0,08 = 0,25$$

$$g_{gl;wi;septiembre} = (1 - 0,75) \cdot 0,6 + 0,75 \cdot 0,08 = 0,21$$

El factor solar medio para el periodo de verano será la media de los cuatro meses calculados:

$$g_{gl;wi;verano} = (g_{gl;wi;jun} + g_{gl;wi;jul} + g_{gl;wi;ago} + g_{gl;wi;sep}) / 4$$

Continuando con el ejemplo del hueco orientado a sur, el valor del factor solar medio para el periodo completo de verano sería el siguiente:

$$g_{gl;wi;verano} = (0,37 + 0,32 + 0,25 + 0,21) / 4 = 0,2875 \cong 0,29$$

Como HULC ya aplica, por defecto, un factor de corrección a cada hueco de 0,7 (asimilable al uso de cortinas) pero menos efectivo que disponer de protecciones específicas, como es el caso, debemos “deshacer” ese efecto en el valor final a considerar. Para obtener el factor de corrección definitivo utilizaremos la siguiente expresión:

$$F = g_{gl;wi;verano} / (0,7 \cdot g_{gl;wi})$$

Nuevamente, en nuestro caso, el resultado será el siguiente:

$$F = 0,29 / (0,7 \cdot 0,6) = 0,69$$

Estos cálculos, personalizados para cada uno de los huecos del edificio, figuran en la tabla siguiente:

Valores de la Tabla 15.a Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla ($f_{sh,with}$) para CLIMA C1

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB
E	0,61	0,67	0,67	0,6
S	0,44	0,54	0,67	0,75
O	0,61	0,62	0,64	0,55
N	0	0	0	0

FRACTOR DE CORRECCIÓN DEL FACTOR SOLAR POR HUECOS (F)

$$F = g_{gl;wi;verano} / (0,7 \cdot g_{gl;wi})$$

$$\text{Factor solar medio: } g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh,with} \cdot g_{gl;sh;wi}$$

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	$g_{gl;wi}$	$g_{gl;sh;wi}$	$g_{gl;wi;m;jun}$	$g_{gl;wi;m;jul}$	$g_{gl;wi;m;ago}$	$g_{gl;wi;m;sep}$	$g_{gl;wi;verano}$	F factor de corrección
---------------------	-------------	-------------	-------------	----------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	------------------------

PLANTA SÓTANO. P01

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

PLANTA BAJA-VIVIENDAS P03

H3-N1	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H3-N2	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H3-O1.1	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-O1.2	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-O1.3	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-S1	PUERTA	SUR	0,6	0,75	0,67	0,68	0,70	0,71	0,69	1,64
H3-E5	PUERTA	ESTE	0,6	0,75	0,69	0,70	0,70	0,69	0,70	1,66
H3-E6	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H3-N4	PUERTA	NORTE	0,6	0,75	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H3-O6.1	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-O6.2	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-O6.3	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H3-S3	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H3-S4	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H3-E3	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H3-E4	PUERTA	ESTE	0,6	0,75	0,69	0,70	0,70	0,69	0,70	1,66

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	g _{gl} ;w _i	g _{gl} ;sh;w _i	g _{gl} ;w _i ;m;jun	g _{gl} ;w _i ;m;jul	g _{gl} ;w _i ;m;ago	g _{gl} ;w _i ;m;sep	g _{gl} ;w _i ;verano	F factor de corrección
---------------------	-------------	-------------	---------------------------------	------------------------------------	--	--	--	--	---	------------------------

PLANTA VIVIENDAS-TIPO P04 - P06

H4-N1	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H4-N2	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H4-O1.1	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.2	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.3	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H4-O1.4	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H4-O1.5	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.6	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.7	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.8	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.9	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H4-O1.10	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H4-O1.11	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-O1.12	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H4-S1	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H4-S2	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H4-E4.1	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.2	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.3	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.4	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.5	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.6	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.7	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H4-E4.8	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64

PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P07

H7-N1	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H7-N2	VENTANA TIPO	NORTE	0,6	0,08	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,43
H7-O1.1	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.2	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.3	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H7-O1.4	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H7-O1.5	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.6	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.7	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.8	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.9	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H7-O1.10	PUERTA	OESTE	0,6	0,75	0,69	0,69	0,70	0,68	0,69	1,64
H7-O1.11	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-O1.12	VENTANA TIPO	OESTE	0,6	0,08	0,28	0,28	0,27	0,31	0,29	0,68
H7-S1	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H7-S2	VENTANA TIPO	SUR	0,6	0,08	0,37	0,32	0,25	0,21	0,29	0,69
H7-E4.1	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.2	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.3	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.4	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.5	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.6	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.7	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64
H7-E4.8	VENTANA TIPO	ESTE	0,6	0,08	0,28	0,25	0,25	0,29	0,27	0,64

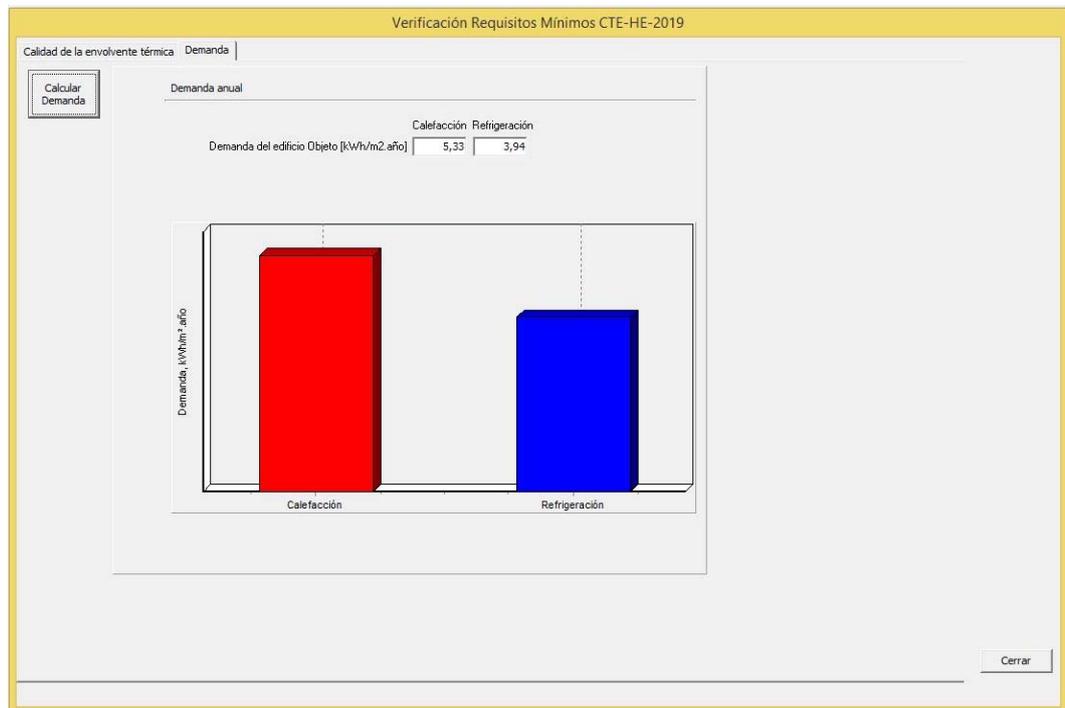
PLANTA ÁTICO. P08

H8-S1	PUERTA	SUR	0,6	0,75	0,67	0,68	0,70	0,71	0,69	1,64
H8-S2	PUERTA	SUR	0,6	0,75	0,67	0,68	0,70	0,71	0,69	1,64

En la simulación de HULC, debemos editar cada uno de los huecos y corregir el valor estacional del coeficiente de corrección por dispositivo de sombra (corrector del factor solar), que por defecto figura con el valor = 1, e introducir los datos obtenidos en la tabla. Para valores superiores a 1 se mantiene el valor por defecto (1).

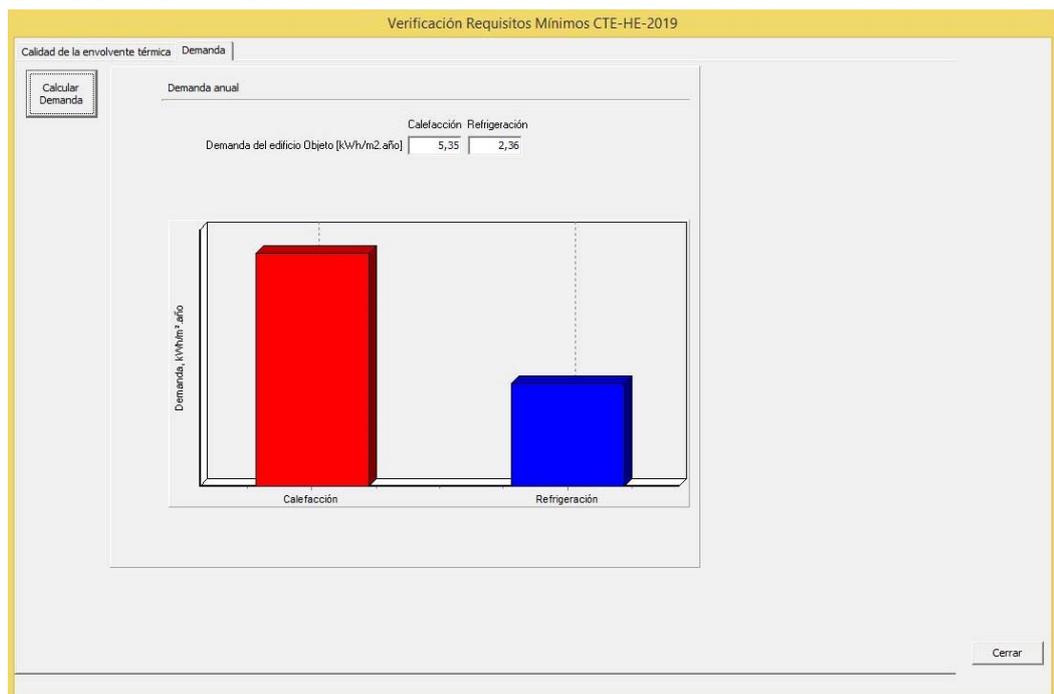
Una vez introducidos los valores correctores en los huecos del edificio, el efecto que se produce es una reducción de la demanda de 59,8% pasando de 3,94 kW/m²año a 2,36 kW/m²año. Los datos los presenta HULC de la siguiente forma:

ESTADO PREVIO



Demanda de calefacción y refrigeración del edificio en el estado original (sin factor de corrección)

ESTADO MODIFICADO



Demanda de calefacción y refrigeración del edificio (utilizando factor de corrección)

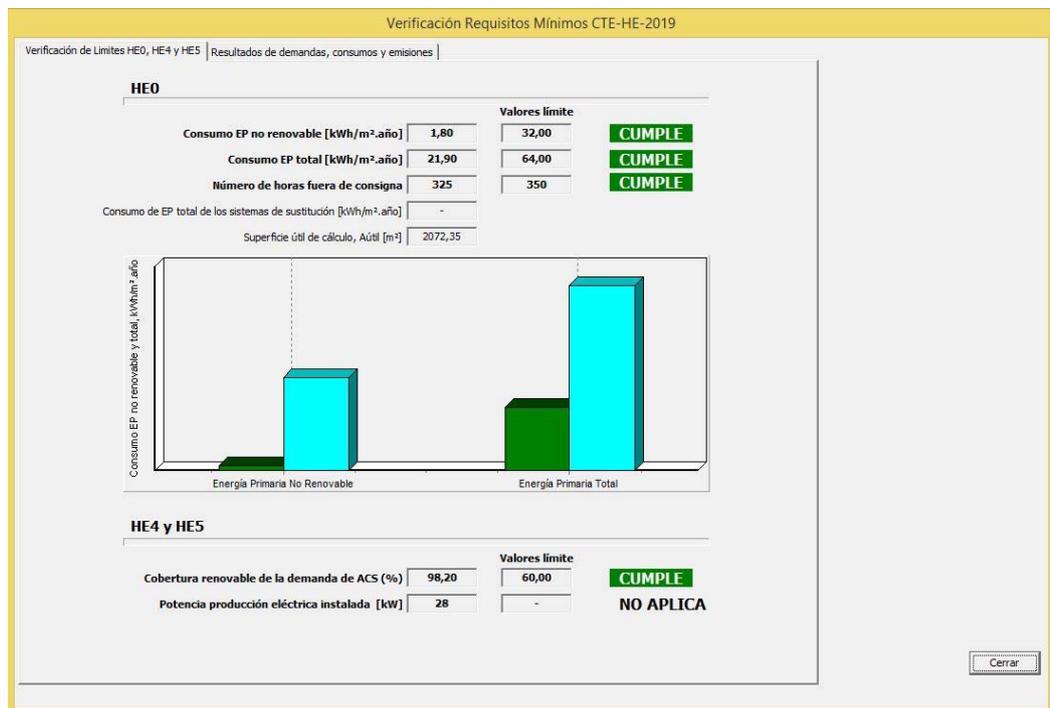
El efecto sobre consumos y sobre todo, sobre horas fuera de consigna, sin sistemas activos de refrigeración (tampoco sistemas de sustitución), es el siguiente:

Número de horas fuera de consigna	500	350	NO CUMPLE
Consumo de EP total de los sistemas de sustitución [kWh/m ² .año]	-		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m ²]	2072,35		

Recordemos que en el modelo original (sin sistemas y sin la corrección del factor solar de los huecos), las horas fuera de consigna sumaban un total de 600:

Número de horas fuera de consigna	600	350	NO CUMPLE
Consumo de EP total de los sistemas de sustitución [kWh/m ² .año]	-		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m ²]	2072,35		

Es decir, hemos reducido un total de 100 horas fuera de consigna y un porcentaje importante en la demanda de refrigeración. Si, además de esta solución, incorporamos la opción de la batería de frío en el recuperador de calor de ventilación, conseguimos un cumplimiento completo, incluidas las horas fuera de consigna. Con esta configuración los resultados son los siguientes:



- Otra posible estrategia, desde una perspectiva de optimización del comportamiento pasivo del edificio, sería evaluar qué capacidad de reducir las horas fuera de consigna tendría la utilización del enfriamiento gratuito diurno en verano (situación muy probable en esta localización). Es una estrategia que necesita una más compleja modelización en HULC por lo que no se trata en profundidad en este ejemplo, pero sí merece, al menos, su mención como posible estrategia.

3. La modelización introducida, como ya se ha explicado con anterioridad, responde a un planteamiento teórico, pero la realidad urbanística de la ubicación concreta del bloque probablemente suponga la existencia de otros bloques similares en el entorno circundante, lo que haría necesario contemplar las posibles sombras remotas arrojadas, especialmente sobre la fachada y los huecos con orientación oeste, que podrían llegar a ser relevantes.
4. Sobre el planteamiento inicial del sistema de refrigeración (Recuperador + Batería de frío), que suponen un mínimo apoyo en la refrigeración de viviendas, puede plantearse un chequeo de su funcionamiento activando los sistemas de sustitución de HULC. La existencia de estos sistemas de referencia está pensada para evitar el sobredimensionado de sistemas o su aparición en casos en los que su necesidad es residual, pero no para corregir un dimensionado insuficiente ya que iría en contra del cumplimiento del HE2 (IT1 del RITE). De esta manera, los sistemas de sustitución aportarían la potencia de refrigeración (y calefacción) que fuera necesaria para llegar a las temperaturas de consigna en todos los espacios, dejando, por tanto, siempre a 0 el número de horas fuera de consigna, computando el consumo de energía que suponen y las emisiones que producirían en base a los rendimientos y vectores energéticos utilizados que son los que se establecen en el DB-HE0:

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

Tabla 4.5-HE0 Sistemas de referencia

5. Una última opción posible, consistiría en incorporar un segundo sistema activo para la refrigeración de los espacios: el suelo refrescante. Complementaría al primero (Recuperador + Batería de frío) y conseguiremos un mayor confort térmico de verano. De esta forma, además, aprovecharemos mejor la potencia de frío del equipo de producción del que disponemos (bomba de calor aerotérmica) y nos serviremos también de las otras unidades terminales con las que contamos en los espacios, los circuitos de agua ya previstos para los suelos radiantes de calefacción de las viviendas. Con el fin de tener una mayor variedad de sistemas en el ejemplo, será esta la opción sobre la que desarrollaremos todas las comprobaciones de cumplimiento del edificio que nos ocupa.

Esta solución, en nuestro caso, en un entorno con una humedad relativa alta, ha de plantearse con ciertas precauciones y controlando siempre el riesgo de condensaciones intersticiales en los forjados emisores y superficiales, principalmente en cuartos húmedos donde la HR ambiente puede alcanzar en los momentos de uso valores muy altos. Por todo esto, convendrá siempre incorporar un sistema de regulación y control que garantice que, en ningún momento ni espacio, se supera el 80% de HR. Incluso, puede ser recomendable cortar de manera permanente la emisión de los circuitos de los cuartos húmedos en el modo de refrigeración (verano).

Las especiales precauciones que deben tomarse con el sistema de suelo refrescante para entornos con valores de humedad ambiente elevados son, al menos, las siguientes:

- Sistema de control y gestión de temperatura seca y de humedad que se anticipe a posibles problemas de condensaciones. El control sobre la humedad ambiente

debe estar basado en la lectura de la humedad absoluta del ambiente (no humedad relativa) pues con el mismo valor de humedad relativa podemos tener puntos de rocío muy diferentes dependiendo de la temperatura seca del ambiente.

- El sistema, en función de dicha humedad absoluta, activará los equipos capaces de la deshumectación (si existen) o directamente interrumpirá el servicio para el espacio o espacios afectados.
- La deshumidificación debería realizarse con equipos específicos (solo retirando carga latente del ambiente), reservando el enfriamiento sensible a la instalación de suelo refrescante.
- En estos casos, se recomienda trabajar con temperaturas superficiales superiores a 19°C.

En este mismo sentido, la cuestión crítica es fijar la temperatura mínima del agua en el circuito de refrigeración. El sistema de refrigeración debe trabajar en todo momento por encima de la temperatura de rocío (θ_{Dp}) del aire en el que opera. Las condiciones de cálculo del aire en A Coruña las podemos tomar de la norma UNE 100001 de Condiciones climáticas para proyectos de climatización, que, para un percentil del 99%, tenemos lo siguiente: $T_s = 24,9^\circ\text{C}$ y $T_{HC} = 19,1^\circ\text{C}$. Podemos fijar unas condiciones de diseño interior, por ejemplo, 26°C y 50% de HR siempre que podamos garantizar la deshumidificación del aire. La norma UNE 1264-3 fija un valor específico del punto de rocío regional ($\theta_{Dp,R0} = 18^\circ\text{C}$) que corresponde a un contenido de humedad del aire de 13 g/kg. A partir del valor de diseño elegido ($\theta_{Dp,des}$) podemos ajustar la temperatura de impulsión que optimice el sistema sin riesgo de que se produzcan condensaciones.

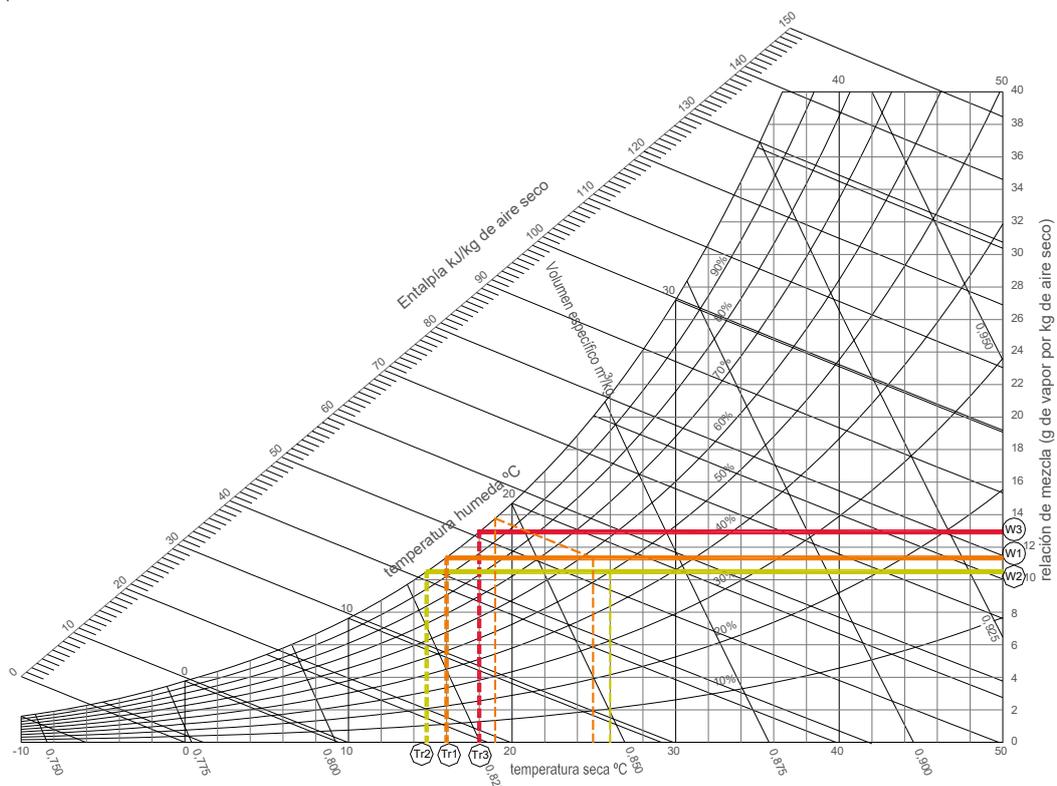


Diagrama psicrométrico (nivel del mar) con las temperaturas de rocío de las tres opciones de partida anteriormente descritas: $T_{r1} = 16^\circ\text{C}$; $T_{r2} = 14,8^\circ\text{C}$; $T_{r3} = 18^\circ\text{C}$

El valor más desfavorable se alcanzará en el circuito de ida y, por tanto, para nuestro ejemplo, de manera simplificada, hemos considerado en los cálculos la condición más conservadora, una temperatura del agua de impulsión siempre $\geq 18^\circ\text{C}$, con un salto térmico de 2°C . Esta limitación reduce la potencia de emisión y, en consecuencia, aunque la demanda de refrigeración es muy pequeña, este sistema por sí solo puede que no sea capaz de neutralizar el total de las cargas térmicas de cada vivienda, por lo que mantendremos las dos aportaciones: batería de frío en los recuperadores de calor y suelo refrescante, ambos alimentados con las bombas de calor aire-agua disponibles. Para simplificar la simulación, ambos sistemas los agruparemos en uno único de “climatización por conductos” en HULC.

A la hora de estimar la potencia específica con la que podemos contar en el suelo refrescante, emplearemos el mismo procedimiento utilizado para el suelo radiante de calefacción. Las condiciones constructivas son lógicamente idénticas y la única diferencia en los valores iniciales se encuentra en el cálculo de a_b , factor de revestimiento del suelo, en el que interviene α , coeficiente de transmisión térmica, que para el caso del suelo refrescante es igual a $6,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Para el cálculo del salto térmico entre la temperatura del fluido de refrigeración y la de los espacios interiores acondicionados ($\Delta\theta_c$), utilizamos el procedimiento descrito en la Norma UNE-EN 1264-3 mediante la expresión:

$$\Delta\theta_c = \frac{\theta_{C,out} - \theta_{C,in}}{\ln \frac{\theta_{C,in} - \theta_i}{\theta_{C,out} - \theta_i}}$$

Donde,

$\Delta\theta_c$: es la diferencia de temperatura entre el fluido de refrigeración y la temperatura de cálculo del ambiente interior de cada local (de cada vivienda en nuestro caso).

$\theta_{C,in}$: Temperatura del agua en el circuito de impulsión de agua de refrigeración (18°C en este caso).

$\theta_{C,out}$: Temperatura del agua en el circuito de salida del sistema de refrigeración (20°C en este caso).

θ_i : Temperatura ambiente en el interior de los espacios (26°C en nuestro caso).

Trasladando los valores de nuestro caso a la expresión anterior, obtenemos lo siguiente:

$$\Delta\theta_c = \frac{20 - 18}{\ln \frac{18 - 26}{20 - 26}} = 6,95^\circ\text{C}$$

Por tanto, la densidad de flujo térmico de refrigeración para cada una de las tres variantes (separación de tubos), son las siguientes:

PASO DE TUBO DE 20 CM

$K_H = 4,7319$

$$q = 4,7319 \cdot 6,95 = 32,9 \text{ W/m}^2$$

PASO DE TUBO DE 15 CM

$$K_H = 5,4978$$

$$q = 5,4978 \cdot 6,95 = 38,2 \text{ W/m}^2$$

PASO DE TUBO DE 10 CM

$$K_H = 6,4187$$

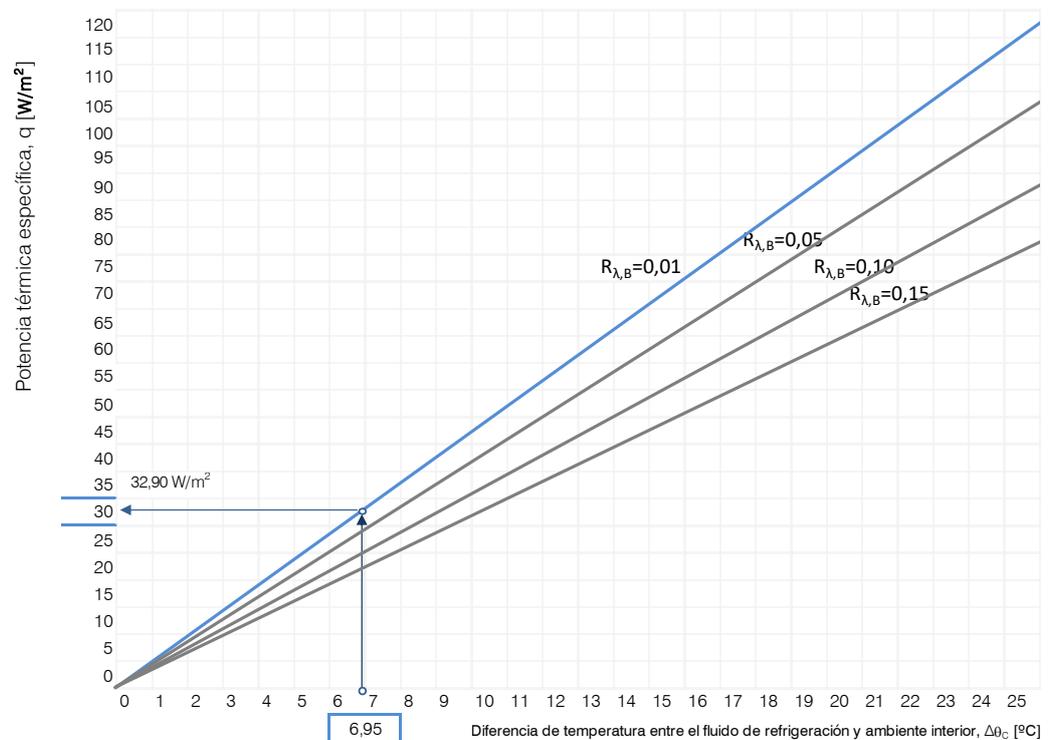
$$q = 6,4187 \cdot 6,95 = 44,6 \text{ W/m}^2$$

El resumen de las potencias específicas obtenidas y la correspondencia con las viviendas del edificio en las que se emplean son las siguientes:

TIPO DE VIVIENDA	Potencia term. específica del sistema (W/m ²)
Viviendas de planta tipo (P04,P05 y P06)	32,9
Viviendas de planta baja (P03)	38,2
Viviendas de planta última (P07)	44,6

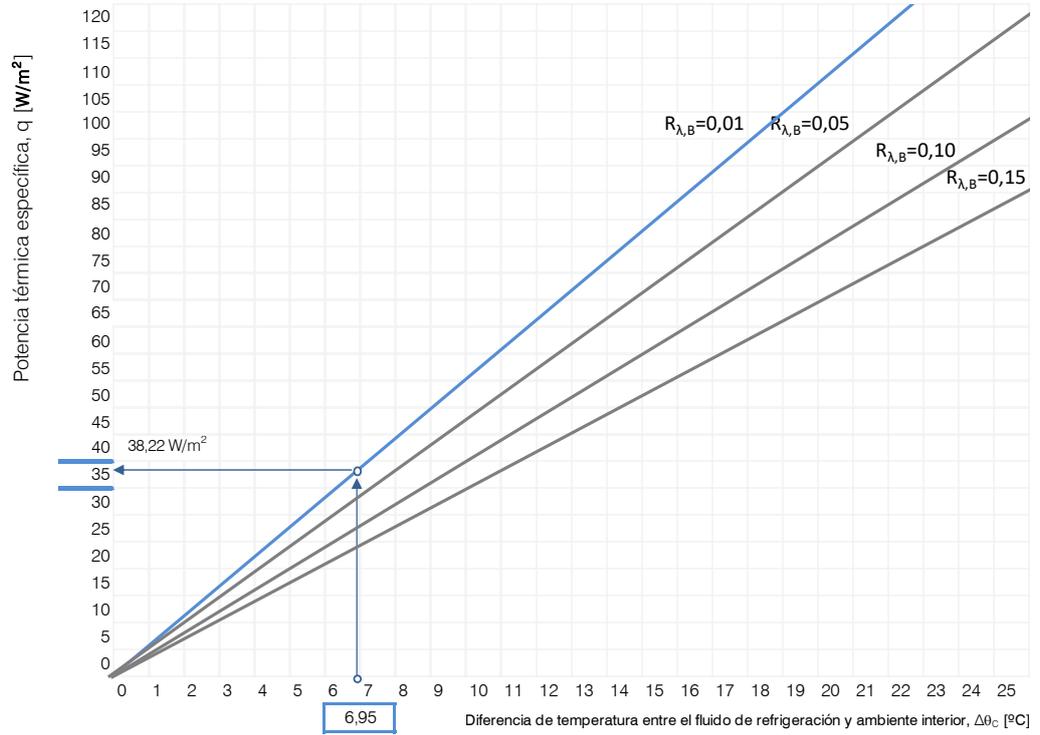
El campo de curvas características de cada sistema, para distintas resistencias térmicas de acabados superficiales, se muestra a continuación:

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE LAS PLANTAS P04, P05 Y P06.



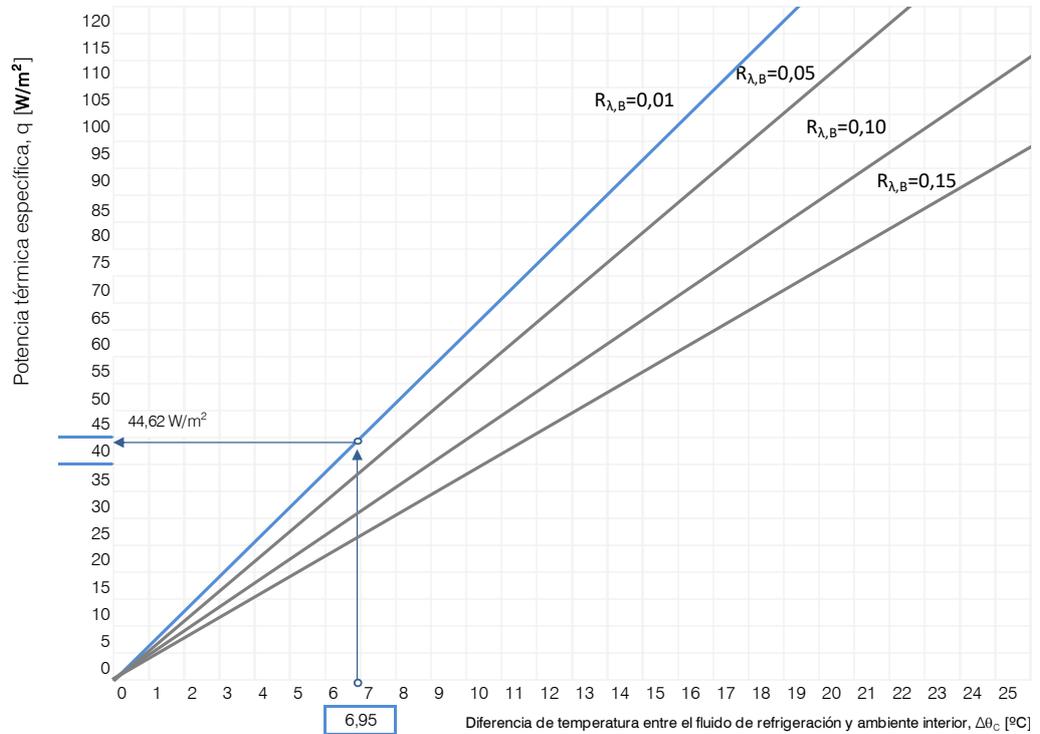
Campo de curvas características del sistema de suelo refrescante. Separación de tubos 20 cm.

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE PLANTA BAJA P03.



Campo de curvas características del sistema de suelo refrescante. Separación de tubos 15 cm.

SISTEMA PARA VIVIENDAS DE PLANTA ÚLTIMA P07.



Campo de curvas características del sistema de suelo refrescante. Separación de tubos 10 cm.

El resto de los datos y valores calculados para esta instalación figuran en el ANEXO 3 Datos y cálculos del suelo refrescante de esta guía.

El resumen para todas las viviendas, con las potencias entregadas y consumos en cada una de ellas es el siguiente:

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	SISTEMA DE SUELO REFRESCANTE					
					SUPERFICIE de emisión suelo radiante (m ²)	Potencia específica instalada (W/m ²)	POTENCIA INSTALADA REFRIGERACIÓN (kW)	Capacidad sensible (kW)	CONSUMO nominal refrigeración (kW)	Caudal virtual de aire equivalente (para HULC) (m ³ /h)
Sótano	P01 E01	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-	-
	P01 E02	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-	-
Baja	P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-	-
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	38,22	2,59	2,59	0,43	773,34
	P03 E02	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-	-
	P03 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P03 E04	Cuarto Tecn.+ Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-	-
	P03 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-	-
	P03 E06	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P03 E07	Cuarto Tecn.+ Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-	-
	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	38,22	2,61	2,61	0,44	777,72
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	32,90	2,23	2,23	0,37	665,69
Primera	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	32,90	2,60	2,60	0,44	776,64
	P04 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P04 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	32,90	2,60	2,60	0,43	775,16
	P04 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P04 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	32,90	2,24	2,24	0,38	669,47
	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	32,90	2,23	2,23	0,37	665,69
Segunda	P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	32,90	2,60	2,60	0,44	776,64
	P05 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P05 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	32,90	2,60	2,60	0,43	775,16
	P05 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P05 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	32,90	2,24	2,24	0,38	669,47
	P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	32,90	2,23	2,23	0,37	665,69
Tercera	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	32,90	2,60	2,60	0,44	776,64
	P06 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P06 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	32,90	2,60	2,60	0,43	775,16
	P06 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P06 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	32,90	2,24	2,24	0,38	669,47
	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	44,62	3,02	3,02	0,51	902,84
Cuarta	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	44,62	3,53	3,53	0,63	1053,30
	P07 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P07 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	44,62	3,52	3,52	0,63	1051,30
	P07 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P07 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	44,62	3,04	3,04	0,51	907,95
	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	Azotea	P08 E01	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
P08 E02		Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
TOTALES				2.786,6	1.311,8	649,72	47,33	47,33	7,99	

De cara a la simulación del sistema completo (recuperador con batería de frío + suelo refrescante) en HULC, siendo uno un sistema de aire y el otro de agua y buscando una aproximación lo más sencilla posible, hemos optado por la siguiente configuración y procedimiento:

- En HULC hemos previsto un sistema único multizona por conductos que sustituye a los dos reales existentes:
 - recuperador de calor con batería de frío y fluido caloportador a los locales aire.
 - suelo refrescante que emplea agua como fluido en las unidades terminales. En este caso, este sistema solo se neutraliza carga sensible y no latente, se trata de un enfriamiento sensible a presión de vapor constante.

2. Para agrupar ambos sistemas en uno único de conductos de aire en HULC, hemos de transformar la potencia que entrega la superficie refrescante (de agua) en un caudal de aire equivalente. Para esta simplificación, emplearemos nuevamente la expresión de paso de potencias a caudales, de aire en este caso.

$$Q = \frac{\phi_s}{C_a \cdot \rho_a \cdot \Delta T} \cdot 3,6$$

Donde,

Q Caudal necesario en m³/h.

φ_S Potencia sensible de refrigeración que entrega el suelo refrescante en cada espacio (kW)

ρ_a Densidad del aire (1,20 kg/m³ a 20°C y presión atmosférica)

C_a Calor específico del aire (1,005 kJ/kg.K)

ΔT Salto de temperatura entre la impulsión y la temperatura del local. Una buena aproximación es considerar ΔT=10°C.

El resumen del sistema completo de refrigeración y los datos de la instalación con la que se van a efectuar los cálculos y que se introducirán en el modelo de HULC es el siguiente:

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m²)	Refrigeración W/m²	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN (kW)	RECUP+FRÍO		SUELO REFRESC		SISTEMA VIRTUAL TOTAL		
							POTENCIA DISPONIBLE REFRIGERACIÓN (kW)	POTENCIA DISPONIBLE REFRIGERACIÓN (kW)	POTENCIA TOTAL INSTALADA REFRIGERACIÓN (kW)	Capacidad sensible (kW)	CONSUMO nominal refrigeración (kW)	CAUDAL VIRTUAL IMPULSADO (m³/h)	
Sótano	P01 E01	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P01 E02	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	40,0	3,6	0,58	2,59	3,17	3,10	0,53	924	-	
P03 E02	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E04	Cuarto Tecn. + Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E06	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E07	Cuarto Tecn. + Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	40,0	3,6	0,58	2,61	3,19	3,11	0,53	929	-	
P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	0,58	2,23	2,81	2,74	0,47	817	-	
P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	977	-	
P04 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P04 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	975	-	
P04 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P04 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	0,58	2,24	2,82	2,75	0,47	820	-	
P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	0,58	2,23	2,81	2,74	0,47	817	-	
P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	977	-	
P05 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	975	-	
P05 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	0,58	2,24	2,82	2,75	0,47	820	-	
P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	0,58	2,23	2,81	2,74	0,47	817	-	
P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	977	-	
P06 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	0,77	2,60	3,37	3,27	0,56	975	-	
P06 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	0,58	2,24	2,82	2,75	0,47	820	-	
P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	45,0	4,1	0,58	3,02	3,61	3,53	0,60	1054	-	
P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	45,0	4,7	0,77	3,53	4,30	4,20	0,77	1253	-	
P07 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	45,0	4,7	0,77	3,52	4,29	4,19	0,77	1251	-	
P07 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	45,0	4,1	0,58	3,04	3,62	3,55	0,61	1059	-	
P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P08 E01	Núcleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P08 E02	Núcleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTALES				2.786,6		66,04	11,98	47,33	59,31	57,75	10,01	17.237,32	

ACS

4. Producción de ACS

El sistema de preparación de ACS se vincula en la producción al ya descrito de calefacción y refrigeración, es decir, la bomba de calor aerotérmica con la que se equipa a cada vivienda del edificio. La unidad interior de cada equipo incorpora un acumulador de 180 litros en las viviendas de 2 dormitorios y de 200 litros en las de 3 dormitorios.

La contribución renovable de la demanda de ACS se obtiene de la fracción renovable aplicable a la bomba de calor y de la contribución, en la misma proporción que el consumo de ACS con respecto al consumo total de usos EPB del edificio, en la producción de energía eléctrica de los paneles fotovoltaicos que se incorporan en cubierta.

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 la demanda de ACS.

Las exigencias de la sección HE4 se refieren al conjunto del edificio y no a partes del mismo o a unidades de uso, por lo que la demanda a considerar es, consecuentemente, la del conjunto y no la de las diferentes unidades de uso (viviendas), independientemente de que la generación de ACS sea descentralizada como ocurre en este caso con equipos individuales. En nuestro caso partimos de una manzana completa y así deberíamos considerarla en el cálculo si su construcción es simultánea. Para nuestro caso de estudio, se ha considerado el planteamiento de la ejecución por partes de cada uno de los lados de la manzana como proyectos y ejecución independientes.

Considerando el conjunto de este edificio en esas condiciones, se realizan los cálculos para las 18 viviendas del brazo oeste de la manzana.

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

PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE ACS

Sistema de producción mediante bomba de calor aerotérmica que aporta la energía necesaria para la preparación del ACS. Apoyo en su consumo eléctrico mediante paneles solares fotovoltaicos.

PRODUCCIÓN SISTEMA CONVENCIONAL

Características de la bomba de calor

Son las mismas características del sistema de calefacción detalladas para cada tipo de vivienda. La bomba de calor en modo calefacción es la que produce la energía necesaria para la preparación del ACS.

PREPARACIÓN Y ACUMULACIÓN viviendas de 2 dorm.

Tipo de preparación final:	Acumulación
Volumen de acumulación:	180 litros
Tª de distribución:	50 °C
Tª de utilización:	45 °C
Coef. pérdidas acumulador (A:U):	0,60 W/°C

PREPARACIÓN Y ACUMULACIÓN viviendas de 3 dorm.

Tipo de preparación final:	Acumulación
Volumen de acumulación:	200 litros
Tª de distribución:	50 °C
Tª de utilización:	45 °C
Coef. pérdidas acumulador (A:U):	0,65 W/°C

(*) Se han utilizado las ocupaciones mínimas que figuran en el anejo F (Tabla a) del DB HE.

DEMANDA DE ACS viviendas de 2 dormitorios**Programa de la vivienda**

Dormitorios	2
Ocupantes (*)	3
Necesidades de ACS	28 l/p día
Demanda diaria de ACS	84 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	8,4 l/día
---	-----------

Total Demanda de ACS 92,4 l/día

DEMANDA DE ACS viviendas de 3 dormitorios**Programa de la vivienda**

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	4
Necesidades de ACS	28 l/p día
Demanda diaria de ACS	112 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	11,2 l/día
---	------------

Total Demanda de ACS 123,2 l/día

DEMANDA TOTAL DE ACS EN EL EDIFICIO

10 viviendas de 2 dormitorios	924,0 l/día
8 viviendas de 3 dormitorios	985,6 l/día
TOTAL	1909,6 l/día

En cualquier caso, la demanda del edificio completo es de 1909,6 l/día, 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. Las pérdidas debidas a distribución y recirculación se incorporan estimadas ya en este cuadro. En el apartado dedicado a la justificación del cumplimiento de la Sección HE 4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria se completan los cálculos de pérdidas en lo que se refiere a la acumulación y se comprobará el cumplimiento de esta exigencia.

FOTO

5. Producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos

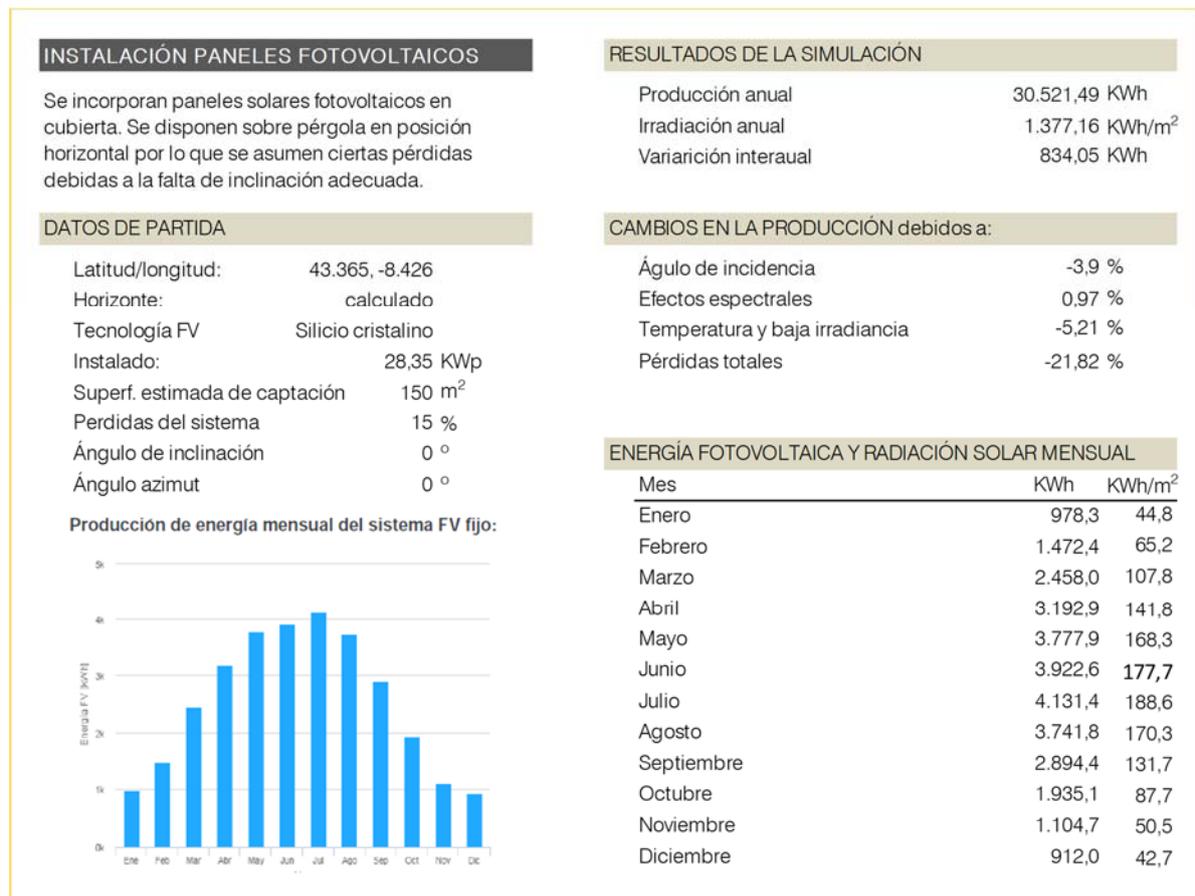
El edificio incorpora un campo de paneles solares fotovoltaicos para la producción de energía fotovoltaica destinada a obtener energía eléctrica. Con ella se pretende compensar el consumo que se produce en las bombas de calor aerotérmicas de los sistemas de calefacción-refrigeración y de ACS.

Los paneles se disponen sobre la pérgola de circulación en rotonda que existe en cubierta. La disposición es totalmente horizontal. Se ha considerado para los cálculos una superficie útil de captación de 150 m². Es una estimación conservadora pues, tal y como se refleja en el plano de planta de cubierta, la superficie total de pérgola, según su disposición en el plano, supera los 190 m² en el plano horizontal. Independientemente de cuál sea el sistema de sujeción y colocación, parece probable que se puedan alcanzar esos 150 m² de superficie útil de captación.

Los datos de producción se han obtenido empleando la aplicación PVGIS que se encuentra disponible en el siguiente enlace web:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

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



Estos son los valores que utilizaremos en el modelo de HULC a la hora de introducir la energía fotovoltaica producida in situ.

ILUMIN

6. Instalación de iluminación de las zonas comunes del edificio

En el edificio se ha previsto un sistema de iluminación de sus zonas comunes basado en el aprovechamiento de la luz natural y el complemento de esta mediante la instalación de un sistema de iluminación artificial. El acceso a la luz natural se produce principalmente en el núcleo de escaleras y en la zona de acceso y portal. Los distribuidores de planta se acondicionan mediante un sistema de iluminación artificial. Así mismo, el garaje dispondrá de un sistema de iluminación artificial que garantice unas condiciones óptimas de visibilidad para este uso.

Todas las zonas dispondrán de un sistema de activación mediante detectores de presencia que optimizarán los encendidos y apagados de la instalación. Además, las zonas que disponen de acceso a la luz natural dispondrán de un sistema de compensación y regulación de las luminarias que complemente, exclusivamente cuando sea necesario, la iluminancia prevista y que no se puede alcanzar mediante la iluminación natural recibida a través de los huecos de fachada de cada espacio.

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

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LAS ZONAS COMUNES DEL EDIFICIO	
Sistema de iluminación artificial de complemento a la luz natural disponible en las zonas comunes del edificio, tanto en la parte residencial como de trasteros. Iluminación en la zona de garaje-aparcamiento. Se trata de luminarias tipo led con sistema de control de presencia temporizado y zonificado en todos los casos. Sistema de compensación de la luz natural de tal manera que la iluminación artificial se activa exclusivamente cuando la luz natural no proporciona la iluminación necesaria en cada ámbito.	
DATOS DE LA INSTALACIÓN EN CADA UNA DE LAS ZONAS OBLIGADAS AL CUMPLIMIENTO	
Tipo de luminarias previstas en todas las zonas	led
Potencia media instalada en zonas comunes de residencial, aparcamiento y trasteros	4,0 W/m ²
Iluminancia media en zonas comunes de residencial, aparcamiento y trasteros	150 lux
Potencia media instalada en garaje-aparcamiento	2,0 W/m ²
Iluminancia media en garaje-aparcamiento	70 lux
CONTROL Y GESTIÓN DE LA INSTALACIÓN EN TODAS LAS ZONAS	
Dispone de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico	SI
Dispone cada zona de encendido y apagado por detección de presencia temporizado	SI
Dispone de sistema de aprovechamiento de la iluminación natural donde exista	SI

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 una de las exigencias 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 como punto de partida 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 de igual 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 compactidad 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 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 mayor problema 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 $[U]^3$ 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 $W/m^2 \cdot K$.

³ 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.

Normalmente los cerramientos opacos ya pertenezcan a la envolvente o a particiones interiores, estarán compuestos de varias “hojas” y diferentes materiales. El cálculo de la transmitancia de estos elementos se describe detalladamente en el documento de ayuda DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. También en 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, también se desarrollada la metodología de cálculo en el documento de ayuda DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

- Coeficiente de transmisión térmico lineal o transmitancia térmica lineal⁴ 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 [$m^3/h \cdot m^2$].
 - 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 ocupado por forjados y 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}].

⁴ 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.

- 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).

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 dm³/s por m² de área útil de dicho espacio,

iii) espacios con grandes aberturas permanentes al exterior, de al menos 0,003 m² por m² 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 sus repercusiones más inmediatas son las siguientes:

- sí por ejemplo incluimos todos los espacios del sótano dentro de la envolvente y sus cerramientos son límite de ella, necesariamente las transmitancias 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 comercio. Si lo incluimos dentro de la envolvente térmica sus cerramientos que pertenezcan a ella deberán cumplir dichas limitaciones (lo que no tiene demasiado sentido constructivo cuando se trata de un local sin uso definido).
- También tendremos la opción con los torreones de salida a cubierta. Podemos incluirlos o excluirlos de la envolvente térmica. En nuestro caso hemos optado por incluirlos.

De todas las opciones posibles se va a evaluar la configuración que se describe más abajo y que en principio, deja fuera de dicha envolvente térmica tanto la planta sótano al completo como el local comercial de planta baja. En planta baja y aprovechando la configuración de patinillos y local técnico se han dejado fuera de la E.T. Respecto a los patinillos esta circunstancia solo se produce parcialmente (no todos) en planta baja y en el resto de las plantas se consideran interiores a la E.T.

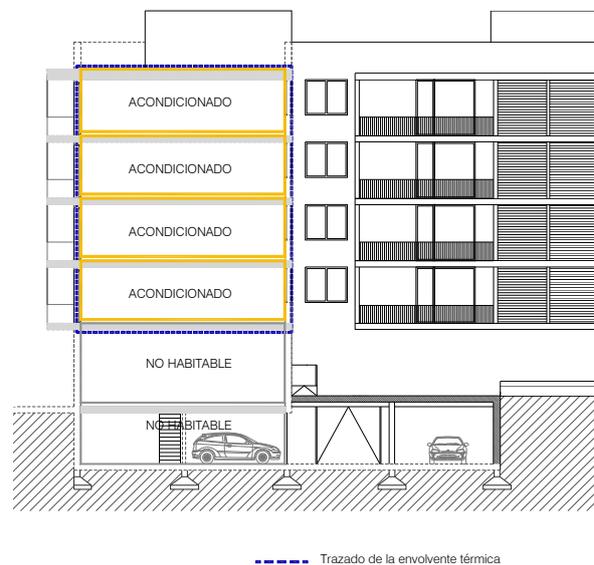
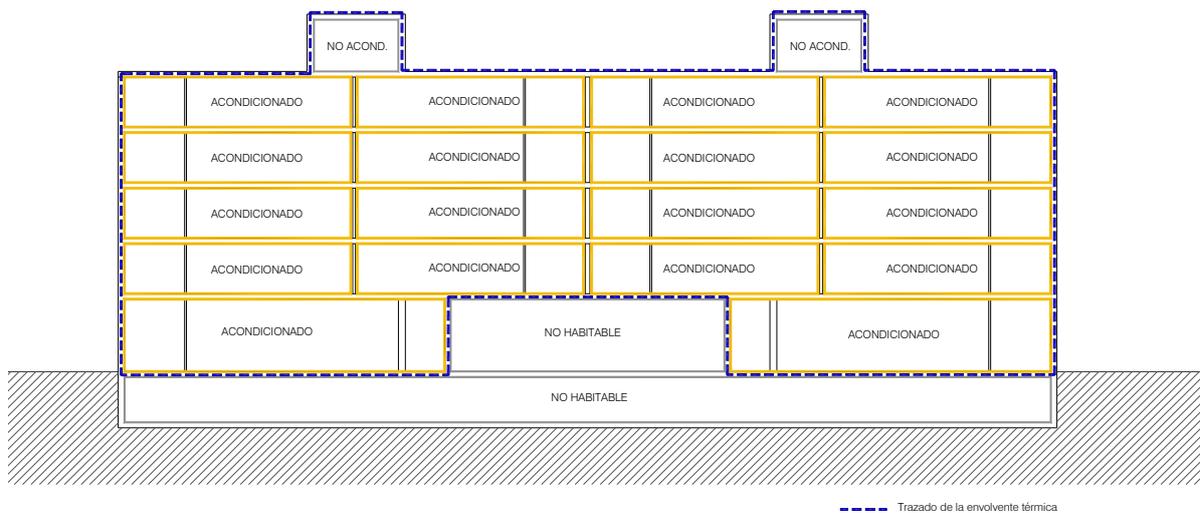
Con el resultado de comprobación de cada parámetro se harán los comentarios oportunos respecto a las posibles alternativas en configuraciones diferentes, modificación de otras variables, etc.

CONFIGURACIÓN DE ESTUDIO

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

- TRAZADO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA: la envolvente térmica incluye:
- Los espacios de uso residencial de planta baja incluidas sus zonas comunes y de acceso. Se excluye el cuarto técnico y la agrupación de patinillos colindantes a él.
 - Todos los espacios de la planta tipo. Es decir, viviendas y sus zonas comunes de cada planta. También los espacios técnicos (patinillos) calificados como no habitables, pero dentro de la envolvente.
 - Los torreones (al completo) de salida a cubierta.

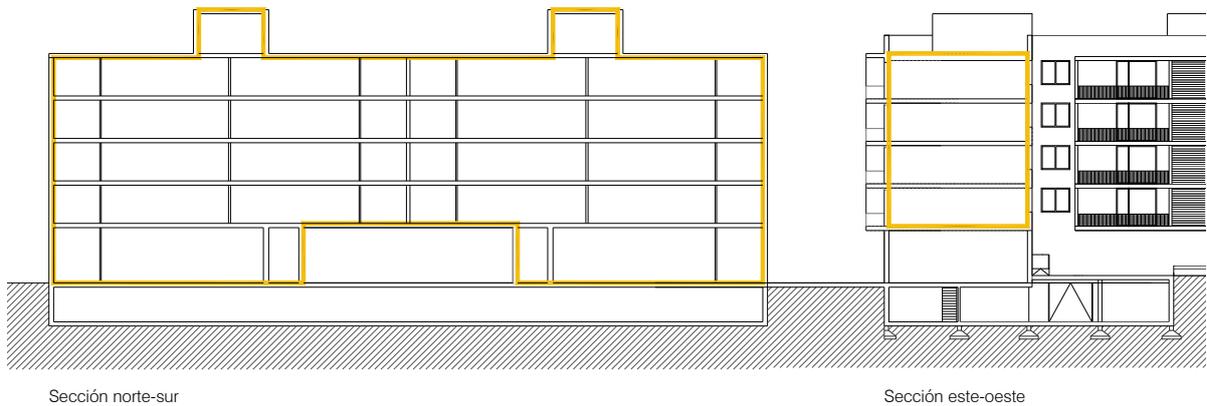
El trazado de la envolvente de manera gráfica resulta de la siguiente forma:



Una vez definida 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 figuran más adelante en el texto. Respecto al volumen a considerar, ha de ser el que hemos definido como "volumen encerrado en la E.T."

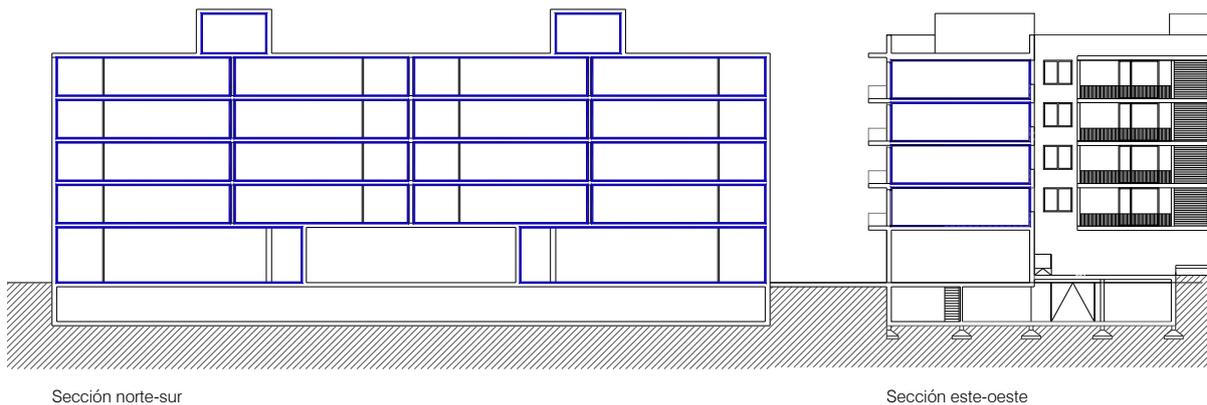
Se representa gráficamente a continuación en el esquema de las secciones longitudinal y transversal del edificio:

VOLÚMEN TOTAL DE LA ET PARA COMPACIDAD



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:

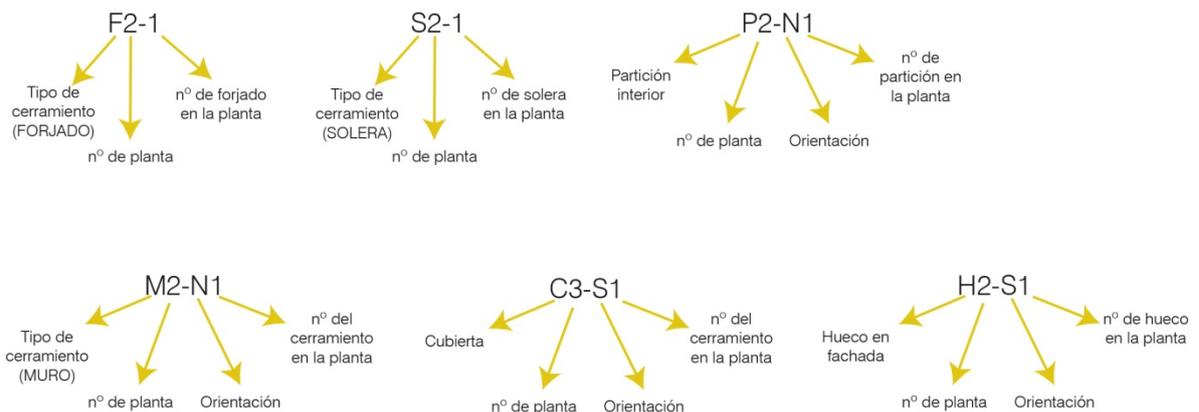
VOLÚMEN DE "AIRE INTERIOR"



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”.

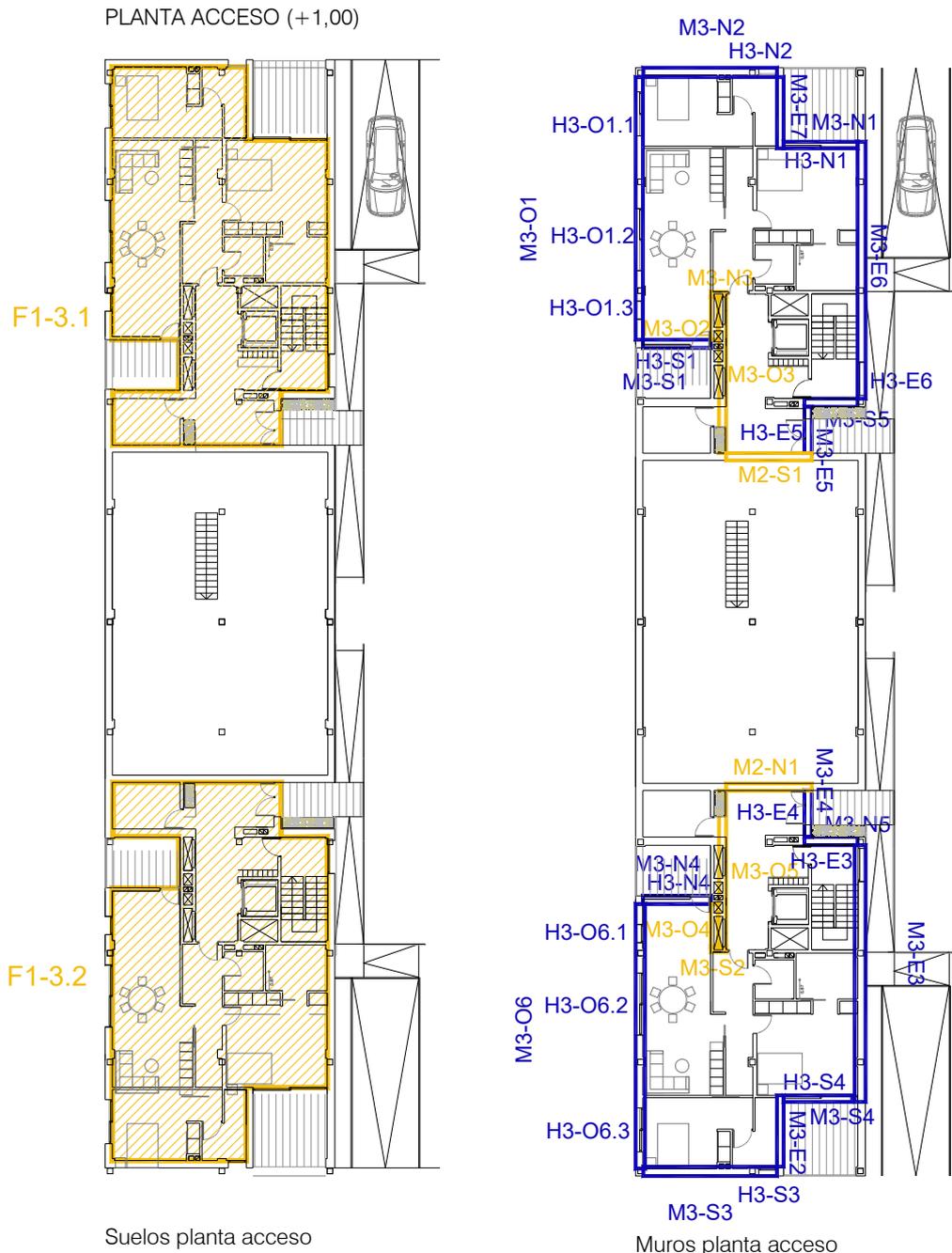
Caracterización de la envolvente térmica

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

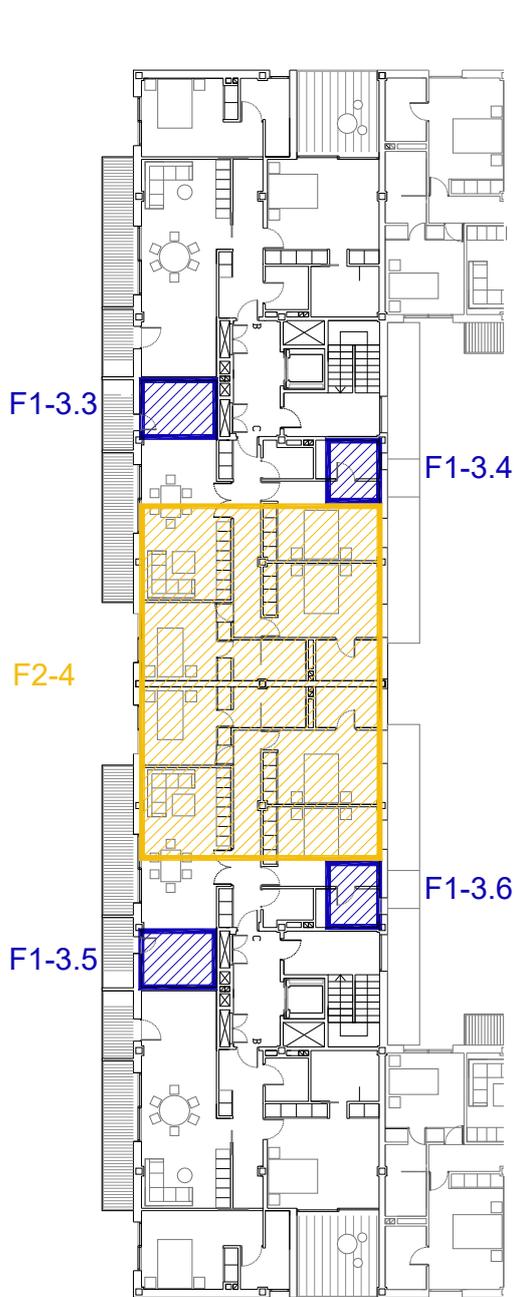


Una segunda cuestión importante, como se comentaba en apartados anteriores, es identificar la posición exacta dentro de la E.T. de cada uno de estos elementos. En los siguientes gráficos 3D y plantas del edificio, se sitúan y referencian cada uno de dichos componentes de la E.T. del edificio.

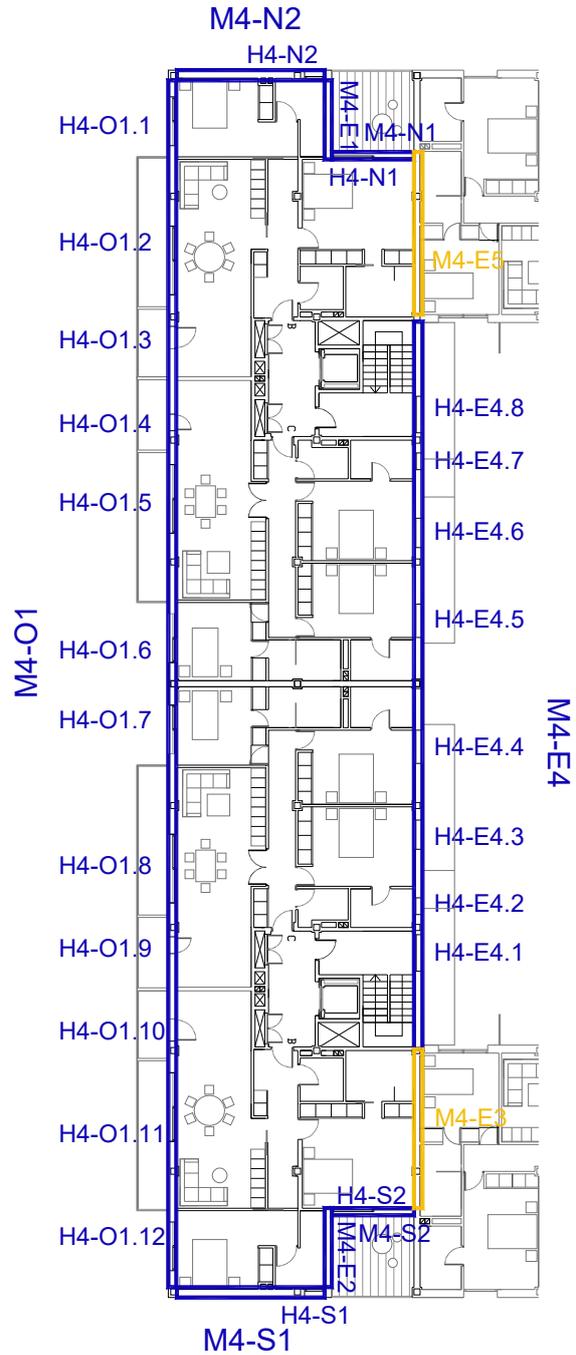
Posteriormente y mediante tablas, se relacionan y caracterizan todos los elementos de dicha envolvente térmica tal y como ha sido definida. La caracterización incluye todos los parámetros que vamos a necesitar para el cálculo de cada indicador en la justificación del cumplimiento. Las tablas están organizadas por plantas. Dichas plantas, están numeradas y nombradas de abajo hacia arriba tal y como se van creando en la herramienta HULC.



PLANTA TIPO (+4,00)



Suelos planta acceso

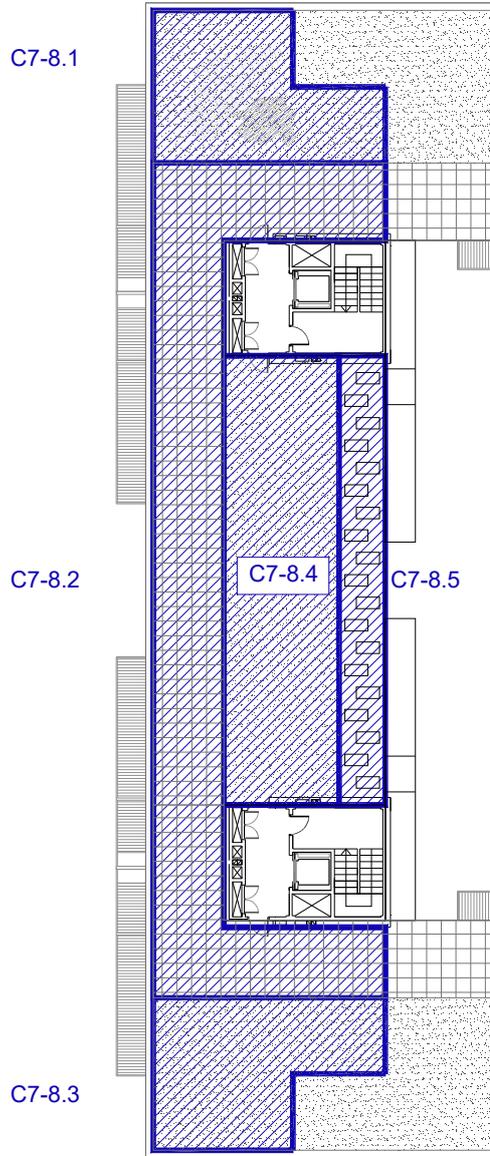


Muros planta tipo

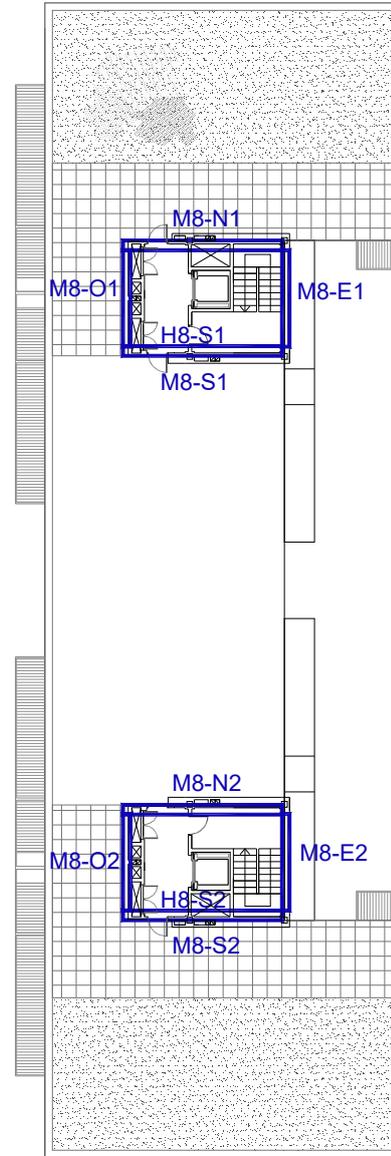
 Elementos de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno

 Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio

PLANTA CUBIERTA (+16,20)



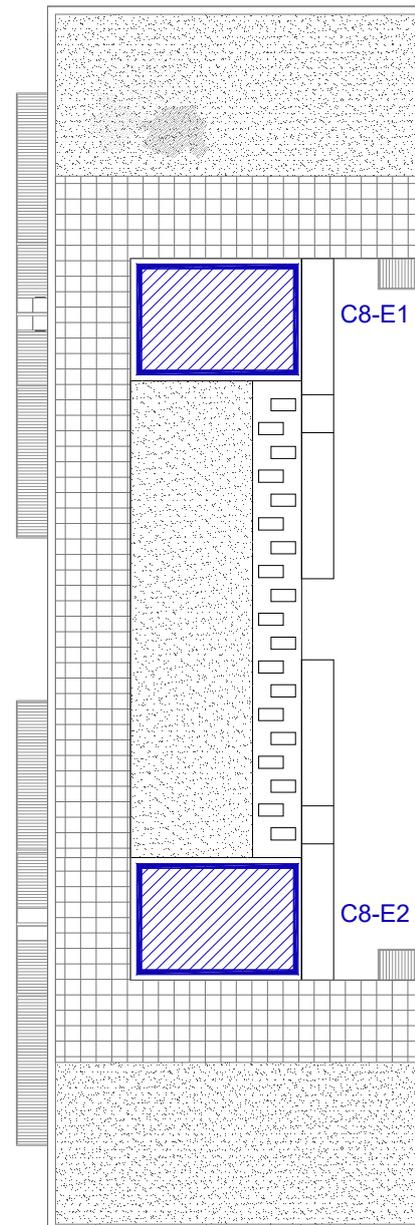
Techos planta tipo



Muros planta cubierta

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

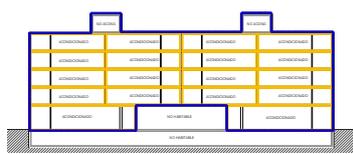
 Elementos de la envolvente en contacto con otro espacio



Techos planta cubierta

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

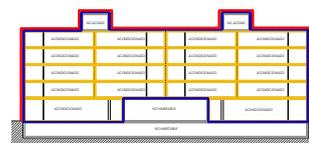
En las siguientes tablas, se caracteriza la envolvente térmica: superficie y geometría de sus componentes, volumen encerrado, etc. Con esos valores referidos a la configuración inicial propuesta, se obtiene la compacidad del edificio.



GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

Acondicionados: P.3 (viviendas accesibles) y P.4 (planta tipo P05, P06 y P07) completa salvo patinillos y núcleo ascensor
N.H.:Garaje, local comercial, patinillos y núcleo vertical del ascensor
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	¿€ a ET? € ET=1 ≠ ET=0	Sup.Planta dentro ET (m ²)	COMPUTA Sup. Útil Si=1 No=0	Sup.ÚTIL dentro ET (m ²)	se repite en nº plantas	Sup.ÚTIL TOTAL dentro ET (m ²)	Altura planta y espacios (m)	Volumen € ET (m ³)	Altura libre planta (m)	Volumen de 'aire interior' € ET (m ³)
P01	P01 E01	núcleo com	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	2,75	0,00		0,00
	P01 E02	núcleo com	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	2,75	0,00		0,00
	P01 E03	Sótano	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	2,75	0,00		0,00
TOTALES PLANTA 01					0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
P02	P02 E01	Local com.	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	4,00	0,00		0,00
TOTALES PLANTA 02					0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
P03	P03 E01	P.baja	ACOND	1	90,380	1	90,38	1	90,38	3,00	271,14	2,55	230,47
	P03 E02	P.baja	NO ACOND	1	32,720	1	32,72	1	32,72	3,00	98,16	2,55	83,44
	P03 E03	P.baja	NO HABIT.	1	5,278	0	0,00	1	0,00	3,00	15,83	2,55	13,46
	P03 E04	P.baja	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	3,00	0,00	2,55	0,00
	P03 E05	P.baja	NO ACOND	1	32,530	1	32,53	1	32,53	3,00	97,59	2,55	82,95
	P03 E06	P.baja	NO HABIT.	1	5,200	0	0,00	1	0,00	3,00	15,60	2,55	13,26
	P03 E07	P.baja	NO HABIT.	0	0,000	0	0,00	1	0,00	3,00	0,00	2,55	0,00
	P03 E08	P.baja	ACOND	1	90,890	1	90,89	1	90,89	3,00	272,67	2,55	231,77
TOTALES PLANTA 03					257,00		246,52		246,52		770,99		655,34
P04-P06	Planta tipo (repetida 3 veces)												
	P04 E01	P.tipo	ACOND	1	90,378	1,00	90,38	3	271,13	3,00	813,40	2,55	691,39
	P04 E02	P.tipo	ACOND	1	105,446	1,00	105,45	3	316,34	3,00	949,01	2,55	806,66
	P04 E03	P.tipo	NO HABIT.	1	5,278	0,00	0,00	3	0,00	3,00	47,50	2,55	40,38
	P04 E04	P.tipo	NO HABIT.	1	3,110	0,00	0,00	3	0,00	3,00	27,99	2,55	23,79
	P04 E05	P.tipo	NO ACOND	1	24,230	1,00	24,23	3	72,69	3,00	218,07	2,55	185,36
	P04 E06	P.tipo	ACOND	1	105,241	1,00	105,24	3	315,72	3,00	947,17	2,55	805,09
	P04 E07	P.tipo	NO HABIT.	1	5,195	0,00	0,00	3	0,00	3,00	46,76	2,55	39,74
	P04 E08	P.tipo	NO ACOND	1	24,035	1,00	24,04	3	72,11	3,00	216,32	2,55	183,87
	P04 E09	P.tipo	ACOND	1	90,892	1,00	90,89	3	272,68	3,00	818,03	2,55	695,32
P04 E10	P.tipo	NO HABIT.	1	3,082	0,00	0,00	3	0,00	3,00	27,74	2,55	23,58	
TOTALES PLANTA 04					456,89		440,22		1320,67		4111,98		3495,19
P07	Planta tipo												
	P07 E01	P.tipo	ACOND	1	90,378	1,00	90,38	1	90,38	3,20	289,21	2,70	243,57
	P07 E02	P.tipo	ACOND	1	105,446	1,00	105,45	1	105,45	3,20	337,43	2,70	284,18
	P07 E03	P.tipo	NO HABIT.	1	5,278	0,00	0,00	1	0,00	3,20	16,89	2,70	14,22
	P07 E04	P.tipo	NO HABIT.	1	3,112	0,00	0,00	1	0,00	3,20	9,96	2,70	8,39
	P07 E05	P.tipo	NO ACOND	1	24,231	1,00	24,23	1	24,23	3,20	77,54	2,70	65,30
	P07 E06	P.tipo	ACOND	1	105,241	1,00	105,24	1	105,24	3,20	336,77	2,70	283,62
	P07 E07	P.tipo	NO HABIT.	1	5,195	0,00	0,00	1	0,00	3,20	16,62	2,70	14,00
	P07 E08	P.tipo	NO ACOND	1	24,035	1,00	24,04	1	24,04	3,20	76,91	2,70	64,77
	P07 E09	P.tipo	ACOND	1	90,892	1,00	90,89	1	90,89	3,20	290,85	2,70	244,95
P07 E10	P.tipo	NO HABIT.	1	3,082	0,00	0,00	1	0,00	3,20	9,86	2,70	8,31	
TOTALES PLANTA 04					456,89		440,22		440,22		1462,05		1231,32
P08	P08 E01	P.cub	NO ACOND	1	32,621	1,00	32,62	1	32,62	3,00	97,86	2,46	80,08
	P08 E02	P.cub	NO ACOND	1	32,621	1,00	32,62	1	32,62	3,00	97,86	2,46	80,08
TOTALES PLANTA 05					65,24		65,24		65,24		195,73		160,17
TOTALES EDIFICIO					779,13		1192,21		2072,65		6540,75		5542,02

Por tanto, el cálculo de la compacidad del edificio queda como se detalla en la tabla de la página siguiente:

CÁLCULO DE LA COMPACIDAD

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 ε ET=0	se repite en nº plantas	Sup. E.T. (m ²)	COMPUT COMPAC (*) SI=1 NO=0	S. COMPUT. COMPACIDAD (m ²)
-----------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	----------	---	------------------------------	-------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	---

PLANTA SÓTANO. P01

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

PLANTA BAJA-LOCAL. P02

M2.S1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		3,52	4,00	14,08	1	1	14,08	0	0,00
M2.N1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		3,52	4,00	14,08	1	1	14,08	0	0,00

TOTALES PLANTA 02

28,16

28,16

0,00

PLANTA BAJA-VIVIENDAS. P03

M3.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,00	10,92	1	1	10,92	1	10,92
M3.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,00	18,09	1	1	18,09	1	18,09
M3.N3	OTRO ESPAC.	M, FACHADA		0,62	3,00	1,86	1	1	1,86	0	0,00
M3.N4	EXTERIOR	M, FACHADA		3,13	3,00	9,39	1	1	9,39	1	9,39
M3.N5	EXTERIOR	M, FACHADA		2,4	3,00	7,20	1	1	7,20	1	7,20
M3.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		12,24	3,00	36,72	1	1	36,72	1	36,72
M3.O2	OTRO ESPAC.	M, FACHADA		2,45	3,00	7,35	1	1	7,35	0	0,00
M3.O3	OTRO ESPAC.	M, FACHADA		7,38	3,00	22,14	1	1	22,14	0	0,00
M3.O4	OTRO ESPAC.	M, FACHADA		2,47	3,00	7,41	1	1	7,41	0	0,00
M3.O5	OTRO ESPAC.	M, FACHADA		7,34	3,00	22,02	1	1	22,02	0	0,00
M3.O6	EXTERIOR	M, FACHADA		12,31	3,00	36,93	1	1	36,93	1	36,93
M3.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,13	3,00	9,39	1	1	9,39	1	9,39
M3.S2	EXTERIOR	M, FACHADA		0,62	3,00	1,86	1	1	1,86	0	0,00
M3.S3	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,00	18,09	1	1	18,09	1	18,09
M3.S4	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,00	10,92	1	1	10,92	1	10,92
M3.S5	EXTERIOR	M, FACHADA		2,4	3,00	7,20	1	1	7,20	1	7,20
M3.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,00	9,96	1	1	9,96	1	9,96
M3.E2	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,00	9,96	1	1	9,96	1	9,96
M3.E3	EXTERIOR	M, FACHADA		11,44	3,00	34,32	1	1	34,32	1	34,32
M3.E4	EXTERIOR	M, FACHADA		2,4	3,00	7,20	1	1	7,20	1	7,20
M3.E5	EXTERIOR	M, FACHADA		2,4	3,00	7,20	1	1	7,20	1	7,20
M3.E6	EXTERIOR	M, FACHADA		11,5	3,00	34,50	1	1	34,50	1	34,50
M3.E7	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,00	9,96	1	1	9,96	1	9,96
F1-3.1	NH	SUELO	varias dimensiones			148,45	1	1	148,45	0	0,00
F1-3.2	NH	SUELO	varias dimensiones			148,45	1	1	148,45	0	0,00

TOTALES PLANTA 03

637,49

255,67

277,95

PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P04 - P06

M4.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,00	10,92	1	3	32,76	1	32,76
M4.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,00	18,09	1	3	54,27	1	54,27
M4.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		49,7	3,00	149,10	1	3	447,30	1	447,30
M4.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,00	18,09	1	3	54,27	1	54,27
M4.S2	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,00	10,92	1	3	32,76	1	32,76
M4.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,00	9,96	1	3	29,88	1	29,88
M4.E2	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,00	9,96	1	3	29,88	1	29,88
M4.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERA		6,51	3,00	19,53	1	3		0	0,00
M4.E4	EXTERIOR	M, FACHADA		30,06	3,00	90,18	1	3	270,54	1	270,54
M4.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERA		6,47	3,00	19,41	1	3	58,23	0	0,00

TOTALES PLANTA 04

356,16

1009,89

951,66

PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P07

M7.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,20	11,65	1	1	11,65	1	11,65
M7.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,20	19,30	1	1	19,30	1	19,30
M7.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		49,7	3,20	159,04	1	1	159,04	1	159,04
M7.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		6,03	3,20	19,30	1	1	19,30	1	19,30
M7.S2	EXTERIOR	M, FACHADA		3,64	3,20	11,65	1	1	11,65	1	11,65
M7.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,20	10,62	1	1	10,62	1	10,62
M7.E2	EXTERIOR	M, FACHADA		3,32	3,20	10,62	1	1	10,62	1	10,62
M7.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERA		6,51	3,20	20,83	1	1		0	0,00
M7.E4	EXTERIOR	M, FACHADA		30,06	3,20	96,19	1	1	96,19	1	96,19
M7.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERA		6,47	3,20	20,70	1	1	20,70	0	0,00

C7-8.1	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			53,66	1	1	53,66	1	53,66
C7-8.2	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			152,15	1	1	152,15	1	152,15
C7-8.3	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			54,12	1	1	54,12	1	54,12
C7-8.4	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			91,71	1	1	91,71	1	91,71
C7-8.5	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			40,30	1	1	40,30	1	40,30

TOTALES PLANTA 07

771,84

751,01

730,31

PLANTA ÁTICO. P08

M8.N1	EXTERIOR	M, FACHADA		6,55	3,00	19,65	1	1	19,65	1	19,65
M8.N2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,55	3,00	19,65	1	1	19,65	1	19,65
M8.O1	EXTERIOR	M, FACHADA		4,98	3,00	14,94	1	1	14,94	1	14,94
M8.O2	EXTERIOR	M, FACHADA		4,98	3,00	14,94	1	1	14,94	1	14,94
M8.E1	EXTERIOR	M, FACHADA		4,98	3,00	14,94	1	1	14,94	1	14,94
M8.E2	EXTERIOR	M, FACHADA		4,98	3,00	14,94	1	1	14,94	1	14,94
M8.S1	EXTERIOR	M, FACHADA		6,55	3,00	19,65	1	1	19,65	1	19,65
M8.S2	EXTERIOR	M, FACHADA		6,55	3,00	19,65	1	1	19,65	1	19,65
C8-E.1	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			32,62	1	1	32,62	1	32,62
C8-E.2	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			29,23	1	1	29,23	1	29,23

TOTALES PLANTA 08

200,21

200,21

200,21

TOTALES EDIFICIO

1222,02

1493,93

2160,13

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

6540,7

COMPACIDAD DEL MODELO SEGUN CTE* CON ESTA CONFIGURACIÓN

6540,7/2160,13 = 3,03

3,03

(*) 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 = ΣAi). 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 ($W/m^2 \cdot K$) **U**

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

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

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

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.

Código de cerramiento	Tipo de Contacto	Descripción	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	se repite en nº plantas	Sup. Total Cerramiento (m ²)	¿€ a ET? € ET=1 € ET=0	Sup. Parte OPACA ET (m ²)	Sup. HUECO ET (m ²)	Sup. E.T. (m ²)	U W/m ² K	U _{lim} W/m ² K	Cumplimiento Valores límite
PLANTA VIVIENDAS-TIPO P07														
M7-N1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,64	3,20	1	11,65	1	2,68	-	2,68	0,34	0,49	CUMPLE
H7-N1	EXTERIOR	VENTANA	3,32		2,7				-	8,96	8,96	1,18	5,70	CUMPLE
M7-E1	EXTERIOR	M. FACHADA		3,32	3,20	1	10,62	1	10,62	-	10,62	0,34	0,49	CUMPLE
M7-N2	EXTERIOR	M. FACHADA		6,03	3,20	1	19,30	1	17,95	-	17,95	0,34	0,49	CUMPLE
H7-N2	EXTERIOR	VENTANA	0,79		1,7				-	1,34	1,34	1,18	2,10	CUMPLE
M7-O1	EXTERIOR	M. FACHADA		49,7	3,20				108,96	-	108,96	0,34	0,49	CUMPLE
H7-O1.1	EXTERIOR	VENTANA	1,98		1,7				-	3,37	3,37	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.2	EXTERIOR	VENTANA	2,8		2,7				-	7,56	7,56	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.3	EXTERIOR	VENTANA	0,7		2,2				-	1,54	1,54	1,18	5,70	CUMPLE
H7-O1.4	EXTERIOR	VENTANA	0,7		2,2				-	1,54	1,54	1,18	5,70	CUMPLE
H7-O1.5	EXTERIOR	VENTANA	2,8		2,7				-	7,56	7,56	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.6	EXTERIOR	VENTANA	1,98		1,7	1	159,04	1	-	3,37	3,37	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.7	EXTERIOR	VENTANA	1,98		1,7				-	3,37	3,37	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.8	EXTERIOR	VENTANA	2,8		2,7				-	7,56	7,56	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.9	EXTERIOR	VENTANA	0,7		2,2				-	1,54	1,54	1,18	5,70	CUMPLE
H7-O1.10	EXTERIOR	VENTANA	0,8		2,2				-	1,76	1,76	1,18	5,70	CUMPLE
H7-O1.11	EXTERIOR	VENTANA	2,8		2,7				-	7,56	7,56	1,24	2,10	CUMPLE
H7-O1.12	EXTERIOR	VENTANA	1,98		1,7				-	3,37	3,37	1,24	2,10	CUMPLE
M7-S1	EXTERIOR	M. FACHADA		6,03	3,20	1	19,30	1	17,95	-	17,95	0,34	0,49	CUMPLE
H7-S1	EXTERIOR	VENTANA	0,79		1,7				-	1,343	1,34	1,18	2,10	CUMPLE
M7-E2	EXTERIOR	M. FACHADA		3,32	3,20	1	10,62	1	10,62	-	10,62	0,34	0,49	CUMPLE
M7-S2	EXTERIOR	M. FACHADA		3,64	3,20	1	11,65	1	2,68	-	2,68	0,34	0,49	CUMPLE
H7-S2	EXTERIOR	VENTANA	3,32		2,7				-	8,96	8,96	1,18	5,70	CUMPLE
M7-E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		6,51	3,20	1	20,83	1	20,83	-	20,83	0,27	0,70	CUMPLE
M7-E4	EXTERIOR	M. FACHADA		30,06	3,20				79,52	-	79,52	0,34	0,49	CUMPLE
H7-E4.1	EXTERIOR	VENTANA	1,7		1,7				-	2,89	2,89	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.2	EXTERIOR	VENTANA	0,67		1,7				-	1,14	1,14	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.3	EXTERIOR	VENTANA	1,18		1,7				-	2,01	2,01	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.4	EXTERIOR	VENTANA	1,35		1,7	1	96,19	1	-	2,30	2,30	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.5	EXTERIOR	VENTANA	1,35		1,7				-	2,30	2,30	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.6	EXTERIOR	VENTANA	1,18		1,7				-	2,01	2,01	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.7	EXTERIOR	VENTANA	0,67		1,7				-	1,14	1,14	1,24	2,10	CUMPLE
H7-E4.8	EXTERIOR	VENTANA	1,71		1,7				-	2,91	2,91	1,24	2,10	CUMPLE
M7-E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA		6,51	3,20	1	20,83	1	20,83	-	20,83	0,27	0,70	CUMPLE
C7-8.1	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	53,66	1	53,66	-	53,66	0,24	0,40	CUMPLE
C7-8.2	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	152,15	1	152,15	-	152,15	0,25	0,40	CUMPLE
C7-8.3	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	54,12	1	54,12	-	54,12	0,24	0,40	CUMPLE
C7-8.4	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	91,71	1	91,71	-	91,71	0,24	0,40	CUMPLE
C7-8.5	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	40,30	1	40,30	-	40,30	0,25	0,40	CUMPLE
TOTALES PLANTA 07							771,97		684,60	87,38	771,97			CUMPLE
PLANTA ÁTICO P08														
M8-N1	EXTERIOR	M. FACHADA		6,55	3,00	1	19,65	1	19,65	-	19,65	0,34	0,49	CUMPLE
M8-O1	EXTERIOR	M. FACHADA		4,98	3,00	1	14,94	1	14,94	-	14,94	0,34	0,49	CUMPLE
M8-S1	EXTERIOR	M. FACHADA		6,55	3,00	1	19,65	1	17,69	-	17,69	0,34	0,49	CUMPLE
H8-S1	EXTERIOR	PUERTA	0,89		2,2				-	1,96	1,96	1,84	5,70	CUMPLE
M8-E1	EXTERIOR	M. FACHADA		4,98	3,00	1	14,94	1	14,94	-	14,94	0,34	0,49	CUMPLE
M8-N2	EXTERIOR	M. FACHADA		6,55	3,00	1	19,65	1	19,65	-	19,65	0,34	0,49	CUMPLE
M8-O2	EXTERIOR	M. FACHADA		4,93	3,00	1	14,79	1	14,79	-	14,79	0,34	0,49	CUMPLE
M8-S2	EXTERIOR	M. FACHADA		6,55	3,00	1	19,65	1	17,69	-	17,69	0,34	0,49	CUMPLE
H8-S2	EXTERIOR	PUERTA	0,89		2,2				-	1,96	1,96	1,84	5,70	CUMPLE
M8-E2	EXTERIOR	M. FACHADA		4,93	3,00	1	14,79	1	14,79	-	14,79	0,34	0,49	CUMPLE
C8-E1	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	32,62	1	32,62	-	32,62	0,25	0,40	CUMPLE
C8-E2	EXTERIOR	TECHO	varias dimensiones			1	32,31	1	32,31	-	32,31	0,25	0,40	CUMPLE
TOTALES PLANTA 08							202,99		199,07	3,92	202,99			CUMPLE
TOTALES EDIFICIO							2805,60		2093,77	414,93	2295,75			CUMPLE

Conviene recordar que los cerramientos de planta baja que separan el uso vivienda (viviendas accesibles, portal y zonas comunes de esa planta) tanto del garaje en el sótano, como del uso comercial de la misma planta pertenecen a la envolvente térmica y por eso figuran en esta tabla. Lo mismo ocurre con el forjado de las viviendas de la planta primera (P04 en HULC) que las separa del uso comercial.

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.

En el apartado correspondiente se comprobará el valor límite de descompensaciones de las particiones interiores a la envolvente térmica.

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.

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

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 de la *ficha 0 Vivienda unifamiliar mínima* de esta guía 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;

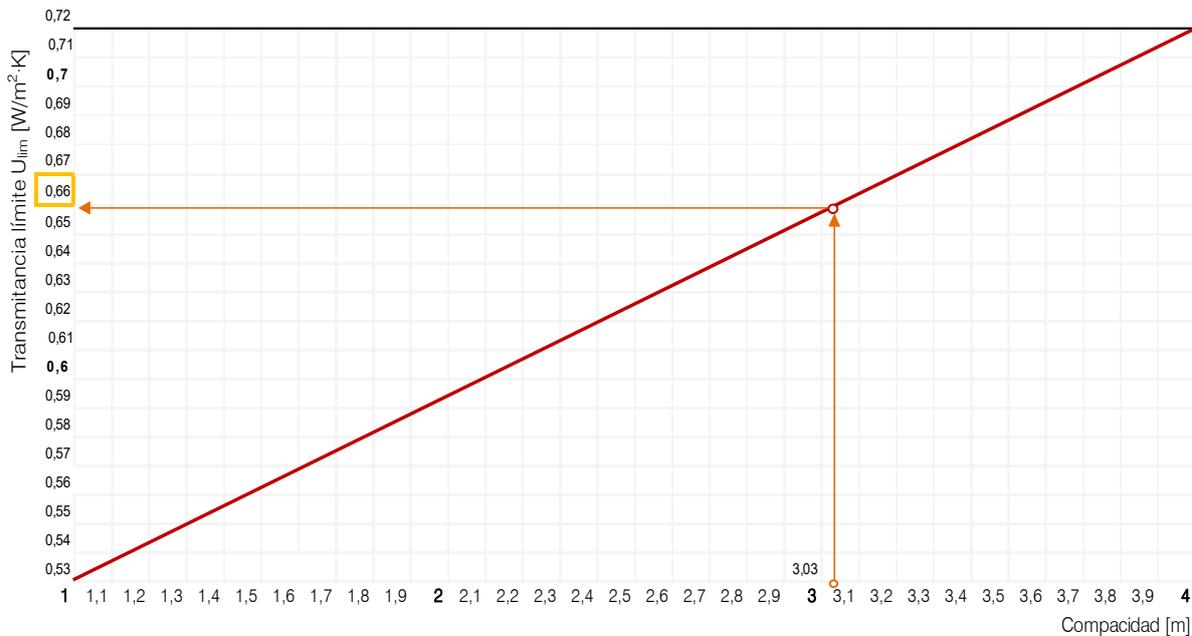
$x_{x,j}$ es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

El edificio de estudio con la configuración inicial elegida es de uso residencial privado en su totalidad. 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/m ² K] para uso residencial privado	Zona climática de invierno						
	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	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 renueve 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 3,03. 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:



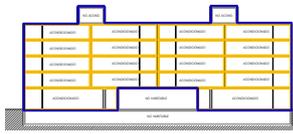
El valor límite obtenido redondeando el segundo decimal es de 0,66 W/m²·K.

En la siguiente tabla se relacionan (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 0,66 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. Estructuralmente el edificio está concebido con estructura de hormigón.

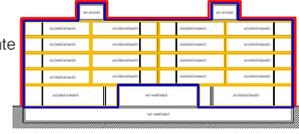
Sus pilares situados en la envolvente en contacto con el exterior han de ser considerados en el cálculo y en el modelo han de ser introducidos (nº de ellos) en cada espacio (ver anexo de AYUDAS, construcción del modelo).

COEFICIENTE GLOBAL DE TRASMISIÓN DE CALOR (K)



Acondicionados: P.3 (viviendas accesibles) y P.4 (planta tipo P05, P06 y P07) completa salvo patinillos y núcleo ascensor
N.H.:Garaje, local comercial, patinillos y núcleo vertical del ascensor

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



Envolvente térmica según esquema

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	¿e a ET? e ET=1 ≠ ET=0	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) SI=1 NO=0	se repite en nº plantas	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

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

PLANTA BAJA-LOCAL P02

M2.S1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	-	-	-
M2.N1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	-	-	-

TOTALES PLANTA 03

0,00 0,00

PLANTA BAJA-VIVIENDAS P03

M3.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	1,96	-	1,96	0,34	0,67	11,11
H3-N1	EXTERIOR	VENTANA				-	8,96	8,96	1,24		
M3.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	16,75	-	16,75	0,34	5,70	1,66
H3-N2	EXTERIOR	VENTANA				-	1,34	1,34	1,24		
M3.E7	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	9,96	-	9,96	0,34	3,39	
M3.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	24,43	-	24,43	0,34	8,31	4,18
H3-O1.1	EXTERIOR	VENTANA				-	3,37	3,37	1,24		
H3-O1.2	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		
H3-O1.3	EXTERIOR	VENTANA				-	1,36	1,36	1,24		
M3.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	7,52	-	7,52	0,34	2,56	2,21
H3-S1	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,87	1,87	1,18		
M3.O2	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.N3	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.O3	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.E5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	3,81	-	3,81	0,34	1,30	4,75
H3-E5	EXTERIOR	PUERTA ACC				-	3,39	3,39	1,40		
M3.S5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	7,20	-	7,20	0,34	2,45	
M3.E6	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	31,59	-	31,59	0,34	10,74	3,61
H3-E6	EXTERIOR	VENTANA				-	2,91	2,91	1,24		
M3.N4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	7,52	-	7,52	0,34	2,56	2,21
H3-N4	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,87	1,87	1,18		
M3.O6	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	24,64	-	24,64	0,34	8,38	1,69
H3-O6.1	EXTERIOR	VENTANA				-	1,36	1,36	1,24		
H3-O6.2	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		
H3-O6.3	EXTERIOR	VENTANA				-	3,37	3,37	1,24		
M3.O4	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.S2	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.O5	NH	MEDIANERÍA	1	0	1	0	-	0,00	0,32		-
M3.S3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	16,75	-	16,75	0,34	5,70	1,66
H3-S3	EXTERIOR	VENTANA				-	1,34	1,34	1,24		
M3.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	9,96	-	9,96	0,34	3,39	
M3.S4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	1,96	-	1,96	0,34	0,67	11,11
H3-S4	EXTERIOR	VENTANA				-	8,96	8,96	1,24		
M3.E3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	31,41	-	31,41	0,34	10,68	3,61
H3-E3	EXTERIOR	VENTANA				-	2,91	2,91	1,24		
M3.N5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	7,20	-	7,20	0,34	2,45	
M3.E4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	3,81	-	3,81	0,34	1,30	4,75
H3-E4	EXTERIOR	PUERTA ACC				-	3,39	3,39	1,40		
F1-3.1	NH	SUELO	1	0	1	0	-	0,00	0,30		-
F1-3.2	NH	SUELO	1	0	1	0	-	0,00	0,30		-

TOTALES PLANTA 03

206,47 61,52 267,99

70,20 77,15

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	¿€ a ET? € ET=1 ≠ ET=0	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr.x) SI=1 NO=0	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²)	U W/m²K	Opacos U . Área w/K	Huecos U . Área w/K
PLANTA VIVIENDAS-TIPO P04 - P06											
M4.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	5,88	-	5,88	0,34	2,00	
H4-N1	EXTERIOR	VENTANA				-	26,88	26,88	1,24		33,33
M4.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	29,88	-	29,88	0,34	10,16	
M4.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	50,25	-	50,25	0,34	17,09	
H4-N2	EXTERIOR	VENTANA				-	4,02	4,02	1,24		4,98
M4.O1	EXTERIOR	M. FACHADA				297,06	-	297,06	0,34	101,00	
H4-O1.1	EXTERIOR	VENTANA				-	10,10	10,10	1,24		12,52
H4-O1.2	EXTERIOR	VENTANA				-	22,68	22,68	1,24		28,12
H4-O1.3	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	4,62	4,62	1,18		5,45
H4-O1.4	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	4,62	4,62	1,18		5,45
H4-O1.5	EXTERIOR	VENTANA				-	22,68	22,68	1,24		28,12
H4-O1.6	EXTERIOR	VENTANA	1	1	3	-	10,10	10,10	1,24		12,52
H4-O1.7	EXTERIOR	VENTANA				-	10,10	10,10	1,24		12,52
H4-O1.8	EXTERIOR	VENTANA				-	22,68	22,68	1,24		28,12
H4-O1.9	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	4,62	4,62	1,18		5,45
H4-O1.10	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	5,28	5,28	1,18		6,23
H4-O1.11	EXTERIOR	VENTANA				-	22,68	22,68	1,24		28,12
H4-O1.12	EXTERIOR	VENTANA				-	10,10	10,10	1,24		12,52
M4.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	50,25	-	50,25	0,34	17,09	
H4.S1	EXTERIOR	VENTANA				-	4,02	4,02	1,24		4,98
M4.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	29,88	-	29,88	0,34	10,16	
M4.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3	5,88	-	5,88	0,34	2,00	
H4.S2	EXTERIOR	VENTANA				-	26,88	26,88	1,24		33,33
M4.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	3	0,00	-	0	0,27		-
M4.E4	EXTERIOR	M. FACHADA				220,51	-	220,51	0,34	74,97	
H4-E4.1	EXTERIOR	VENTANA				-	8,67	8,67	1,24		10,75
H4-E4.2	EXTERIOR	VENTANA				-	3,42	3,42	1,24		4,24
H4-E4.3	EXTERIOR	VENTANA				-	6,02	6,02	1,24		7,46
H4-E4.4	EXTERIOR	VENTANA	1	1	3	-	6,89	6,89	1,24		8,54
H4-E4.5	EXTERIOR	VENTANA				-	6,89	6,89	1,24		8,54
H4-E4.6	EXTERIOR	VENTANA				-	6,02	6,02	1,24		7,46
H4-E4.7	EXTERIOR	VENTANA				-	3,42	3,42	1,24		4,24
H4-E4.8	EXTERIOR	VENTANA				-	8,72	8,72	1,24		10,81
M4.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	3	0,00	-	0	0,27		-
F2-4	OTRO ESPAC.	SUELO	1	0	1	0,00	-	0	0,27		-
F1-3.3	EXTERIOR	SUELO	1	1	1	7,91	-	7,91	0,33	2,61	-
F1-3.4	EXTERIOR	SUELO	1	1	1	5,78	-	5,78	0,33	1,91	-
F1-3.5	EXTERIOR	SUELO	1	1	1	7,91	-	7,91	0,33	2,61	-
F1-3.6	EXTERIOR	SUELO	1	1	1	5,78	-	5,78	0,33	1,91	-
TOTALES PLANTA 04-06						716,97	262,08	979,05		243,50	323,83
PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P07											
M7.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	2,68	-	2,68	0,34	0,91	
H7-N1	EXTERIOR	VENTANA				-	8,96	8,96	1,24		11,11
M7.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	10,62	-	10,62	0,34		
M7.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	17,95	-	17,95	0,34	6,10	
H7-N2	EXTERIOR	VENTANA				-	1,34	1,34	1,24		1,66
M7.O1	EXTERIOR	M. FACHADA				108,96	-	108,96	0,34	37,05	
H7-O1.1	EXTERIOR	VENTANA				-	3,37	3,37	1,24		4,17
H7-O1.2	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		9,37
H7-O1.3	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,54	1,54	1,18		1,82
H7-O1.4	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,54	1,54	1,18		1,82
H7-O1.5	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		9,37
H7-O1.6	EXTERIOR	VENTANA	1	1	1	-	3,37	3,37	1,24		4,17
H7-O1.7	EXTERIOR	VENTANA				-	3,37	3,37	1,24		4,17
H7-O1.8	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		9,37
H7-O1.9	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,54	1,54	1,18		1,82
H7-O1.10	EXTERIOR	PUERTA TEN				-	1,76	1,76	1,18		2,08
H7-O1.11	EXTERIOR	VENTANA				-	7,56	7,56	1,24		9,37
H7-O1.12	EXTERIOR	VENTANA				-	3,37	3,37	1,24		4,17
M7.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	17,95	-	17,95	0,34	6,10	
H7.S1	EXTERIOR	VENTANA				-	1,34	1,34	1,24		1,66
M7.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	10,62	-	10,62	0,34	3,61	
M7.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	2,68	-	2,68	0,34	0,91	
H7.S2	EXTERIOR	VENTANA				-	8,96	8,96	1,24		11,11
M7.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	1	0,00	-	0	0,27		-
M7.E4	EXTERIOR	M. FACHADA				79,52	-	79,52	0,34	27,04	
H7-E4.1	EXTERIOR	VENTANA				-	2,89	2,89	1,24		3,58
H7-E4.2	EXTERIOR	VENTANA				-	1,14	1,14	1,24		1,41
H7-E4.3	EXTERIOR	VENTANA				-	2,01	2,01	1,24		2,49
H7-E4.4	EXTERIOR	VENTANA	1	1	1	-	2,30	2,30	1,24		2,85
H7-E4.5	EXTERIOR	VENTANA				-	2,30	2,30	1,24		2,85
H7-E4.6	EXTERIOR	VENTANA				-	2,01	2,01	1,24		2,49
H7-E4.7	EXTERIOR	VENTANA				-	1,14	1,14	1,24		1,41
H7-E4.8	EXTERIOR	VENTANA				-	2,91	2,91	1,24		3,60
M7.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	1	0,00	-	0	0,27		-
C7-8.1	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	53,66	-	53,66	0,24	12,88	-
C7-8.2	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	152,15	-	152,15	0,25	38,04	-
C7-8.3	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	54,12	-	54,12	0,24	12,99	-
C7-8.4	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	91,71	-	91,71	0,24	22,01	-
C7-8.5	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	40,30	-	40,30	0,25	10,08	-
TOTALES PLANTA 07						642,92	87,36	730,28		177,71	107,94

Código del elemento	Tipo de Contacto	Descripción	¿ε a ET? ε ET=1 ≠ ET=0	Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x) S1=1 N0=0	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. HUECO (m²)	Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²)	U W/m²K	Opacos U . Área W/K	Huecos U . Área W/K
PLANTA ÁTICO. P08											
M8.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	19,65	-	19,65	0,34	6,68	
M8.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	14,94	-	14,94	0,34	5,08	
M8.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	17,69	-	17,69	0,34	6,01	
H8-S1	EXTERIOR	PUERTA				-	1,96	1,96	6,27		12,29
M8.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	14,94	-	14,94	0,34	5,08	
M8.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	19,65	-	19,65	0,34	6,68	
M8.O2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	14,79	-	14,79	0,34	5,03	
M8.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	17,69	-	17,69	0,34	6,01	
H8-S2	EXTERIOR	PUERTA				-	1,96	1,96	6,27		12,29
M8.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1	14,79	-	14,79	0,34	5,03	
C8-E1	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	32,62	-	32,62	0,25	8,16	
C8-E2	EXTERIOR	TECHO	1	1	1	32,31	-	32,31	0,25	8,08	
TOTALES PLANTA 07						199,07	3,92	202,99		61,84	24,58
TOTALES EDIFICIO						1765,43	414,88	2180,31		553,25	533,30

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)	ψ x L W/K
Fronte forjado	0,002	418,51	0,84
Unión cubierta.	0,249	333,49	83,04
Esquinas convexa forjado	0,183	19,25	3,52
Esquinas concava cerram.	-0,087	48,40	-4,21
Esquinas convexa cerram.	0,065	89,60	5,82
Unión solera pared ext	0,00	22,40	0,00
Perímetro de HUECOS	0,278	844,72	234,83
Pilares	0,002	241,82	0,48
TOTALES EDIFICIO		2018,19	324,33

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 3,03

CÁLCULO

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

$$K = (533,30 + 553,25 + 308,09) / 2180,31 = 0,6471$$

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
0,65	0,66	CUMPLE

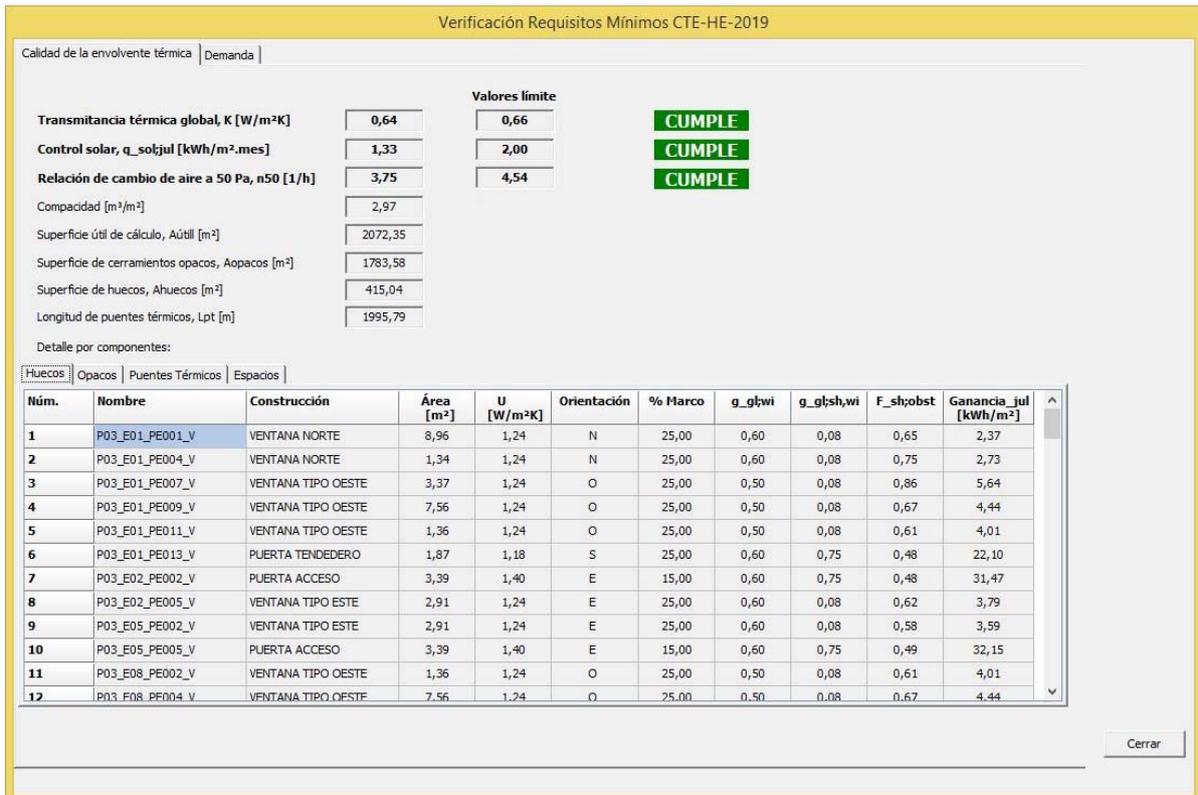
Consideraciones respecto al cumplimiento de esta configuración

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 y de las fachadas. Quedan también fuera del cálculo los cerramientos horizontales que nos separan del local comercial en la planta de acceso y los cerramientos horizontales que nos separan de la planta sótano, ambos por contacto con "otros espacios". También se deben excluir los cerramientos verticales en contacto con los espacios no habitables de la planta de acceso por el mismo motivo de contacto con "otros espacios" y no con terreno o aire exterior. Los contactos con el terreno se producen exclusivamente en los cerramientos (horizontales y verticales) de la planta sótano, pero al encontrarse ésta fuera de la envolvente térmica, no computan para el cálculo del valor de [K].

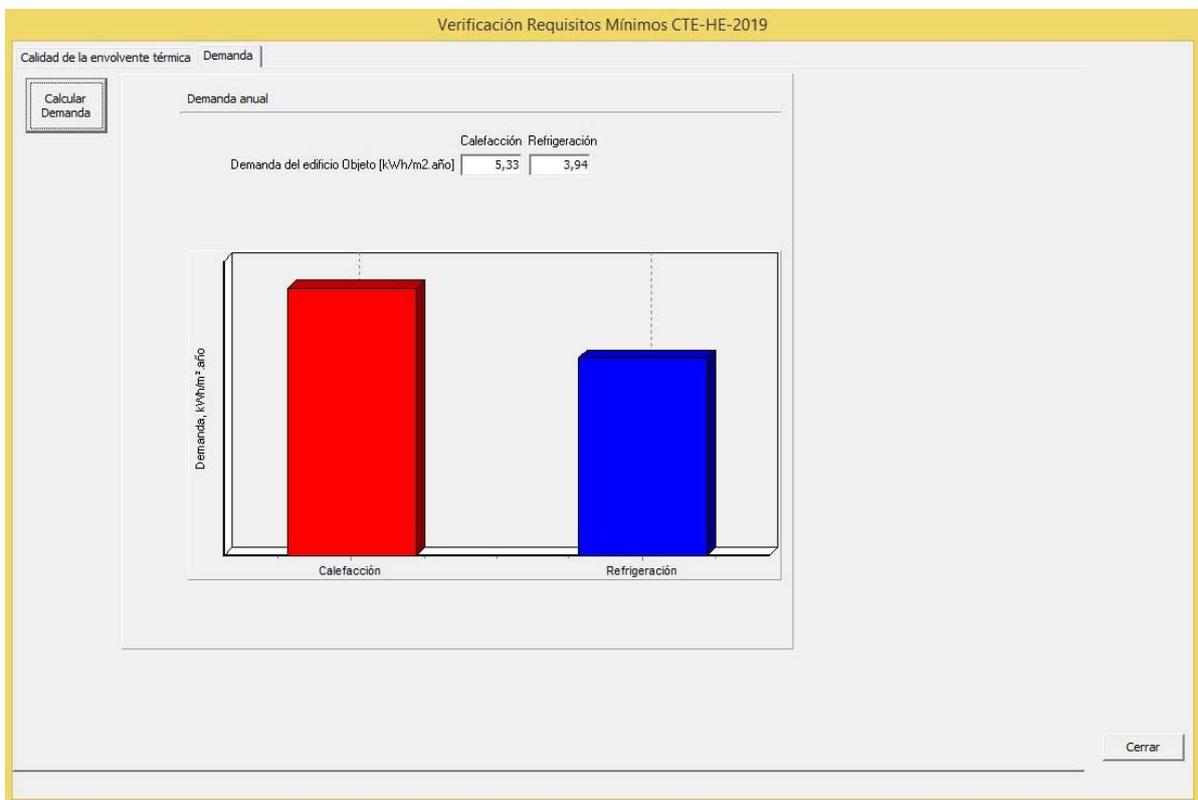
Hemos aplicado el procedimiento simplificado de cálculo mediante la expresión,

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

Los resultados en HULC (con alguna pequeña variación), se muestran en la siguiente imagen:



Resultados obtenidos de la simulación del edificio con HULC.



Resultados obtenidos de la simulación del edificio con HULC.

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 aparecen los conceptos y términos que se definen 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.

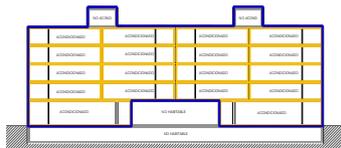
La consideración del factor de sombra debido a la vegetación podrá ser tenida en cuenta o no por el proyectista, siendo necesaria una evaluación diferenciada en función de la geometría del elemento y su follaje (hoja perenne o caduca). En nuestro caso no se ha tenido en cuenta la presencia de ningún elemento vegetal de protección exterior en el entorno del edificio.

Como protección móvil de los huecos 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 el cálculo del 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, vidrios doble bajo emisivo y persianas oscuras por el exterior, este valor es de 0,08 y se muestra su selección en la siguiente imagen sobre 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 (KWh/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 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 (viviendas accesibles) y P.4 (planta tipo P05, P06 y P07) completa salvo patinillos y núcleo ascensor
N.H.:Garaje, local comercial, patinillos y núcleo vertical del ascensor
Envolvente térmica según esquema

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	Sup. HUECO (m ²)	Fracción de marco en tanto por uno	Superficie e vidrio	$g_{gl;wi}$	$F_{gl;sh,obst}$	$g_{gl;sh,wi}$	Radiación acumulada plano del vidrio $H_{sol;jul}$ (KWh/m ²) (*)	se repite en nº plantas	Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh)
---------------------	-------------	-------------	------------------------------	------------------------------------	---------------------	-------------	------------------	----------------	--	-------------------------	---

PLANTA SÓTANO. P01

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

TOTALES PLANTA 01

PLANTA BAJA-VIVIENDAS P03

H3-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	8,96	0,25	6,72	0,6	0,65	0,08	56,85	1	19,87
H3-N2	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	1,34	0,25	1,01	0,6	0,75	0,08	56,85	1	3,43
H3-O1.1	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,53	0,6	0,86	0,08	108,06	1	18,79
H3-O1.2	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	1	32,84
H3-O1.3	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	1,36	0,25	1,02	0,6	0,61	0,08	108,06	1	5,38
H3-S1	PUERTA TENDD ACC	SUR	1,87	0,25	1,40	0,6	0,48	0,75	81,72	1	41,26
H3-E5	PUERTA ACCESO	ESTE	3,39	0,15	2,88	0,6	0,49	0,75	114,47	1	121,22
H3-E6	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,91	0,25	2,18	0,6	0,62	0,08	114,47	1	12,39
H3-N4	PUERTA TEENDD ACC	NORTE	1,87	0,25	1,40	0,6	0,65	0,75	56,85	1	38,87
H3-O6.1	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	1,36	0,25	1,02	0,6	0,61	0,08	108,06	1	5,38
H3-O6.2	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	1	32,84
H3-O6.3	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,53	0,6	0,85	0,08	108,06	1	18,57
H3-S3	VENTANA TIPO SUR	SUR	1,34	0,25	1,01	0,6	0,68	0,08	81,72	1	4,47
H3-S4	VENTANA TIPO SUR	SUR	8,96	0,25	6,72	0,6	0,48	0,08	81,72	1	21,09
H3-E3	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,91	0,25	2,18	0,6	0,58	0,08	114,47	1	11,59
H3-E4	PUERTA ACCESO	ESTE	3,39	0,15	2,88	0,6	0,48	0,75	114,47	1	118,74
TOTALES PLANTA 03			61,52		46,82						506,73

PLANTA VIVIENDAS-TIPO P04 - P06

H4-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	8,96	0,25	6,72	0,6	0,65	0,08	56,85	3	59,60
H4-N2	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	1,34	0,25	1,01	0,6	0,75	0,08	56,85	3	10,28
H4-O1.1	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,86	0,08	108,06	3	56,31
H4-O1.2	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	3	98,52
H4-O1.3	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,16	0,6	0,56	0,75	108,06	3	157,26
H4-O1.4	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,16	0,6	0,56	0,75	108,06	3	157,26
H4-O1.5	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	3	98,52
H4-O1.6	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,85	0,08	108,06	3	55,65
H4-O1.7	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,86	0,08	108,06	3	56,31
H4-O1.8	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	3	98,52
H4-O1.9	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,15	0,6	0,57	0,75	108,06	3	159,96
H4-O1.10	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,76	0,25	1,32	0,6	0,57	0,75	108,06	3	182,93
H4-O1.11	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,67	0,08	108,06	3	98,52
H4-O1.12	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,85	0,08	108,06	3	55,65
H4-S1	VENTANA TIPO SUR	SUR	1,34	0,25	1,01	0,6	0,67	0,08	81,72	3	13,21
H4-S2	VENTANA TIPO SUR	SUR	8,96	0,25	6,72	0,6	0,48	0,08	81,72	3	63,26
H4-E4.1	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,89	0,25	2,17	0,6	0,77	0,08	114,47	3	45,85
H4-E4.2	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	1,14	0,25	0,85	0,6	0,70	0,08	114,47	3	16,43
H4-E4.3	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,01	0,25	1,50	0,6	0,72	0,08	114,47	3	29,76
H4-E4.4	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,30	0,25	1,72	0,6	0,73	0,08	114,47	3	34,52
H4-E4.5	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,30	0,25	1,72	0,6	0,79	0,08	114,47	3	37,36
H4-E4.6	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,01	0,25	1,50	0,6	0,78	0,08	114,47	3	32,24
H4-E4.7	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	1,14	0,25	0,85	0,6	0,76	0,08	114,47	3	17,84
H4-E4.8	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,91	0,25	2,18	0,6	0,72	0,08	114,47	3	43,13
TOTALES PLANTA 04-06			87,36		65,52						1678,89

Código del elemento	Descripción	ORIENTACIÓN	Sup. HUECO (m ²)	Fracción de marco en tanto por uno	Superficie e vidrio	$g_{gl;wi}$	$F_{gl;sh,obst}$	$g_{gl;sh,wi}$	Radiación acumulada plano del vidrio $H_{sol;jul}$ (KWh/m ²) (*)	se repite en nº plantas	Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh)
PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P07											
H7-N1	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	8,96	0,25	6,72	0,6	0,65	0,08	56,85	1	19,87
H7-N2	VENTANA TIPO NORTE	NORTE	1,34	0,25	1,01	0,6	0,75	0,08	56,85	1	3,43
H7-O1.1	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,90	0,08	108,06	1	19,64
H7-O1.2	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,71	0,08	108,06	1	34,80
H7-O1.3	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,16	0,6	0,58	0,75	108,06	1	54,29
H7-O1.4	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,16	0,6	0,57	0,75	108,06	1	53,36
H7-O1.5	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,71	0,08	108,06	1	34,80
H7-O1.6	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,87	0,08	108,06	1	18,99
H7-O1.7	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,87	0,08	108,06	1	18,99
H7-O1.8	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,71	0,08	108,06	1	34,80
H7-O1.9	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,54	0,25	1,16	0,6	0,57	0,75	108,06	1	53,36
H7-O1.10	PUERTA TENDEDERO	OESTE	1,76	0,25	1,32	0,6	0,57	0,75	108,06	1	60,98
H7-O1.11	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	7,56	0,25	5,67	0,6	0,71	0,08	108,06	1	34,80
H7-O1.12	VENTANA TIPO OESTE	OESTE	3,37	0,25	2,52	0,6	0,90	0,08	108,06	1	19,64
H7-S1	VENTANA TIPO SUR	SUR	1,34	0,25	1,01	0,6	0,67	0,08	81,72	1	4,40
H7-S2	VENTANA TIPO SUR	SUR	8,96	0,25	6,72	0,6	0,48	0,08	81,72	1	21,09
H7-E4.1	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,89	0,25	2,17	0,6	0,84	0,08	114,47	1	16,67
H7-E4.2	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	1,14	0,25	0,85	0,6	0,79	0,08	114,47	1	6,18
H7-E4.3	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,01	0,25	1,50	0,6	0,82	0,08	114,47	1	11,30
H7-E4.4	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,30	0,25	1,72	0,6	0,82	0,08	114,47	1	12,93
H7-E4.5	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,30	0,25	1,72	0,6	0,82	0,08	114,47	1	12,93
H7-E4.6	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,01	0,25	1,50	0,6	0,82	0,08	114,47	1	11,30
H7-E4.7	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	1,14	0,25	0,85	0,6	0,79	0,08	114,47	1	6,18
H7-E4.8	VENTANA TIPO ESTE	ESTE	2,91	0,25	2,18	0,6	0,84	0,08	114,47	1	16,77
TOTALES PLANTA 07			87,36		65,52						581,48
PLANTA ÁTICO. P08											
H8-S1	PUERTA	SUR	1,96	1,00	0,00	0,6	0,65	0,75	81,72	1	0,00
H8-S2	PUERTA	SUR	1,96	1,00	0,00	0,6	0,65	0,75	81,72	1	0,00
TOTALES PLANTA 08			3,92		0,00						0,00
TOTALES EDIFICIO			240,16		177,86						2767,09

PLANTA ÁTICO. P08

H8-S1	PUERTA	SUR	1,96	1,00	0,00	0,6	0,65	0,75	81,72	1	0,00
H8-S2	PUERTA	SUR	1,96	1,00	0,00	0,6	0,65	0,75	81,72	1	0,00

DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m²) 2072,35COMPROBACIÓN $q_{sol;jul}$

CÁLCULO

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

$$q_{sol} = 2767,09 / 2072,35 = 1,335$$

(*)

Los valores de Irradiación solar media acumulada en el mes de julio se han cogido de la tabla 20. Irradiación solar media acumulada en el mes de julio ($H_{sol;jul}$) [KWh/m²] para clima peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla. del documento DA DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

$q_{sol;jul}$ EDIFICIO	$q_{sol;jul,lim}$ CTE	Cumplimiento Valores límite
1,335	2,00	CUMPLE

Consideraciones respecto al cumplimiento de esta configuración

El cumplimiento de este indicador en edificios de uso residencial privado no suele plantear problemas importantes. En este tipo de edificios es normal incorporar persianas por el exterior como elemento de protección. Tal y como ocurre en el edificio de nuestro ejemplo, esta solución, aun tratándose de persianas en color oscuro, permite un cumplimiento holgado.

En edificios de uso terciario este indicador puede plantear mayores problemas de cumplimiento por no ser el recurso de la persiana una solución tan frecuente. Si además la proporción de huecos habitualmente es mayor en este tipo de edificios, nos obligará en muchos casos, a recurrir a soluciones combinadas de dos o más protecciones solares diferentes.

Como solución efectiva en todos los casos, se ha de fomentar el uso de protecciones fijas con un comportamiento estacional adecuado, especialmente si se tiene en cuenta el puente térmico que pueden suponer los capialzados en la construcción si no se realiza correctamente su colocación lo que provoca la interrupción en la continuidad del aislamiento térmico.

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 (Q_{100}) 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, $Q_{100,lim}$ [$m^3/h \cdot m^2$]

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, $Q_{100,lim}$ [$m^3/h \cdot m^2$]	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 ($\leq 27 m^3/h \cdot m^2$) y clase 3 ($\leq 9 m^3/h \cdot m^2$) 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 $m^3/h \cdot m^2$.

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

DESCRIPCIÓN HUECOS	Clase de la carpintería	Permeabilidad al aire de huecos (Q_{100}) [$m^3/h \cdot m^2$]	Valor límite ($Q_{100,lim}$) [$m^3/h \cdot m^2$]	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 PRESION 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, en nuestro caso es de 3,03. Al ser mayor que 2 y menor que 4, hemos de interpolar el valor límite entre 6 y 3. Mediante el cálculo de la interpolación preciso que realiza HULC el valor límite es de 4,41 y gráficamente lo podemos aproximar de la siguiente forma:



En cuanto a la superficie útil del edificio como requisito para la aplicación o no de este indicador, en nuestro caso es de 2.072,63 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 incluye las superficies en contacto con el terreno, y solamente se consideran las que están en contacto con el aire exterior.

Los resultados obtenidos 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]	0,64	0,66	CUMPLE
Control solar, q_soljul [kWh/m².mes]	1,33	2,00	CUMPLE
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	3,75	4,54	CUMPLE
Compacidad [m³/m²]	2,97		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]	2072,35		
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	1783,58		
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	415,04		
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	1995,79		

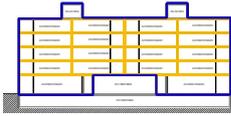
Detalle por componentes:

Huecos | Opacos | Puentes Térmicos | Espacios |

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_g;wi	g_g;sh,wi	F_sh;obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P03_E01_PE001_V	VENTANA NORTE	8,96	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,65	2,37
2	P03_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,34	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,75	2,73
3	P03_E01_PE007_V	VENTANA TIPO OESTE	3,37	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,86	5,64
4	P03_E01_PE009_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44
5	P03_E01_PE011_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
6	P03_E01_PE013_V	PUERTA TENEDERO	1,87	1,18	S	25,00	0,60	0,75	0,48	22,10
7	P03_E02_PE002_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,48	31,47
8	P03_E02_PE005_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,62	3,79
9	P03_E05_PE002_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,58	3,59
10	P03_E05_PE005_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,49	32,15
11	P03_E08_PE002_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
12	P03_F08_PF004_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44

Cerrar

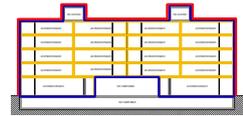
En las siguientes tablas, se completan todos los cálculos para este indicador:



RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE A 50 Pa [n50]

Acondicionados: P.3 (viviendas accesibles) y P.4 (planta tipo P05, P06 y P07) completa salvo patinillos y núcleo ascensor
 N.H.:Garaje, local comercial, patinillos y núcleo vertical del ascensor
 Envolverte 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													VOLUMEN AIRE INTERIOR			
Código del elemento	Tipo de Contacto	Detalle	$\lambda \in a ET?$ $\in ET=1$ $\notin ET=0$	Contacto EXTERIOR SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m ²)	Sup. VENTANA (m ²)	Sup. PUERTA (m ²)	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA TOTAL (m ²)	Sup. VENTANA TOTAL (m ²)	Sup. PUERTA TOTAL (m ²)	Permeab. UNITARIA m ³ /h·m ²	Permeab. TOTAL m ³ /h	Sup. dentro ET (m ²)	Altura libre planta (m)	Volumen *aire interior* $\in ET$ (m ³)
PLANTA SÓTANO. P01																
La planta 01 correspondiente al nivel sótano, no se incluye dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.																
TOTALES PLANTA 02					0,00	0,00	0,00						0,00	0,00		0,00
PLANTA BAJA-LOCAL P02																
M2.S1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	0	0	-	-	-					-	-			
M2.S1	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	0	0	-	-	-					-	-			
TOTALES PLANTA 01					0,00	0,00	0,00						0,00	0,00		0,00
PLANTA BAJA-VIVENDAS P03																
M3.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,96	-	-	1	1,96	-	-	16,00	31,36			
H3-N1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	8,96	-		-	8,96	-	9,00	80,64			
M3.E7	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,96	-	-	1	9,96	-	-	16,00	159,36			
M3.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	16,75	-	-	1	16,75	-	-	16,00	268,00			
H3-N2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,34	-	1	-	1,34	-	9,00	12,06			
M3.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	24,43	-	-	1	24,43	-	-	16,00	390,88			
H3-O1.1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,37	-	1	-	3,37	-	9,00	30,33			
H3-O1.2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	7,56	-	1	-	7,56	-	9,00	68,04			
H3-O1.3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,36	-	1	-	1,36	-	9,00	12,24			
M3.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	7,52	-	-	1	7,52	-	-	16,00	120,32			
H3-S1	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	-	1,87	1	-	-	1,87	60,00	112,20			
M3.O2	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.N3	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.O3	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.E5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3,81	-	-	1	3,81	-	-	16,00	60,96			
H3-E5	EXTERIOR	PUERTA ACC	1	1	-	-	3,39	1	-	-	3,39	60,00	203,40			
M3.S5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	7,20	-	-	1	7,20	-	-	16,00	115,20			
M3.E6	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	31,59	-	-	1	31,59	-	-	16,00	505,44			
H3-E6	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	2,91	-	1	-	2,91	-	9,00	26,19			
M3.N4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	7,52	-	-	1	7,52	-	-	16,00	120,32			
H3-N4	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	-	1,87	1	-	-	1,87	60,00	112,20			
M3.O6	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	24,64	-	-	1	24,64	-	-	16,00	394,24			
H3-O6.1	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,36	-	1	-	1,36	-	9,00	12,24			
H3-O6.2	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	7,56	-	1	-	7,56	-	9,00	68,04			
H3-O6.3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,37	-	1	-	3,37	-	9,00	30,33			
M3.O4	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.S2	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.O5	NH	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
M3.S3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	16,75	-	-	1	16,75	-	-	16,00	268,00			
H3-S3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	1,34	-	1	-	1,34	-	9,00	12,06			
M3.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,96	-	-	1	9,96	-	-	16,00	159,36			
M3.S4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,96	-	-	1	1,96	-	-	16,00	31,36			
H3-S4	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	8,96	-	1	-	8,96	-	9,00	80,64			
M3.E3	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	31,41	-	-	1	31,41	-	-	16,00	502,56			
H3-E3	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	2,91	-	1	-	2,91	-	9,00	26,19			
M3.N5	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	7,20	-	-	1	7,20	-	-	16,00	115,20			
M3.E4	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	3,81	-	-	1	3,81	-	-	16,00	60,96			
H3-E4	EXTERIOR	PUERTA ACC	1	1	-	-	3,39	1	-	-	3,39	60,00	203,40			
F1-3.1	NH	SUELO	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
F1-3.2	NH	SUELO	1	0	-	-	-		-	-	-	-	-			
TOTALES PLANTA 03					206,47	51,00	10,52		206,47	51,00	10,52	4393,72	257,00		642,50	

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA														VOLUMEN AIRE INTERIOR		
Código del elemento	Tipo de Contacto	Detalle	$\delta \in a$ ET? $\in ET=1$ $\notin ET=0$	Contacto EXTERIOR SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m ²)	Sup. VENTANA (m ²)	Sup. PUERTA (m ²)	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA TOTAL (m ²)	Sup. VENTANA TOTAL (m ²)	Sup. PUERTA TOTAL (m ²)	Permeab. UNITARIA m ³ /h·m ²	Permeab. TOTAL m ³ /h	Sup. dentro ET (m ²)	Altura libre planta (m)	Volumen "aire interior" $\in ET$ (m ³)
PLANTA VIVIENDAS-TIPO P04 - P06														1370,66	2,5	3426,65
M4.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,96	-	-	3	5,88	-	-	16,00	94,08			
H4.N1	EXTERIOR	VENTANA			-	8,96	-			26,88	-	9,00	241,92			
M4.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,96	-	-	3	29,88	-	-	16,00	478,08			
M4.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	16,75	-	-	3	50,25	-	-	16,00	804,00			
H4.N2	EXTERIOR	VENTANA			1	1,34	-			4,02	-	9,00	36,18			
M4.O1	EXTERIOR	M. FACHADA			1	99,02	-			297,06	-	16,00	4752,96			
H4.O1.1	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	10,10	-	9,00	90,88		
H4.O1.2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	22,68	-	9,00	204,12		
H4.O1.3	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	4,62	-	9,00	41,58		
H4.O1.4	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	4,62	-	9,00	41,58		
H4.O1.5	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	22,68	-	9,00	204,12		
H4.O1.6	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,37	-	3	-	10,10	-	9,00	90,88			
H4.O1.7	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	10,10	-	9,00	90,88		
H4.O1.8	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	22,68	-	9,00	204,12		
H4.O1.9	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	4,62	-	9,00	41,58		
H4.O1.10	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,76	-		-	5,28	-	9,00	47,52		
H4.O1.11	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	22,68	-	9,00	204,12		
H4.O1.12	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	10,10	-	9,00	90,88		
M4.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	16,75	-	-	3	50,25	-	-	16,00	804,00			
H4.S1	EXTERIOR	VENTANA			1	1,34	-			4,02	-	9,00	36,18			
M4.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	9,96	-	-	3	29,88	-	-	16,00	478,08			
M4.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	1,96	-	-	3	5,88	-	-	16,00	94,08			
H4.S2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	8,96	-		26,88	-	9,00	241,92			
M4.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-					-	-			
M4.E4	EXTERIOR	M. FACHADA			1	73,50	-			220,51	-	16,00	3528,14			
H4.E4.1	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,89	-		-	8,67	-	9,00	78,03		
H4.E4.2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	1,14	-		-	3,417	-	9,00	30,75		
H4.E4.3	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,01	-		-	6,018	-	9,00	54,16		
H4.E4.4	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	2,30	-	3	-	6,885	-	9,00	61,97			
H4.E4.5	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,30	-		-	6,885	-	9,00	61,97		
H4.E4.6	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,01	-		-	6,018	-	9,00	54,16		
H4.E4.7	EXTERIOR	VENTANA			1	-	1,14	-		-	3,417	-	9,00	30,75		
H4.E4.8	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,91	-		-	8,721	-	9,00	78,49		
M4.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-					-	-			
F2-4	OTRO ESPAC.	SUELO	1	0	-	-	-					-	-			
F1-3.3	EXTERIOR	SUELO	1	1	7,91	-	-	1	7,91	-	-	16,00	126,56			
F1-3.4	EXTERIOR	SUELO	1	1	5,78	-	-	1	5,78	-	-	16,00	92,48			
F1-3.5	EXTERIOR	SUELO	1	1	7,91	-	-	1	7,91	-	-	16,00	126,56			
F1-3.6	EXTERIOR	SUELO	1	1	5,78	-	-	1	5,78	-	-	16,00	92,48			
TOTALES PLANTA 04-06									716,97	262,08		13830,25	1370,66		3426,65	
PLANTA VIVIENDAS-TIPO. P07														456,89	2,668	1218,98
M7.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	2,68	-	-	1	2,68	-	-	16,00	42,88			
H7.N1	EXTERIOR	VENTANA			-	8,96	-			8,96	-	9,00	80,64			
M7.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	10,62	-	-	1	10,62	-	-	16	169,92			
M7.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	17,95	-	-	1	17,95	-	-	16,00	287,20			
H7.N2	EXTERIOR	VENTANA			1	1,34	-			1,34	-	9,00	12,06			
M7.O1	EXTERIOR	M. FACHADA			1	108,96	-			108,96	-	16,00	1743,36			
H7.O1.1	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	3,37	-	9,00	30,29		
H7.O1.2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	7,56	-	9,00	68,04		
H7.O1.3	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	1,54	-	9,00	13,86		
H7.O1.4	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	1,54	-	9,00	13,86		
H7.O1.5	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	7,56	-	9,00	68,04		
H7.O1.6	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	3,37	-	1	-	3,37	-	9,00	30,29			
H7.O1.7	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	3,37	-	9,00	30,29		
H7.O1.8	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	7,56	-	9,00	68,04		
H7.O1.9	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,54	-		-	1,54	-	9,00	13,86		
H7.O1.10	EXTERIOR	PUERTA TEN*			1	-	1,76	-		-	1,76	-	9,00	15,84		
H7.O1.11	EXTERIOR	VENTANA			1	-	7,56	-		-	7,56	-	9,00	68,04		
H7.O1.12	EXTERIOR	VENTANA			1	-	3,37	-		-	3,37	-	9,00	30,29		
M7.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	17,95	-	-	1	17,95	-	-	16,00	287,20			
H7.S1	EXTERIOR	VENTANA			1	1,34	-			1,34	-	9,00	12,06			
M7.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	10,62	-	-	1	10,62	-	-	16,00	169,92			
M7.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	2,68	-	-	1	2,68	-	-	16,00	42,88			
H7.S2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	8,96	-		8,96	-	9,00	80,64			
M7.E3	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-					-	-			
M7.E4	EXTERIOR	M. FACHADA			1	79,52	-			79,52	-	16,00	1272,32			
H7.E4.1	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,89	-		-	2,89	-	9,00	26,01		
H7.E4.2	EXTERIOR	VENTANA			1	-	1,14	-		-	1,14	-	9,00	10,25		
H7.E4.3	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,01	-		-	2,01	-	9,00	18,05		
H7.E4.4	EXTERIOR	VENTANA	1	1	-	2,30	-	1	-	2,30	-	9,00	20,66			
H7.E4.5	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,30	-		-	2,30	-	9,00	20,66		
H7.E4.6	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,01	-		-	2,01	-	9,00	18,05		
H7.E4.7	EXTERIOR	VENTANA			1	-	1,14	-		-	1,14	-	9,00	10,25		
H7.E4.8	EXTERIOR	VENTANA			1	-	2,91	-		-	2,91	-	9,00	26,16		
M7.E5	OTRO ESPAC.	MEDIANERÍA	1	0	-	-	-					-	-			
C7-8.1	EXTERIOR	TECHO			1	53,66	-	-		53,66	-	16,00	858,56			
C7-8.2	EXTERIOR	TECHO			1	152,15	-	-		152,15	-	16,00	2434,40			
C7-8.3	EXTERIOR	TECHO	1	1	54,12	-	-	1	54,12	-	-	16,00	865,92			
C7-8.4	EXTERIOR	TECHO			1	91,71	-	-		91,71	-	16,00	1467,36			
C7-8.5	EXTERIOR	TECHO			1	40,30	-	-		40,30	-	16,00	644,80			
TOTALES PLANTA 07									642,92	87,36		11072,97	456,89		1218,98	

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA													VOLUMEN AIRE INTERIOR			
Código del elemento	Tipo de Contacto	Detalle	$\delta \in$ a ET? \in ET=1 \notin ET=0	Contacto EXTERIOR SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m ²)	Sup. VENTAN A (m ²)	Sup. PUERTA (m ²)	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA TOTAL (m ²)	Sup. VENTAN A TOTAL (m ²)	Sup. PUERTA TOTAL (m ²)	Permeab. UNITARIA m ³ /h·m ²	Permeab. TOTAL m ³ /h	Sup. dentro ET (m ²)	Altura libre planta (m)	Volumen "aire interior" \in ET (m ³)
PLANTA ÁTICO. P08														65,24	2,455	160,169
M8.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	19,65	-	-	1	19,65	-	-	16,00	314,40			
M8.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	14,94	-	-	1	14,94	-	-	16,00	239,04			
M8.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	17,69	-	-	1	17,69	-	-	16,00	283,04			
H8-S1	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	-	1,96	1	-	-	1,96	60,00	117,60			
M8.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	14,94	-	-	1	14,94	-	-	16,00	239,04			
M8.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	19,65	-	-	1	19,65	-	-	16,00	314,40			
M8.O2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	14,79	-	-	1	14,79	-	-	16,00	236,64			
M8.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	17,69	-	-	1	17,69	-	-	16,00	283,04			
H8-S2	EXTERIOR	PUERTA	1	1	-	-	1,96	1	-	-	1,96	60,00	117,60			
M8.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	1	1	14,79	-	-	1	14,79	-	-	16,00	236,64			
C8-E1	EXTERIOR	TECHO	1	1	32,62	-	-	1	32,62	-	-	16,00	521,92			
C8-E2	EXTERIOR	TECHO	1	1	32,31	-	-	1	32,31	-	-	16,00	516,96			
TOTALES PLANTA 08									199,07	3,92		3420,32	65,24		160,17	
TOTALES EDIFICIO									1765,43	400,44	14,44		32717,26	2149,79		5448,30
DATOS PREVIOS Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica. C_0 [m ³ /h·m ²] (100 Pa)					COMPACIDAD					3,03	COMPROBACIÓN n₅₀					
Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica. C_0 [m ³ /h·m ²] (100 Pa)					Permeabilidad al aire prevista en huecos. (m ³ /h·m ²), 100 Pa											
Tipo de edificio					Clase de carpintería					C_h						
Nuevo o existente con permeabilidad mejorada					CLASE 3					9						
Existente					PUERTAS					60						
n ₅₀ = 0,629 · (C ₀ · A _o + C _h · A _h) / V					n ₅₀ = 0,629 · (16 · 1765,43 + 9 · 400,44 + 60 · 14,44) / 5448,30 = 3,777					3,777						
										4,41						
										CUMPLE						

(*)Pese a ser puertas se considera en estos elementos que existe cerco (*) en la arista inferior del hueco, considerando por tanto, que su permeabilidad es asimilable a la de una ventana

Consideraciones respecto al cumplimiento de esta configuración

El cumplimiento se produce con un margen holgado gracias a un valor de compacidad que se puede considerar bueno. Conviene explicar una cuestión respecto al cálculo realizado que es importante: en las puertas de salida a tendedores desde las cocinas, se ha supuesto que se trata de puertas con cerco en todo su perímetro, es decir, también en la parte inferior del hueco. Esta situación se ha aplicado a todas ellas excepto a las puertas de las viviendas accesibles de planta baja donde no sería posible optar por esta solución ya que supondría la presencia de un obstáculo en el suelo incompatible con la movilidad deseada en esa vivienda.

Respecto a las posibles variantes de composición de la envolvente con incidencia sobre este indicador, son reducidas en este caso de estudio y describimos las más efectivas a continuación:

- Podríamos optar en primer lugar por retirar los torreones de cubierta como espacios interiores a la envolvente. Con ello estamos eliminando una gran superficie de cerramientos opacos y dos puertas (las de salida a la azotea) ambos elementos con una permeabilidad alta. Esta medida puede ser beneficiosa para el comportamiento general del edificio pues mejorará su compacidad (simplifica su forma). Habría que comprobar, no obstante, el efecto sobre el coeficiente global de transmisión de calor [K]. Dependiendo de las soluciones constructivas empleadas en estos elementos y la relación entre opacos y huecos retirados, tendrán mayor o menor incidencia sobre la media ponderada de transmitancia térmica que supone este indicador. En todo caso, desde el punto de vista de la continuidad del aislamiento térmico en la envolvente, siempre deseable, es una solución poco recomendable pues dejaríamos desprotegido el núcleo de comunicación vertical del edificio.

Para ver el resultado que obtendríamos con esta modificación se han corregido sobre la tabla los datos de los cerramientos de la planta de los torreones (P08 en HULC), eliminándolos de la envolvente térmica. Como el resto de las plantas no se ven modificadas, se inserta a continuación exclusivamente la parte final de la tabla que afecta a esta última planta.

RESULTADOS VARIANTE EXCLUYENDO TORREONES DE CUBIERTA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

CÁLCULO DE LA PERMEABILIDAD DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA EXCLUYENDO TORREONES CUBIERTA DE LA E.T												VOLUMEN AIRE INTERIOR					
Código del elemento	Tipo de Contacto	Detalle	$\lambda \in \text{a ET?}$ $\in \text{ET}=1$ $\notin \text{ET}=0$	Contacto EXTERIOR SI=1 NO=0	Sup. Parte OPACA (m²)	Sup. VENTANA (m²)	Sup. PUERTA (m²)	se repite en nº plantas	Sup. Parte OPACA TOTAL (m²)	Sup. VENTANA TOTAL (m²)	Sup. PUERTA TOTAL (m²)	Permeab. UNITARIA m³/h·m²	Permeab. TOTAL m³/h	Sup. dentro ET (m²)	Altura libre planta (m)	Volumen "aire interior" $\in \text{ET}$ (m³)	
PLANTA ÁTICO_P08														0,00	2,455	0,000	
M8.N1	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	19,65	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
M8.O1	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	14,94	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
M8.S1	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	17,69	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
H8-S1	EXTERIOR	PUERTA	0	1	-	-	1,96	1	-	-	0,00	60,00	0,00				
M8.E1	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	14,94	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
M8.N2	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	19,65	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
M8.O2	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	14,79	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
M8.S2	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	17,69	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
H8-S2	EXTERIOR	PUERTA	0	1	-	-	1,96	1	-	-	0,00	60,00	0,00				
M8.E2	EXTERIOR	M. FACHADA	0	1	14,79	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
C8-E1	EXTERIOR	TECHO	0	1	32,62	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
C8-E2	EXTERIOR	TECHO	0	1	32,31	-	-	1	0,00	-	-	16,00	0,00				
TOTALES PLANTA 07									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
TOTALES EDIFICIO									1566,36	400,44	10,52	29296,94	2084,55	5381,84			
DATOS PREVIOS Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica. Co (m³/h·m²) (100 Pa)				COMPACIDAD				3,03		COMPROBACIÓN n50							
Tipo de edificio				C ₀		Clase de carpintería		C _h		n ₆₀ EDIFICIO		n ₅₀ límite		Cumplimiento Valores límite			
Nuevo o existente con permeabilidad mejorada				16		CLASE 3		9		3,424		4,41		CUMPLE			
Existente				29		PUERTAS		60									
$n_{50} = 0,629 \cdot (C_0 \cdot A_o + C_h \cdot A_h) / V$				$n_{50} = 0,629 \cdot (16 \cdot 1566,36 + 9 \cdot 400,44 + 60 \cdot 10,52) / 5381,84 = 3,424$													

A continuación, los resultados de HULC (con una pequeña variación en el segundo decimal):

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019										
Calidad de la envolvente térmica		Demanda								
Transmitancia térmica global, K [W/m²·K]	0,67	Valores límite	0,67	CUMPLE						
Control solar, q_soljul [kWh/m²·mes]	1,37	2,00	CUMPLE							
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	3,46	4,23	CUMPLE							
Compacidad [m³/m²]	3,18									
Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]	2007,42									
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	1584,45									
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	411,12									
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	1995,79									
Detalle por componentes:										
Huecos Opacos Puentes Térmicos Espacios										
Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²·K]	Orientación	% Marco	g_glw	g_glsh_wi	F_sh obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P03_E01_PE001_V	VENTANA NORTE	8,96	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,65	2,37
2	P03_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,34	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,75	2,73
3	P03_E01_PE007_V	VENTANA TIPO OESTE	3,37	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,86	5,64
4	P03_E01_PE009_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44
5	P03_E01_PE011_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
6	P03_E01_PE013_V	PUERTA TENEDERO	1,87	1,18	S	25,00	0,60	0,75	0,48	22,10
7	P03_E02_PE002_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,48	31,47
8	P03_E02_PE005_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,62	3,79
9	P03_E05_PE002_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,58	3,59
10	P03_E05_PE005_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,49	32,15
11	P03_E08_PE002_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
12	P03_FOR_FF004_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44

Imagen resultados de HULC. Al haber excluido los torreones de la E.T. se modifica también la compacidad, volumen encerrado y superficie de opacos y de huecos

- Otra opción o variante que puede resultar bastante frecuente consistiría en valorar la incorporación de carpinterías de baja permeabilidad, clase 4. Como ya se explicaba en las entregas anteriores de esta guía de ejemplos, 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 $9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) e incorporamos otras de clase 4, cuyo límite de permeabilidad es de $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, los resultados mejoran notablemente.

Los resultados de esta mejora, acumulando sus efectos con la anterior, se muestran a continuación tanto en el resumen de la tabla como en una imagen de la pantalla de resultados de HULC:

RESULTADOS VARIANTE EXCLUYENDO TORREONES DE ACCESO A CUBIERTA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y CAMBIO DE CARPINTERÍAS A CLASE 4

TOTALES EDIFICIO		1566,36	400,44	10,52	27200,28	2084,55	5381,84
DATOS PREVIOS Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica, C_o [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$] (100 Pa)		COMPACIDAD		3,03			
Tipo de edificio	C_o	Permeabilidad al aire prevista en huecos. ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$), 100 Pa		COMPROBACIÓN n₅₀			
Nuevo o existente con permeabilidad mejorada	16	Clase de carpintería		n ₅₀ EDIFICIO			
Existente	29	CLASE 4		n ₅₀ Límite			
		PUERTAS		Cumplimiento Valores límite			
				3,179			
n₅₀ = 0,629 · (C_o · A_o + C_h · A_h) / V				4,41			
				CUMPLE			
				3,179			
				4,41			
				CUMPLE			

La imagen de los resultados en la simulación de HULC, es la siguiente:

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019														
Calidad de la envolvente térmica Demanda														
Transmitancia térmica global, K [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]		0,67		Valores límite		0,67		CUMPLE						
Control solar, q_{sol}/j [$\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{mes}$]		1,37				2,00		CUMPLE						
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n ₅₀ [1/h]		3,18				4,23		CUMPLE						
Compacidad [m^3/m^2]		3,18												
Superficie útil de cálculo, A _{útil} [m^2]		2007,42												
Superficie de cerramientos opacos, A _{opacos} [m^2]		1584,45												
Superficie de huecos, A _{huecos} [m^2]		411,12												
Longitud de puentes térmicos, L _{pt} [m]		1995,79												
Detalle por componentes:														
Núm.	Opacos	Huecos	Puentes Térmicos	Espacios	Nombre	Construcción	Área [m^2]	U [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	Orientación	% Marco	g _{glwi}	g _{glsh,wi}	F _{sh,obst}	Ganancia _{jul} [kWh/m^2]
1					P03_E01_PE001_V	VENTANA NORTE	8,96	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,65	2,37
2					P03_E01_PE004_V	VENTANA NORTE	1,34	1,24	N	25,00	0,60	0,08	0,75	2,73
3					P03_E01_PE007_V	VENTANA TIPO OESTE	3,37	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,86	5,64
4					P03_E01_PE009_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44
5					P03_E01_PE011_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
6					P03_E01_PE013_V	PUERTA TENEDERO	1,87	1,18	S	25,00	0,60	0,75	0,48	22,10
7					P03_E02_PE002_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,48	31,47
8					P03_E02_PE005_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,62	3,79
9					P03_E05_PE002_V	VENTANA TIPO ESTE	2,91	1,24	E	25,00	0,60	0,08	0,58	3,59
10					P03_E05_PE005_V	PUERTA ACCESO	3,39	1,40	E	15,00	0,60	0,75	0,49	32,15
11					P03_E08_PE002_V	VENTANA TIPO OESTE	1,36	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,61	4,01
12					P03_FOR_PE004_V	VENTANA TIPO OESTE	7,56	1,24	O	25,00	0,50	0,08	0,67	4,44

Imagen resultados de HULC tras excluir los torreones de la E.T. y modificado las carpinterías proyectadas

DESC

3. Limitación de descompensaciones

Respecto a las particiones interiores del edificio que separan diferentes “unidades de uso”⁵, se ha de realizar la comprobación de que no se producen importantes descompensaciones. Las viviendas se separan unas de otras mediante particiones verticales y horizontales que separan en ese caso “unidades del mismo uso”. También existen en nuestro edificio, cerramientos consistentes en particiones verticales que separan las viviendas de las zonas comunes de cada planta. En nuestro caso no existen particiones interiores que separen usos diferentes puesto que los cerramientos que separan el uso vivienda del garaje y de los espacios comerciales pertenecen a la envolvente térmica del edificio tal y como la hemos definido. Estos elementos, pertenecientes a la envolvente térmica, han de cumplir los valores límite de la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]*, que son de por sí más exigentes que los que establece la limitación de descompensaciones. Esta comprobación ya se ha realizado en el apartado correspondiente de análisis de las transmitancias de todos los elementos de la envolvente térmica.

Respecto a las particiones interiores que separan las diferentes viviendas y a estas de las zonas comunes del edificio, están sujetas al cumplimiento de valores límite de sus transmitancias que se recogen en la *tabla 3.2-HE1 Transmitancia térmica límite de particiones interiores*, en función del uso asignado a las distintas unidades de uso que delimiten. Se reproduce a continuación dicha tabla sombreado en ella los valores límite que se tendrán 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 Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

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

A continuación, se muestra una tabla con los valores de transmitancia de proyecto de esas particiones interiores comparados con los valores límite de la tabla 3.2 – HE1:

DESCRIPCIÓN PARTICIÓN	TIPO DE CERRAMIENTO	TIPO DE PARTICIÓN	$U_{proyecto}$ W/m ² K	U_{lim} W/m ² K	Cumplimiento Valores límite
Tabique entre viviendas	Entre unidades del mismo uso	Partición vertical	0,76	1,20	CUMPLE
Tabique viviendas-zonas comunes	Entre unidades de uso y zonas comunes	Partición vertical	0,76	0,95	CUMPLE
Forjado entre viviendas	Entre unidades del mismo uso	Partición horizontal	0,81	1,35	CUMPLE
					CUMPLE

⁵ 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:

- en edificios de vivienda, cada una de las viviendas.
- 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) *Vivienda unifamiliar adosada* 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).

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

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

- Sistema de calefacción y producción de ACS
- Sistema de 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

1. Preparación de datos previos a la comprobación de la exigencia
2. Justificación del cumplimiento

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, en nuestro caso, al tratarse de un edificio de vivienda colectiva, estarán excluidas las instalaciones interiores de cada vivienda, pero no así las diferentes zonas comunes y el propio garaje aparcamiento.

Aunque obvio, conviene reseñar en este punto, que la “no exigencia” de este apartado para el interior de las viviendas, no significa que no sea muy recomendable el control sobre el rendimiento, consumo y gestión de los equipos que componen esta instalación. En este sentido, 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.

DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación de la exigencia

Por tratarse de un ejemplo en el que no se encuentran definidos exhaustivamente los usos concretos de cada espacio, centraremos la aplicación de esta sección a dos ámbitos, las zonas comunes del residencial, garaje y trasteros y, por otro lado, el propio espacio del garaje. En este sentido, para obtener el cumplimiento de la exigencia en el apartado 2. *Caracterización de la exigencia* del DB HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación se dice lo siguiente:

“Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.”

Para ello, dichas instalaciones han de cumplir los siguientes requisitos:

- **Eficiencia energética de la instalación de iluminación**
 1. El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)⁶ de la instalación de iluminación no superará el valor límite (VEEI_{lim}) establecido en la *tabla 3.1-HE3*.

⁶ Según la definición que figura en el *Anejo A Terminología, del del CTE DB HE Ahorro de energía* VEEI: Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI): valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de un espacio o local con un determinado uso y por tanto, con unos parámetros de iluminación acordes con el mismo. En este valor de eficiencia no se incluyen las instalaciones de iluminación de escaparates o espacios destinados a exponer productos al público (zonas expositivas), las correspondientes al alumbrado de emergencia o a la iluminación de las unidades de uso residencial privado.

Dicha tabla se reproduce a continuación resaltando los valores límite para los usos que nos afectan aplicando los criterios que se han expuesto anteriormente:

Uso del recinto	$VEEI_{lim}$
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico (1)	3,5
Aulas y laboratorios (2)	3,5
Habitaciones de hospital (3)	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes (4)	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos (5)	4,0
Estaciones de transporte (6)	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) (7)	6,0
Hostelería y restauración (8)	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (9)	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600 lux	2,5

(1) Incluye la instalación de iluminación de salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo, quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.

(2) Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

(3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

(4) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

(5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes.

(6) Espacios destinados al tránsito de viajeros como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

(7) Incluye los espacios de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

(8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, autoservicio, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

(9) En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

▪ Potencia instalada

1. La potencia total de lámparas y equipos auxiliares por superficie iluminada (P_{TOT} / S_{TOT}) no superará el valor máximo establecido en la *Tabla 3.2-HE3*.

Dicha tabla se reproduce a continuación resaltando los valores límite para los usos que nos afectan:

Uso	E Iluminancia media en el plano horizontal (lux)	Potencia máxima a instalar (W/m^2)
Aparcamiento		5
Otros usos	≤ 600	10
	> 600	25

▪ **Sistemas de control y regulación**

1. Las instalaciones de iluminación de cada zona dispondrán de un sistema de control y regulación que incluya:
 - a. un sistema de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico, y
 - b. un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.
2. En zonas de uso esporádico (aseos, pasillos, escaleras, zonas de tránsito, aparcamientos, etc.) el sistema del apartado b) se podrá sustituir por una de las dos siguientes opciones:
 - un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado, o
 - un sistema de pulsador temporizado.

▪ **Sistemas de aprovechamiento de la luz natural**

1. Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen, automáticamente y de forma proporcional al aporte de luz natural, el nivel de iluminación de las luminarias situadas a menos de 5 metros de una ventana y de las situadas bajo un lucernario, cuando se cumpla la expresión $T(A_w / A) > 0,11$ junto con alguna de las condiciones siguientes:

.....
2. Las zonas comunes en edificios residenciales, las habitaciones de hospital, las habitaciones de hoteles, hostales, etc., así como las tiendas y pequeño comercio están excluidas de la exigencia de incorporar sistemas de aprovechamiento de la luz natural.

De los cuatro apartados (VEEI, potencia instalada, sistema de control y regulación y sistemas de aprovechamiento de la luz natural) y, considerando los datos que disponemos de la instalación, solamente hemos de realizar un cálculo previo para la comprobación del cumplimiento de la exigencia. Dicho cálculo es el valor de la eficiencia energética de la instalación de iluminación (VEEI) que desarrollamos en el apartado siguiente de justificación.

Por otra parte, en el apartado 3.4 *Sistemas de aprovechamiento de la luz natural*, punto 2 de la sección *HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación*, se excluye expresamente de este requisito a las zonas comunes de los edificios residenciales. En principio, deberíamos comprobar solamente este requisito para la zona del garaje.

JUSTF

2. Justificación del cumplimiento

Para la justificación del cumplimiento de esta exigencia en los ámbitos que estamos analizando (zonas comunes y garaje) tomaremos como punto de partida los datos que se han facilitado en la ficha de la instalación y que figura en el apartado dedicado a la descripción de los sistemas del edificio.

Esta ficha se reproduce a continuación:

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LAS ZONAS COMUNES DEL EDIFICIO	
Sistema de iluminación artificial de complemento a la luz natural disponible en las zonas comunes del edificio, tanto en la parte residencial como de trasteros. Iluminación en la zona de garaje-aparcamiento. Se trata de luminarias tipo led con sistema de control de presencia temporizado y zonificado en todos los casos. Sistema de compensación de la luz natural de tal manera que la iluminación artificial se activa exclusivamente cuando la luz natural no proporciona la iluminación necesaria en cada ámbito.	
DATOS DE LA INSTALACIÓN EN CADA UNA DE LAS ZONAS OBLIGADAS AL CUMPLIMIENTO	
Tipo de luminarias previstas en todas las zonas	led
Potencia media instalada en zonas comunes de residencial, aparcamiento y trasteros	4,0 W/m ²
Iluminancia media en zonas comunes de residencial, aparcamiento y trasteros	150 lux
Potencia media instalada en garaje-aparcamiento	2,0 W/m ²
Iluminancia media en garaje-aparcamiento	70 lux
CONTROL Y GESTIÓN DE LA INSTALACIÓN EN TODAS LAS ZONAS	
Dispone de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico	SI
Dispone cada zona de encendido y apagado por detección de presencia temporizado	SI
Dispone de sistema de aprovechamiento de la iluminación natural	SI

Como hemos dicho anteriormente, necesitamos obtener el VEEI de proyecto de los espacios que queremos evaluar:

Eficiencia energética de la instalación de iluminación (VEEI)

El valor de la eficiencia de la instalación (VEEI) Se expresa en W/m² por cada 100 lux y se obtiene mediante la expresión:

$$VEEI = 100 \cdot P / (S \cdot E_m)$$

En nuestro caso, en el que ya disponemos, como simplificación, de un valor medio de densidad de potencia (W/m²) en cada ámbito, tal vez sea más claro trabajar con la siguiente expresión (de la que se deduce la anterior):

$$VEEI = \frac{\frac{P(W)}{m^2}}{\frac{E_m}{100}}$$

Donde,

W/m²: densidad de potencia instalada del espacio que se evalúa. Se obtendría sumando la potencia total de todas las lámparas y equipos auxiliares instalados dividido por la superficie iluminada.

E_m: Iluminancia media del espacio que se evalúa (lx). En proyecto es una estimación de acuerdo con el uso que se va a desarrollar en dicho espacio y sus necesidades de iluminación y que habría que comprobar mediante medición una vez la obra ha sido ejecutada.

De esta forma, calculamos para los dos ámbitos que queremos evaluar el valor de su VEEI.

Para las zonas comunes quedará de la siguiente forma:

$$VEEI = \frac{4 \text{ W/m}^2}{\frac{150 \text{ lx}}{100}} = 2,666 \dots$$

Para el garaje el valor del VEEI es el siguiente:

$$VEEI = \frac{2 \text{ W/m}^2}{\frac{70 \text{ lx}}{100}} = 2,857$$

Sistemas de aprovechamiento de la luz natural

Como se ha comentado anteriormente, esta exigencia no se aplica a las zonas comunes de los edificios residenciales, por lo que hemos de comprobar exclusivamente el cumplimiento de este requisito para el garaje del edificio. En este sentido, tal y como se define el garaje en la información gráfica al inicio de este documento, no dispone de iluminación natural en todo su perímetro, ni tampoco existen lucernarios ni otro tipo de iluminación cenital. En consecuencia, tampoco es de aplicación este apartado para el espacio del garaje.

El resumen de la comprobación del cumplimiento se recoge en las dos tablas siguientes:

ZONAS COMUNES DEL EDIFICIO JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO SECCIÓN HE 3

EXIGENCIA	EN PROYECTO [VEEI]	VALOR LÍMITE [VEEIlím]	Cumplimiento <i>Valores límite</i>
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN (VEEI)	2,67	4	CUMPLE
EXIGENCIA	EN PROYECTO [W/m ²]	VALOR LÍMITE [W/m ²]	Cumplimiento <i>Valores límite</i>
POTENCIA INSTALADA	4,00	10	CUMPLE
EXIGENCIA	EN PROYECTO ¿Existe el sistema?	EXIGIBLE	Cumplimiento <i>requisito</i>
APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL	SI	NO	CUMPLE

Resumen del cumplimiento para las zonas comunes del edificio

GARAJE-APARCAMIENTO JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO SECCIÓN HE 3

EXIGENCIA	EN PROYECTO [VEEI]	VALOR LÍMITE [VEEIlím]	Cumplimiento <i>Valores límite</i>
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN (VEEI)	2,86	4	CUMPLE
EXIGENCIA	EN PROYECTO [W/m ²]	VALOR LÍMITE [W/m ²]	Cumplimiento <i>Valores límite</i>
POTENCIA INSTALADA	2,00	5	CUMPLE
EXIGENCIA	EN PROYECTO ¿Existe el sistema?	EXIGIBLE	Cumplimiento <i>requisito</i>
APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL	NO	NO	CUMPLE

Resumen del cumplimiento para el garaje

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 apartado referido al ámbito de aplicación del 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*, y dado que el edificio lo componen dos tipos de viviendas según el número de dormitorios y por consiguiente con diferentes ocupaciones, tenemos lo siguiente:

DEMANDA DE ACS viviendas de 2 dormitorios

Programa de la vivienda

Dormitorios	2
Ocupantes (*)	3
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	84 l/día
x 10 viviendas iguales	840 l/día

DEMANDA DE ACS viviendas de 3 dormitorios

Programa de la vivienda

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	4
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	112 l/día
x 8 viviendas iguales	896 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 a las viviendas de 2 dormitorios se les asigna una ocupación mínima de 3 personas y para las viviendas de 3 dormitorios la ocupación mínima será de 4 personas.

Respecto a la contribución mínima, en la Sección HE 4 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 cualquier caso, tratándose de un proyecto de obra nueva, depende de la demanda total del edificio que se proyecta. En este sentido, sobre la demanda de diseño detallada en los cuadros anteriores habrá que incorporar 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). En nuestro caso y a falta de unos cálculos más detallados, hemos estimado unas pérdidas de un 10% sobre la demanda inicial debidas a distribución y recirculación. Las pérdidas producidas en la acumulación las calcularemos posteriormente en función del volumen de los depósitos previstos y su grado de aislamiento.

En consecuencia, la demanda total de ACS será la siguiente:

DEMANDA DE ACS viviendas de 2 dormitorios

Programa de la vivienda

Dormitorios	2
Ocupantes (*)	3
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	84 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	8,4 l/día
---	-----------

Total Demanda de ACS	92,4 l/día
-----------------------------	-------------------

DEMANDA DE ACS viviendas de 3 dormitorios

Programa de la vivienda

Dormitorios	3
Ocupantes (*)	4
Necesidades de ACS	28 l/p-día
Demanda diaria de ACS	112 l/día

Estimación de pérdidas

Estimación de pérdidas debidas a distribución y recirculación (10%)	11,2 l/día
---	------------

Total Demanda de ACS	123,2 l/día
-----------------------------	--------------------

DEMANDA TOTAL DE ACS EN EL EDIFICIO

10 viviendas de 2 dormitorios	924,0 l/día
8 viviendas de 3 dormitorios	985,6 l/día
TOTAL	1909,6 l/día

Como aportación mediante fuentes de energía renovables disponemos de la instalación de paneles solares fotovoltaicos y de la parte de medioambiente de la producción de energía térmica mediante bombas de calor aerotérmicas. Para considerar la contribución renovable de estas últimas hemos de tener en cuenta las condiciones que se establecen a este respecto en la sección “HE 4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria”, donde se dice:

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

.....

4 Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS y/o climatización de piscina, para poder considerar su contribución renovable a efectos de esta sección, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional ($SCOP_{dhw}$) superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de $SCOP_{dhw}$ se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45°C.

El resto de las características de esta instalación se describen en la ficha del apartado dedicado a los sistemas del edificio.

Para los cálculos que se han de realizar referidos a esta instalación se puede tomar como referencia la *Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica (edición v1.0. Madrid, abril de 2020)*.

C. RENOV

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

A partir de la demanda diaria de ACS (1.909,6 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 (26 m) es la misma que la altitud de referencia de A Coruña capital (26 m) por lo que los valores mensuales de la temperatura del agua fría en la red pública se pueden tomar directamente de la *Tabla a-Anejo G. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C)*. Si la diferencia de altitud fuese sensiblemente diferente 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.

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 los depósitos las añadimos al final del proceso de forma independiente y las calculamos de una manera algo más precisa.

Para ello, y partiendo de las características de cada 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)

El coeficiente de pérdidas en nuestro caso se indica en la ficha y es diferente para cada tipo de acumulador: 0,60 W/K en los depósitos de 180 litros que se instalan en las viviendas de 2 dormitorios y 0,65 W/K en los depósitos de 200 litros en las viviendas de 3 dormitorios.

Estos datos (volumen y coeficiente de pérdidas), son los que introducimos en HULC en la ficha del acumulador 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 50°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 como elemento integrado en la unidad interior del sistema, es decir, se situará en el interior de cada vivienda. Por lo tanto, lo hemos de considerar expuesto a las condiciones interiores de la vivienda. En consecuencia, hemos aplicado una temperatura media constante de 20°C. Debemos recordar que HULC realiza un cálculo más preciso basado en una

simulación horaria anual, por tanto, 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 haremos una conversión de la demanda tal y como establece el artículo 3 del Anejo F para poder realizar correctamente los cálculos.

La sección 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, dividiremos por la superficie útil de proyecto y obtenemos la demanda final necesaria en KW·h/m²·año. El resumen del cálculo de la demanda de ACS para nuestro ejemplo es el siguiente:

PREPARACIÓN DE ACS			DEMANDA		I/día		
			Demanda [D] inicial		1909,6		
			Demanda media [D] equiv. preparando a 60°C:		1300,88		
OTROS DATOS			SUPERF. DE PROYECTO:		m ²		
Altitud A Coruña Capital (m)			26		Superficie total de viviendas		
T ^a de cálculo interior vivienda (°C)			20				
MES	nº días	T ^a agua fría A Coruña Capital (°C)	D _{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	10,0	41438,32	2409,64	249,98	2659,62	
Febrero	28	10,0	37428,16	2176,45	225,79	2402,24	
Marzo	31	11,0	41075,89	2340,79	249,98	2590,78	
Abril	30	12,0	39385,50	2198,66	241,92	2440,58	
Mayo	31	13,0	40304,75	2203,10	249,98	2453,08	
Junio	30	14,0	38607,13	2065,40	241,92	2307,32	
Julio	31	16,0	39016,60	1996,56	249,98	2246,54	
Agosto	31	16,0	39016,60	1996,56	249,98	2246,54	
Septiembre	30	15,0	38192,00	1998,78	241,92	2240,70	
Octubre	31	14,0	39894,03	2134,25	249,98	2384,24	
Noviembre	30	12,0	39385,50	2198,66	241,92	2440,58	
Diciembre	31	11,0	41075,89	2340,79	249,98	2590,78	
Valores medios:		12,83	Totales año	474.820,37	26.059,6	2.943,4	29.002,99

Demanda [D] ACS: 13,99 KW·h/m²·año

(*) esta demanda incluye las pérdidas de acumulación calculadas y las de distribución y recirculación estimadas en un 10%

Por otro lado, nuestro sistema de producción de energía para la preparación de ACS se compone de una bomba de calor aerotérmica (en la que una fracción de la energía producida se puede considerar renovable) y de unos paneles solares fotovoltaicos que sí son producción 100% renovable y servirán de apoyo en el consumo de energía eléctrica que se produce en dichas bombas.

La producción de energía eléctrica obtenida en los paneles solares fotovoltaicos disponibles es la que incorporamos en la ficha de datos generales (en la pestaña de producción de energía). Activaremos la introducción de valores para la producción fotovoltaica in situ 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] Irradiación Solar Diaria media anual [kWh/m².dia]

Valores mensuales de la producción de Energía Eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 30521,5 kWh)

No existen datos mensuales

Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fotovoltaica insitu	Ninguno	978,3	1472,4	2458,0	3192,9	3777,9	3922,6	4131,4	3741,8	2894,4	1935,1	1104,7	912,0
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

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

No existen datos mensuales

La producción fotovoltaica de estos paneles que se destina al servicio de ACS será proporcional al porcentaje de consumo eléctrico del servicio de ACS sobre el consumo eléctrico total. Este porcentaje debe calcularse también mensualmente y para ello es necesario el cálculo completo del modelo a través de la herramienta *CteEPBD* que incorpora tanto HULC como la aplicación online *VisorEPBD*. (<https://www.codigotecnico.org/visorepbd/#/>)

Además, teniendo en cuenta que la producción de energía eléctrica de los paneles solares fotovoltaicos, a la hora de evaluar la contribución renovable, no puede ser superior al consumo eléctrico del servicio de ACS, hemos de ajustar los valores de producción mensual con este criterio.

Por tanto, el cálculo real debe hacerse mensualmente, y lo realizaremos a continuación, pero para tener claro cuál sería el proceso simplificado mediante un cálculo anual, este sería el esquema aplicable:

DATOS

- Bomba de calor con $SCOP_{dHw} = 4,3 / 0,84 = 5,12$
- Paneles fotovoltaicos con una producción total anual de 30.521,5 kWh
- Demanda anual de ACS de 29.002,99 kWh
- El servicio de ACS representa un 39,1 % del consumo eléctrico final total (dato obtenido de *VisorEPBD*):
 - Producción fotovoltaica destinada a ACS = $0,391 * 30.521,5 = 11.933,91$ kWh

CÁLCULOS:

El consumo de vectores energéticos sería el siguiente:

- **Electricidad:**

$$C_{el} = D_{ACS} / SCOP_{dhw} = 29.002,99 / 5,12 = 5.664,65 \text{ kWh, de los cuales:}$$

- $C_{el,PV} = 5.664,65 \text{ kWh}$ serían de producción in situ (la potencia instalada permite cubrir toda la demanda)
- $C_{el,red} = C_{el} - C_{el,PV} = 0 \text{ kWh}$ provendrían del suministro de red

- **Energía ambiente:**

$$C_{amb} = D_{ACS} \cdot (1 - (1/SCOP)) = 29.002,99 \cdot (1 - (1/5,12)) = 23.338,34 \text{ kWh}$$

Tanto la electricidad producida in situ como la energía ambiente tienen una relación $f_{ep,ren} / f_{ep,tot} = 1,0$, al igual que su eficiencia (relación entre demanda y consumo), mientras que para la electricidad de red tenemos $f_{ep,ren} / f_{ep,tot} = 0,0$.

Así, los consumos de electricidad in situ y energía ambiente corresponden también a demanda satisfecha y, en ambos casos, son de origen renovable.

$$D_{ACS,ren} = D_{ACS,ren} \text{ PANELES FOTOVOLTAICOS} + D_{ACS,ren} \text{ ENERGÍA AMBIENTE} = 5.664,65 + 23.338,34 = 29.002,99 \text{ kWh}$$

De esta manera, el porcentaje de demanda de ACS sería:

$$\% D_{ACS,ren} = 100 \cdot D_{ACS,ren} / D_{ACS} = 100 \cdot (29.002,99_{\text{energía renovable utilizada}} / 29.002,99_{\text{energía total}}) = 100\%$$

Este puede ser por tanto un dato aproximado, pero el dato correcto es el que se realiza en base a los cálculos mensuales ya que los balances entre consumos y producciones se realizan en periodos de cálculo mensual y sin compensaciones entre meses.

Para el cálculo mensual tendremos por tanto que obtener, a través de la simulación completa del ejemplo, utilizando los datos del archivo DATOS_CTEEPBD.TXT:

- Los valores mensuales del porcentaje del servicio de ACS con respecto al consumo eléctrico final total.
- Los valores mensuales del consumo del vector de Medioambiente del servicio de ACS.

Esos datos, ya ordenados, se detallan en las siguientes tablas:

CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR VIVIENDA Y MES A MES PARA EL SERVICIO DE ACS [kW·h]												
VIV/ESPACIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P03_E01	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P03_E08	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P04_E01	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P04_E02	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P04_E06	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P04_E09	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P05_E01	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P05_E02	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P05_E06	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P05_E09	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P06_E01	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P06_E02	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P06_E06	33,51	30,16	32,14	29,18	27,90	26,58	25,06	24,44	25,42	26,74	29,42	32,63
P06_E09	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P07_E01	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
P07_E02	35,46	31,91	34,00	30,87	29,52	28,12	26,51	25,86	26,89	28,29	31,12	34,52
P07_E06	35,46	31,91	34,00	30,87	29,52	28,12	26,51	25,86	26,89	28,29	31,12	34,52
P07_E09	25,08	22,90	24,67	22,41	21,14	20,49	18,93	18,80	19,30	20,21	22,30	25,03
TOTALES	522,78	473,78	507,54	460,92	437,84	420,62	392,68	386,36	399,30	419,12	461,76	515,12
									TOTAL ANUAL	5.397,82	kW·h/año	

CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR VIVIENDA Y MES A MES PARA EL SERVICIO DE CALEFACCIÓN [kW-h]

VIV/ESPACIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
P03_E01	72,44	44,49	17,32	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	21,80	65,47	
P03_E08	56,79	35,21	14,35	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	13,28	47,15	
P04_E01	52,13	26,72	7,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	7,52	47,05	
P04_E02	41,41	19,19	4,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	5,26	37,11	
P04_E06	49,79	25,62	7,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	6,45	44,35	
P04_E09	35,98	16,82	5,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	2,82	28,18	
P05_E01	50,71	25,56	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	6,60	45,84	
P05_E02	32,98	12,96	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,27	28,17	
P05_E06	35,57	15,52	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	2,46	30,37	
P05_E09	34,87	15,83	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	2,41	26,98	
P06_E01	51,83	27,04	7,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	7,56	47,11	
P06_E02	34,80	14,67	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	2,65	30,32	
P06_E06	35,88	15,94	2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,80	31,39	
P06_E09	35,91	16,63	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	2,80	28,46	
P07_E01	80,50	47,63	17,94	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	22,47	75,41	
P07_E02	112,08	68,06	22,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	27,07	112,24	
P07_E06	122,58	76,42	27,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	32,50	123,87	
P07_E09	62,27	36,36	13,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	11,50	52,08	
TOTALES	998,52	540,67	167,60	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,63	180,22	901,55	
											TOTAL ANUAL	2.797,54	kW-h/año

CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR VIVIENDA Y MES A MES PARA EL SERVICIO DE REFRIGERACIÓN [kW-h]

VIV/ESPACIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
P03_E01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,79	34,94	30,93	12,74	0,00	0,00	0,00	
P03_E08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,86	34,97	31,59	14,03	0,00	0,00	0,00	
P04_E01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,24	18,28	16,60	6,94	0,00	0,00	0,00	
P04_E02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,82	29,55	26,75	10,94	0,00	0,00	0,00	
P04_E06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,70	29,02	25,16	9,78	0,00	0,00	0,00	
P04_E09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,91	22,76	20,43	8,79	0,00	0,00	0,00	
P05_E01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,90	22,66	19,73	8,45	0,00	0,00	0,00	
P05_E02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,91	22,24	20,30	9,18	0,00	0,00	0,00	
P05_E06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,34	23,52	20,30	8,83	0,00	0,00	0,00	
P05_E09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,99	23,00	20,78	8,97	0,00	0,00	0,00	
P06_E01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,56	22,63	19,64	8,41	0,00	0,00	0,00	
P06_E02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,82	22,97	21,05	9,31	0,00	0,00	0,00	
P06_E06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,15	23,60	20,92	9,23	0,00	0,00	0,00	
P06_E09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,62	22,97	20,69	8,94	0,00	0,00	0,00	
P07_E01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,56	26,78	22,67	9,33	0,00	0,00	0,00	
P07_E02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,72	27,30	24,19	10,70	0,00	0,00	0,00	
P07_E06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,67	27,72	24,61	10,71	0,00	0,00	0,00	
P07_E09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,59	27,24	24,32	9,98	0,00	0,00	0,00	
TOTALES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	233,15	462,15	410,66	175,26	0,00	0,00	0,00	
											TOTAL ANUAL	1281,22	kW-h/año

CONSUMO DE ELECTRICIDAD PARA TODO EL EDIFICIO MES A MES EN EL SERVICIO DE VENTILACIÓN [kW-h]

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
TOTALES	413,43	373,42	413,43	400,09	413,43	266,73	275,62	275,62	266,73	413,43	400,09	413,43	
											TOTAL ANUAL	4.325,45	kW-h/año

PORCENTAJE (%) DEL CONSUMO DE ACS MES A MES RESPECTO AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD [kW-h] DE TODO EL EDIFICIO PARA TODOS LOS SERVICIOS

CONS.ELECT. TOTAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
	1934,73	1387,87	1088,57	862,36	851,27	920,50	1130,45	1072,64	841,29	840,18	1042,07	1830,10	
											TOTAL ANUAL	13.802,03	kW-h/año
%ACS/TOTAL	27,02	34,14	46,62	53,45	51,43	45,69	34,74	36,02	47,46	49,88	44,31	28,15	

CONSUMO MEDIO AMBIENTE POR VIVIENDA Y MES A MES PARA EL SERVICIO DE ACS [kW-h]

VIV/ESPACIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
P03_E01	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P03_E08	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P04_E01	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P04_E02	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P04_E06	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P04_E09	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P05_E01	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P05_E02	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P05_E06	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P05_E09	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P06_E01	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P06_E02	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P06_E06	135,37	121,94	134,83	124,70	128,18	120,48	119,35	117,26	117,63	124,93	125,49	134,46	
P06_E09	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P07_E01	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
P07_E02	133,43	120,19	132,97	123,01	126,56	118,94	117,90	115,84	116,16	123,38	123,79	132,57	
P07_E06	133,43	120,19	132,97	123,01	126,56	118,94	117,90	115,84	116,16	123,38	123,79	132,57	
P07_E09	103,08	94,68	103,04	97,05	98,34	93,41	90,20	90,16	90,43	96,18	96,78	102,80	
TOTALES	2109,88	1918,82	2105,32	1964,72	2005,60	1894,86	1853,90	1836,84	1842,40	1958,14	1968,32	2099,90	
											TOTAL ANUAL	23.558,70	kW-h/año

Con todos estos datos se puede realizar el cálculo mensual y obtener de manera detallada (tal y como hace HULC) el valor de la contribución renovable de la demanda de ACS, reflejado en la siguiente tabla:

MESES	Demanda de ACS mes [kW-h]	Producción eléctrica total [kW-h] (PV)	% ACS sobre el total del consumo final eléctrico (VisorEPBD)	$C_{el,PV}$ (consumo en paneles para ACS) [kW-h]	Consumo medio ambiente para ACS [kW-h] (VisorEPBD)	Consumo eléctrico en ACS [kW-h] (VisorEPBD)	SCOP mensual ($C_{medioambiente} + C_{eléctrico} / C_{eléctrico}$)	$C_{el,PV}$ corregido (el consumo de los PV no puede superar el consumo eléctrico de la BdC)
Enero	2.659,62	978,3	27,02	264,34	2109,88	522,78	5,04	264,34
Febrero	2.402,24	1472,4	34,14	502,64	1918,82	473,78	5,05	502,64
Marzo	2.590,78	2458,0	46,62	1146,03	2105,32	507,54	5,15	507,54
Abril	2.440,58	3192,9	53,45	1706,56	1964,72	460,92	5,26	460,92
Mayo	2.453,08	3777,9	51,43	1943,12	2005,60	437,84	5,58	437,84
Junio	2.307,32	3922,6	45,69	1792,42	1894,86	420,62	5,50	420,62
Julio	2.246,54	4131,4	34,74	1435,11	1853,90	392,68	5,72	392,68
Agosto	2.246,54	3741,8	36,02	1347,78	1836,84	386,36	5,75	386,36
Septiembre	2.240,70	2894,4	47,46	1373,76	1842,40	399,30	5,61	399,30
Octubre	2.384,24	1935,1	49,88	965,32	1958,14	419,12	5,67	419,12
Noviembre	2.440,58	1104,7	44,31	489,51	1968,32	461,76	5,26	489,51
Diciembre	2.590,78	912,0	28,15	256,70	2099,90	515,12	5,08	256,70
TOTALES	29.002,99	30.521,5	39,11	13.223,3	23.558,70	5.397,8	5,39	4.937,57

$$C_{ren,tot} = C_{PV} + C_{amb} = 28.496,27$$

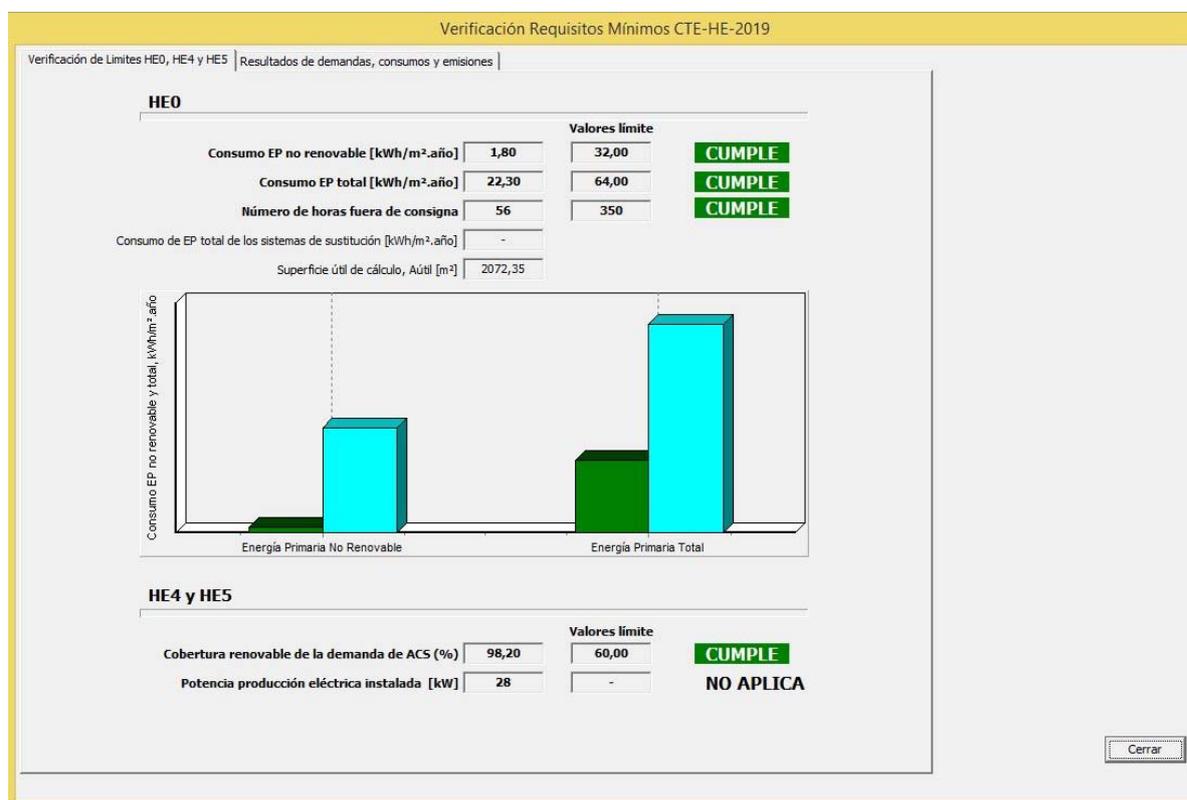
$$f_{ep,ren} / f_{ep,tot} = 1$$

(tanto para PV como para medio ambiente)

$$D_{ren,tot} = 28.496,27$$

$$\% D_{ACS,ren} = 98,3\%$$

Los datos en HULC son los siguientes:



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.

No obstante, como se ha desarrollado en apartados anteriores, esta instalación existe en el edificio y se ha considerado su aportación en el consumo eléctrico del edificio producido en los equipos de acondicionamiento higrotérmico y preparación de ACS para un mejor resultado en los indicadores finales de consumos de energía primaria, es decir, para un edificio más eficiente.

La instalación de unos paneles fotovoltaicos supone unas cargas y en ocasiones, una estructura auxiliar que deben ser tenidas en cuenta en la justificación de la seguridad estructural del edificio. En ese sentido, la colocación directa de los paneles sobre la cubierta (distribución bastante habitual) puede estimarse que resulta, en la evaluación de cargas, inferior a la estimada como sobrecarga de uso de una cubierta estándar por lo que quedaría justificada de esa manera la seguridad estructural, no siendo necesario un proyecto estructural nuevo específico para la instalación de estos paneles. No obstante, en este caso, al tratarse de una colocación de los paneles sobre una pérgola metálica, dicha estructura debería evaluarse y justificarse en la memoria global de estructura del proyecto con todas las cargas que pueden afectarle (viento, nieve, uso de mantenimiento, etc.).

HE0

HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

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

DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

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

Hay que indicar además que los cálculos en HULC de este apartado, se han efectuado desactivando inicialmente la pestaña de sistemas de sustitución o ficticios (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 las viviendas del edificio.

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

HORAS

4. Horas fuera de consigna

El total de horas fuera de consigna no excederá el 4% del tiempo total de ocupación. En el diseño de los sistemas previstos para el acondicionamiento térmico de los espacios, se ha de prever esta circunstancia. De las 8760 horas que tiene el año, los espacios acondicionados del edificio no pueden permanecer más 350 horas fuera de las temperaturas de consigna 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 paso⁷, se obtienen los consumos de energía primaria total (E.P.T.), energía primaria no renovable (E.P.N.R.), y energía primaria renovable (E.P.R.). Esto es válido para todos los servicios excepto para ACS.

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

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

segunda tabla de cada grupo, puede haber pequeñas variaciones en los decimales de algunos de los valores.

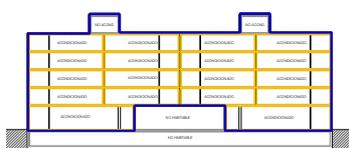
Factores de conversión de energía final a primaria				
	Fuente	Valores aprobados		
		kWh E. primaria renovable /kWh E. final	kWh E. primaria no renovable /kWh E. final	kWh E. primaria total /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403
Electricidad convencional peninsular	(**)	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.

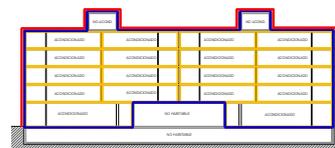
(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: Valores aprobados en Comisión Permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de junio de 2013, actualizado al periodo considerado.

(**) 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.



Superficie útil de cálculo, $A_{util} = 2072,63 \text{ m}^2$



SERVICIO	VECTOR ENERGÉTICO	[D] KW·h/m²·año	Consumo E. Final KW·h/m²·año	Consumo E. Prim. Total KW·h/m²·año	Consumo E. P. NO RENOV. KW·h/m²·año	Consumo E. P. RENOV. KW·h/m²·año
ACS	ELECTRICIDAD	13,97	2,60	3,09	0,69	2,40
	MEDIOAMBIENTE		11,37	11,37	0,00	11,37
	TOTALES		13,97	14,45	0,69	13,76
CALEFACCIÓN	ELECTRICIDAD	5,33	1,35	1,60	0,36	1,24
	MEDIOAMBIENTE		3,08	3,08	0,00	3,08
	TOTALES		4,43	4,68	0,36	4,32
REFRIGERACIÓN	ELECTRICIDAD	3,94	0,62	0,73	0,16	0,57
	TOTALES		0,62	0,73	0,16	0,57
VENTILACIÓN	ELECTRICIDAD	-	2,09	2,47	0,55	1,92
	TOTALES		2,09	2,47	0,55	1,92
TOTALES			21,10	22,34	1,77	20,57

Estos datos se pueden consultar y valorar editando el archivo *DATOS_CTEEPBD.txt* que genera HULC en la carpeta de Documentación de cada caso y que también pueden obtenerse con la aplicación VisorEPBD en la página del Código Técnico del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana. Enlace web: <https://www.codigotecnico.org/visorepbd/#/>

Los datos que se obtienen en el VisorEPBD figuran en kW·h/año y para la confección de la tabla se han dividido por la superficie útil del edificio para obtener kW·h/m²·año.

CUMPLIMIENTO HE0								
CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)			CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m²·año)			NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA		
Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento	Valor edificio	Valor límite	Cumplimiento
1,80	32,00	CUMPLE	22,30	64,00	CUMPLE	98,20	350 (4% anual)	CUMPLE
C U M P L E								

RESM

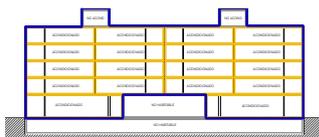
RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CADA SECCIÓN

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 (viviendas accesibles) y P.4 (planta tipo P05, P06 y P07) completa salvo patinillos y núcleo ascensor
N.H.: Garaje, local comercial, patinillos y núcleo vertical del ascensor
Envolvente térmica según esquema



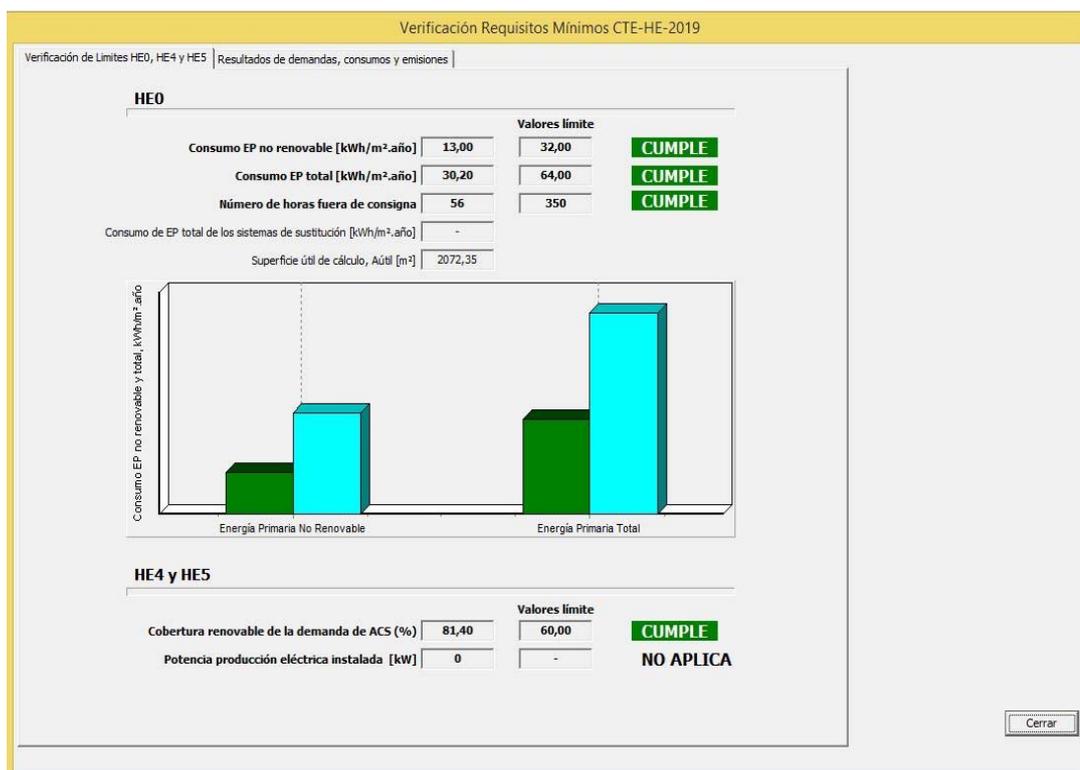
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS		HE1			HE2	HE3	HE4	HE5	HE0							
		Indicador	Valor edificio	Valor límite				Indicador	Indicador	Valor edificio	Valor límite					
Sup. opacos [m ²]	1786,55	U cerramientos [W/m ² K]			RITE (no se desarrolla en esta guía)	NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado)	Fracción renovable demanda ACS [%]	NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado)	Consumo EP no renovable [KWh/m ² año]	1,80	32,00					
		CUMPLEN TODOS							CUMPLE			CUMPLE				
Sup. huecos [m ²]	414,88	K _{global} [W/m ² K]	0,64	0,66					Valor del edificio			Consumo EP total [KWh/m ² año]	22,30	64,00		
		CUMPLE							98,20%			CUMPLE				
Longitud ptes térmicos [m]	1744,18	q _{so} [kWh/m ² mes]	1,33	2,00					Contrib. mínima			CUMPLE				
		CUMPLE							60%			Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual)			56,00	350
Sup. ET [m ²]	169,59	Q ₁₀₀ [m ³ /hm ²]	9	≤ 9					CUMPLE			CUMPLE				
		CUMPLE							CUMPLE			CUMPLE				
Sup. útil de cálculo [m ²]	2072,63	n ₅₀ [h ⁻¹]	3,75	4,54					CUMPLE			CUMPLE				
		CUMPLE							CUMPLE			CUMPLE				
Volúmen ET [m ³]	6540,74	U _{particiones} [W/m ² K]			CUMPLE			CUMPLE								
		CUMPLEN TODOS			CUMPLE			CUMPLE								
Volumen de "aire interior" ε ET [m ³]	5542,01	Condensaciones			CUMPLE			CUMPLE								
		CUMPLEN TODOS			CUMPLE			CUMPLE								
Compacidad [m ³ /m ²]	3,03	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, en el cumplimiento de los diferentes indicadores se puede obtener un cumplimiento más holgado en este tipo de edificios de mayor tamaño y con una relación más favorable entre envolvente y volumen encerrado. El valor de [K] y la relación del cambio de aire a 50 Pa, [n₅₀] están muy ligados a la proporción entre superficie opaca y de

huecos de la envolvente. En general el cumplimiento de [K] con buenos niveles de aislamiento en la envolvente opaca y con carpinterías y vidrios dobles de transmitancias en torno a 1,5 W/m²·K, dependerá de las soluciones constructivas adoptadas y cómo se resuelvan los puentes térmicos. El cumplimiento de la relación del cambio de aire [n₅₀] resulta poco comprometido en este tipo de edificios favorecidos por su mejor factor de forma (compacidad) comparados con edificios de pequeño tamaño.

- 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. Igualmente, la correcta utilización de los sistemas de protección solar, sean fijos o móviles, posibilitan un mejor control de la demanda de refrigeración.
- En cuanto a los sistemas, la combinación propuesta de bombas de calor aerotérmicas con apoyo de producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos es muy eficaz. Esta producción de energía eléctrica in situ, nos permitiría trabajar con equipos de rendimientos altos, pero no extraordinarios y, en consecuencia, menos costosos desde el punto de vista económico, pero manteniendo un alto nivel de eficiencia en el conjunto. De hecho, con los equipos elegidos, pero prescindiendo de dichos paneles todavía conseguiríamos de manera holgada la contribución renovable sobre la demanda de ACS, así como el cumplimiento de los indicadores de consumo de energía primaria y el resultado habría sido el siguiente:



Incluso sin la utilización del recuperador de calor se habría llegado a niveles mínimos de cumplimiento reglamentario (como se comentó en el apartado de sistemas de ventilación), si bien hay que tener siempre presente que el objetivo final de los edificios de consumo de energía casi nulo (EECN) es consumir la menor cantidad de energía posible, y de la que se consume, que la mayor parte sea de origen renovable.

AYUDA

SECCIÓN 3. AYUDAS

- 1 Levantamiento del modelo en HULC
- 2 Datos y cálculos del suelo radiante
- 3 Datos y cálculos del suelo refrescante

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 2.0.2253.1167 de 29 de septiembre de 2021*.

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 requieren cálculos previos relativamente sencillos, por ejemplo, el caudal de ventilación que se ha de introducir en la pestaña de datos generales. Las cargas térmicas de los espacios también requieren un cálculo previo que deberíamos conocer a la hora de diseñar los sistemas de acondicionamiento. Estos y otros datos necesarios se facilitan para este ejemplo en el apartado correspondiente de cada 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(2019) 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

Tipo de edificio

Vivienda unifamiliar

Viviendas en bloque Número de viviendas:

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

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma:

Provincia:

Localidad:

Altitud: m

Zona climática:

Peninsular Extrapeninsular

Ventilación del edificio residencial

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

Permeabilidad por defecto

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

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:

Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla y pestaña de datos generales. Caudal de ventilación y otros datos.

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:

Composición del Cerramiento:

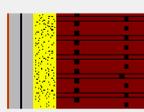
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).

Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta 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 [0,080	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	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825		1000
10						

Grupo Material:

Material: Espesor [m]



U_M [W/m²K]

U_C [W/m²K]

U_S [W/m²K]

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

Opciones

Espacio de trabajo: Cerramientos y particiones interiores predeterminados

Muros de fachada. Verticales y rectangulares.

Composición tipo "muro": MURO EXTERIOR

Hueco

Composición tipo "hueco": VENTANA TIPO ESTE

Altura del hueco: 1,70 m

Anchura del hueco: 0,50 m

Posición Y respecto al suelo: 1,00 m

Retranqueo: 0,20 m

Protección solar: ...

Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior
Cubiertas planas o suelos en contacto con el exterior.

Composición tipo "cerramiento horizontal": CUBIERTA PLANA

Cerramiento o partición interior geoméricamente singular.
Cubiertas inclinadas, hastiales, fachadas o particiones interiores inclinadas, etc.

Composición tipo "cerramiento singular": CUBIERTA PLANA

Medianería

Composición tipo "medianería": DIANERA ENTRE VIVIENDAS

Suelo en contacto con el terreno

Composición tipo "suelo en contacto con el terreno": D HABITABLE CON TERRENO

Aislamiento perimetral

D: 0,0 m

Ra: 0,0 m²/W

Muro en contacto con el terreno

Composición tipo "muro en contacto con el terreno": MURO CON TERRENO

Partición interior horizontal

Composición tipo "partición interior horizontal": FORJADO ENTRE PLANTAS

Partición interior vertical

Composición tipo "partición interior vertical": TABIQUE INTERIOR

Aceptar Cancelar

HULC. Pantalla de asignación de soluciones constructivas a cada elemento de la envolvente y particiones

MODL

3. Construcción del modelo

Consideraciones previas

La división de espacios por planta responde a criterios de homogeneidad en su comportamiento higrotérmico y la calificación de los mismos, así como a la asignación de sistemas de acondicionamiento que pueda diferenciar unas zonas del edificio respecto a otras.

Aplicando lo anterior, la distribución de espacios se ha de procurar que sea lo más sencilla posible. Los espacios que se han definido en cada planta se representan gráficamente a continuación:



Los criterios que se han empleado en esta definición de espacios y la caracterización de cada uno de ellos se resumen en la siguiente tabla:

Planta	ESPACIOS	USO	Tipo de espacio	Altura de espacios (m)	Cota de la planta (m)	Espesor de forjado (m)	Altura libre de planta(m)	nº pilares por espacio	nivel de estanqueidad por espacios
P01. SÓTANO. Garaje, uso técnico y trastero									
	P01 E01	Nucleo C. Garaje	No Habitable	2,75	-2,75	0,485	-2,75	-	3
	P01 E02	Nucleo C. Garaje	No Habitable	2,75	-2,75	0,485	-2,75	-	3
	P01 E03	Garaje	No Habitable	2,75	-2,75	0,485	-2,75	-	3
Totales de planta								-	
P02. P03. PLANTA BAJA. Viviendas accesibles y local comercial									
	P02 E01	Local comercial	No Habitable	4,00	0,00	0,45	3,55	-	-
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	3,00	1,00	0,45	2,55	4	-
	P03 E02	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	1,00	0,45	2,55	1	-
	P03 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	1,00	0,45	2,55	-	3
	P03 E04	Cuarto Tecn. +Patinillo	No Habitable	3,00	1,00	0,45	2,55	-	3
	P03 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	1,00	0,45	2,55	1	-
	P03 E06	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	1,00	0,45	2,55	-	3
	P03 E07	Cuarto Tecn. +Patinillo	No Habitable	3,00	1,00	0,45	2,55	-	3
	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	3,00	1,00	0,45	2,55	4	-
Totales de planta								10	
P04. PLANTA PRIMERA TIPO. Viviendas									
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	4	-
	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	5	-
	P04 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	4,00	0,45	2,55	-	3
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,00	4,00	0,45	2,55	-	3
	P04 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	2	-
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	3	-
	P04 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	4,00	0,45	2,55	-	3
	P04 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	2	-
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	4,00	0,45	2,55	4	-
	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,00	4,00	0,45	2,55	-	3
Totales de planta								20	
P05. PLANTA SEGUNDA TIPO. Viviendas									
	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	4	-
	P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	5	-
	P05 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	7,00	0,45	2,55	-	3
	P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,00	7,00	0,45	2,55	-	3
	P05 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	2	-
	P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	3	-
	P05 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	7,00	0,45	2,55	-	3
	P05 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	2	-
	P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	7,00	0,45	2,55	4	-
	P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,00	7,00	0,45	2,55	-	3
Totales de planta								20	
P06. PLANTA TERCERA TIPO. Viviendas									
	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	4	-
	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	5	-
	P06 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	10,00	0,45	2,55	-	3
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,00	10,00	0,45	2,55	-	3
	P06 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	2	-
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	3	-
	P06 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,00	10,00	0,45	2,55	-	3
	P06 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	2	-
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,00	10,00	0,45	2,55	4	-
	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,00	10,00	0,45	2,55	-	3
Totales de planta								20	
P07. PLANTA CUARTA TIPO. Viviendas									
	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	4	-
	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	5	-
	P07 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,20	13,00	0,545	2,655	-	3
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,20	13,00	0,545	2,655	-	3
	P07 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	2	-
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	3	-
	P07 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	3,20	13,00	0,545	2,655	-	3
	P07 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	2	-
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	3,20	13,00	0,545	2,655	4	-
	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,20	13,00	0,545	2,655	-	3
Totales de planta								20	
P08. PLANTA CUBIERTA									
	P08 E01	Nucleo Esc. Azotea	No Acondicionado	3,00	16,20	0,545	2,455	2	-
	P08 E02	Nucleo Esc. Azotea	No Acondicionado	3,00	16,20	0,545	2,455	2	-
Totales de planta								4	
TOTALES DEL EDIFICIO								94	

En lo que se refiere al levantamiento del modelo propiamente dicho, se realiza importando planta a planta las polilíneas que definen cada uno de estos espacios, generando a continuación, de manera automática, los suelos y los cerramientos verticales. Posteriormente, se incorporan los huecos y el resto de las condiciones geométricas descritas en el apartado de planos. De manera resumida los pasos a seguir serían de manera ordenada los siguientes:

Planta sótano.

- P01 E01, P01 E02 y P01 E03.

Se posiciona en la cota -2,75, la altura de planta es de 2,75 m y sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el terreno, a excepción de los tabiques interiores que separan los tres espacios de la planta. Los tres espacios de esta planta los definiremos como espacios no habitables, al no contar con ninguna zona acondicionada, y fuera de la envolvente térmica del edificio. El nivel de estanqueidad con el que se han definido estos tres espacios es de 3 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 zona de aparcamiento que debe contar con aberturas de ventilación.

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*.

Debemos en primer lugar, levantar esta planta en la cota (-2,75) importando las polilíneas de su geometría manteniendo "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 planta como muros en contacto con el terreno, y las particiones que separan los distintos espacios, como tabiques interiores.

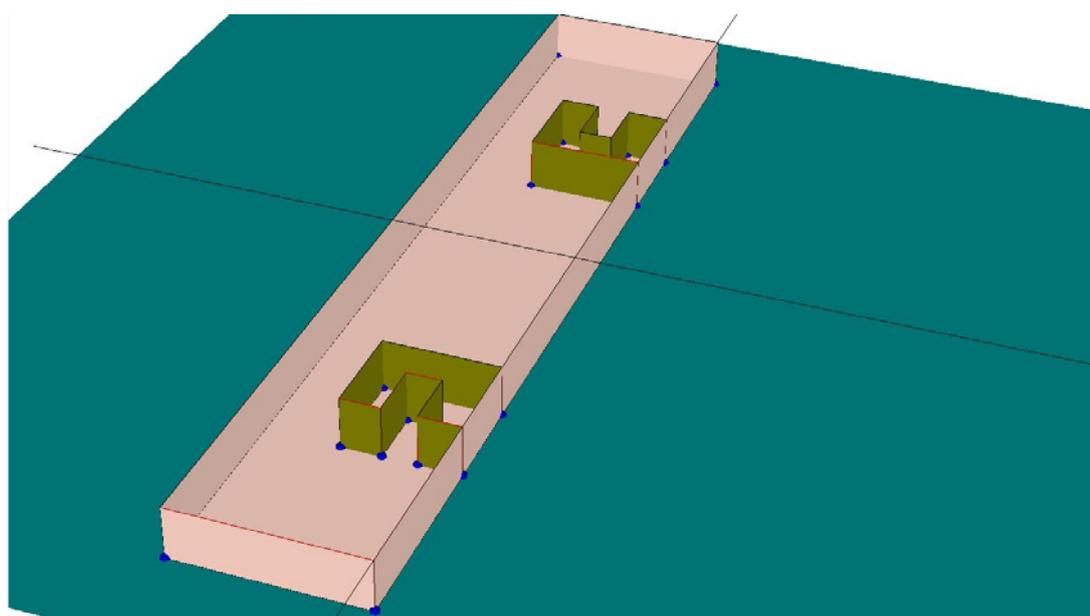


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta sótano

A continuación, debemos modificar manualmente los cerramientos definidos por el programa como “cerramientos en contacto con el terreno” y que en realidad “no existen” al formar parte del garaje común del total del edificio. Estos cerramientos los cambiamos a la condición de medianera adiabática pues se trata de una separación virtual entre dos zonas del garaje que en realidad son continuas:

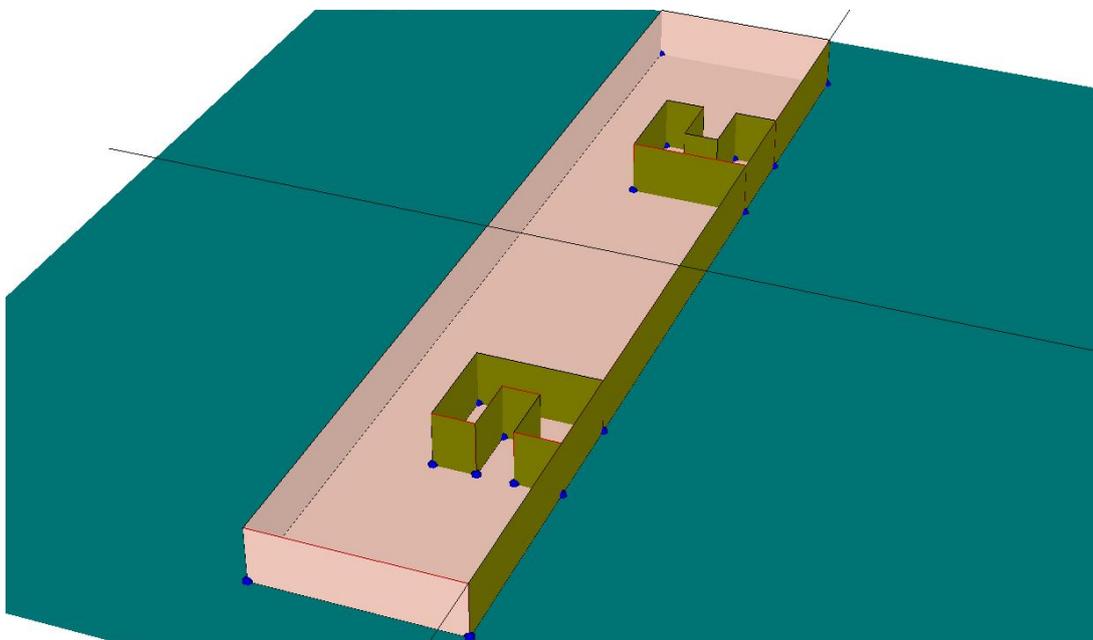


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de la planta sótano

Planta baja.

- P02 E01

La planta baja se levantará en HULC como dos plantas independientes debido al desfase en sus cotas de origen. Por un lado, se levantará la planta correspondiente al local comercial (de mayor altura) y una vez posicionada esta, se introducirá la planta que contiene las polilíneas correspondientes al resto de la planta de acceso. La planta P02, que es la que contiene el local comercial, y por la que se recomienda comenzar para levantar la planta de acceso, se sitúa en la cota 0,00 y su altura es de 4,00 metros. Definiremos este espacio como “no habitable” y fuera de la envolvente térmica del edificio (esta es una opción de proyecto). Al levantar esta planta a continuación de la planta sótano, el programa generará de manera automática la cubierta de la planta sótano.

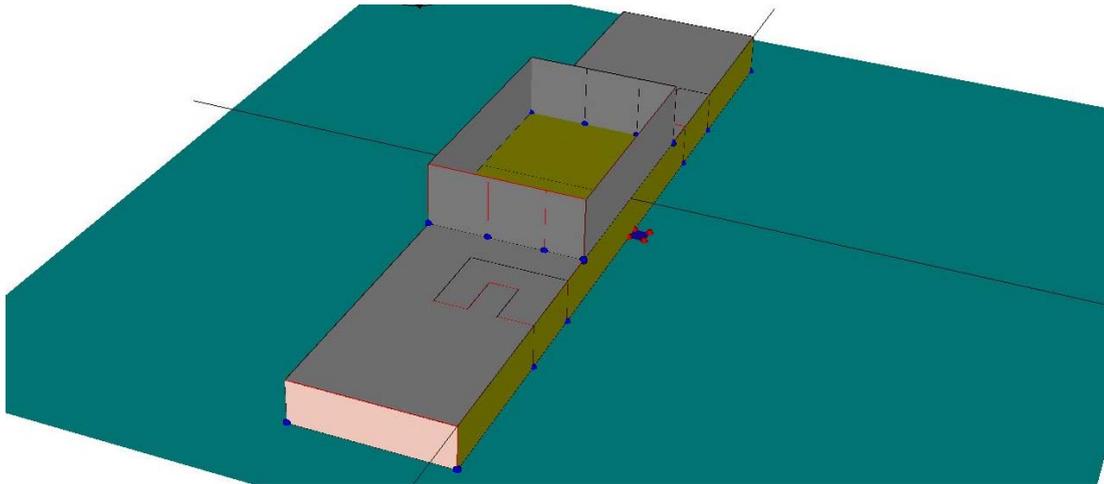


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (local comercial)

Se deben eliminar estos cerramientos de cubierta del sótano generados por HULC de manera automática para proceder a introducir la planta P03 correspondiente al resto de espacios (viviendas accesibles y zonas comunes) pertenecientes a la planta de acceso.

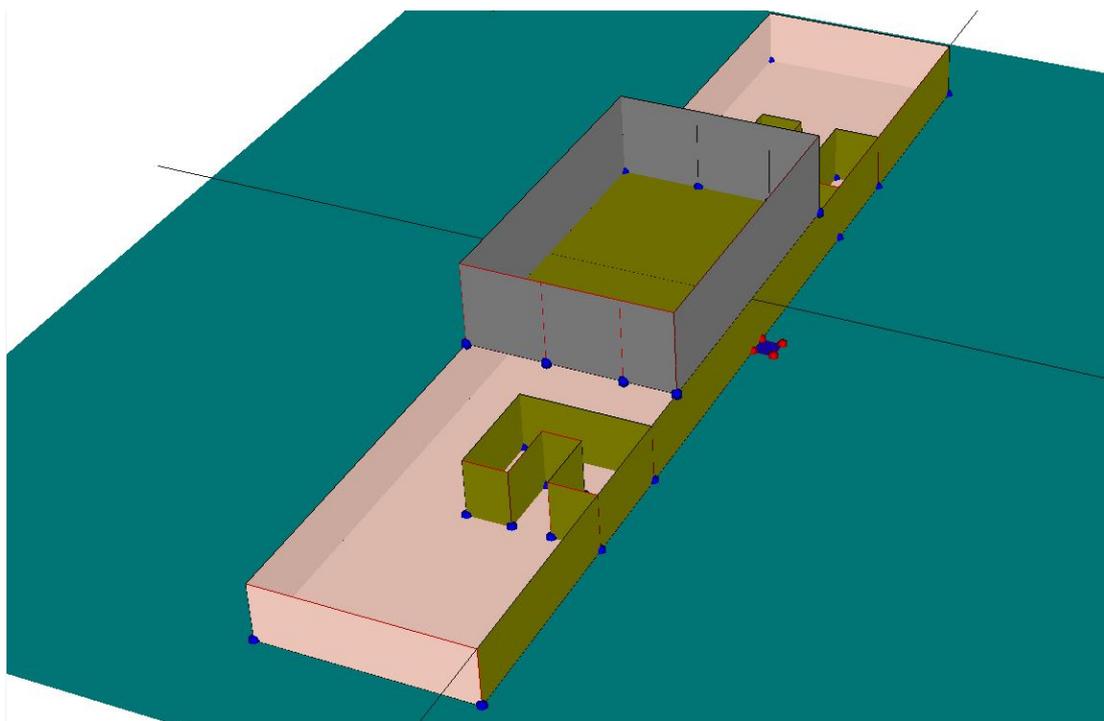


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (local comercial)

- P03 E01, P03 E02, P03 E03, P03 E04, P03 E05, P03 E06, P03 E07, P03 E08
Una vez eliminada la cubierta automática del sótano, se introduce una nueva planta P03 que contiene el resto del programa de la planta de acceso. Esta planta está situada en la cota 1,00, y su altura es de 3,00 metros (quedando enrasada en altura con el local comercial):

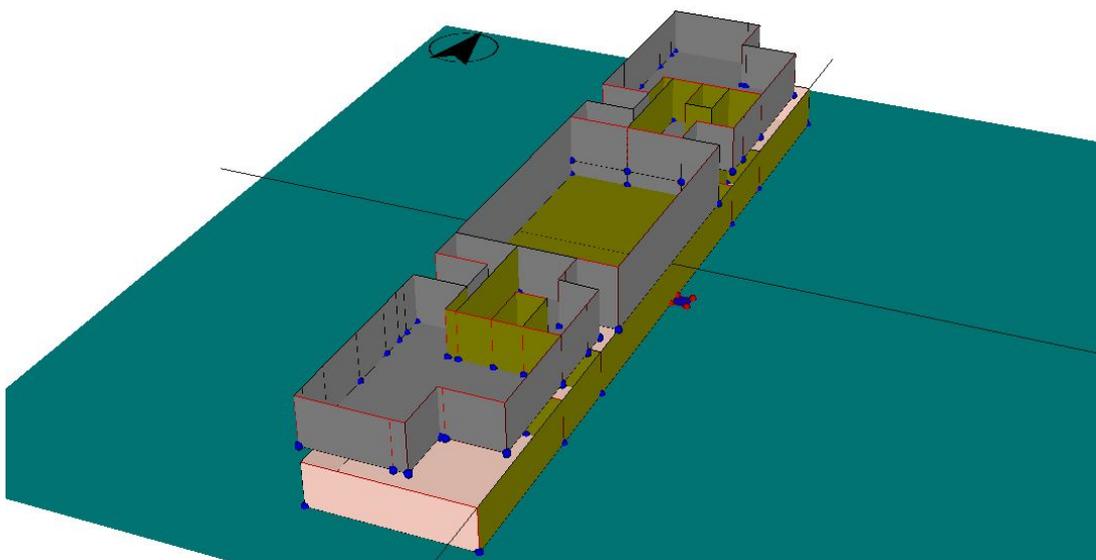


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (viviendas accesibles y zonas comunes)

Existe un desfase de 1 metro entre las dos plantas que conforman la planta de acceso del edificio al contar con cotas de origen diferentes. Por este motivo, debemos ayudarnos de las líneas auxiliares 3D (en este caso con origen y extremo en las cotas $\pm 0,00$, $+ 1,00$) para ampliar, manualmente, los cerramientos verticales en contacto con el exterior de la planta sótano en las zonas situadas debajo de la planta P03 (viviendas accesibles y zonas comunes):

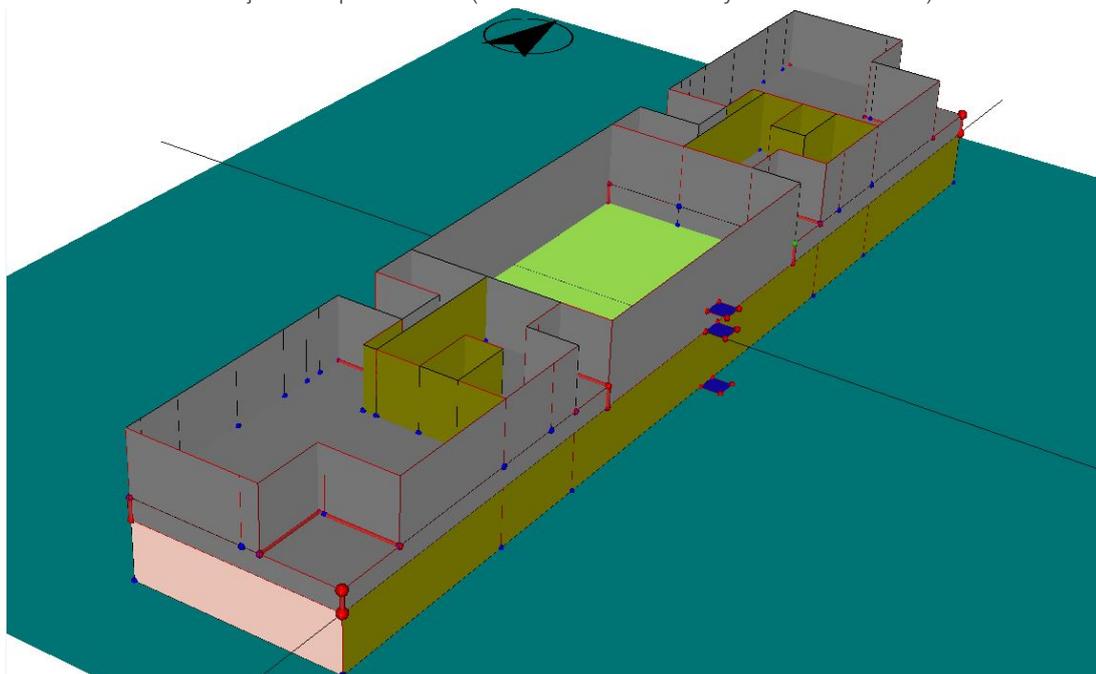


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (viviendas accesibles y zonas comunes)

Además de los cerramientos verticales que debemos ampliar manualmente y que pertenecen a la planta sótano, también con ayuda de las líneas auxiliares 3D, se deben crear los forjados que cubrirán el sótano en los remetedos con los que cuenta la planta de acceso, correspondientes a terrazas y acceso a portal. Para evitar un exceso de soluciones y dado que se trata en realidad de una cubierta del garaje que no afecta a ningún espacio acondicionado, se ha mantenido con la solución de forjado entre plantas. Debería contar en todo caso con una capa impermeable que garantice su estanquidad:

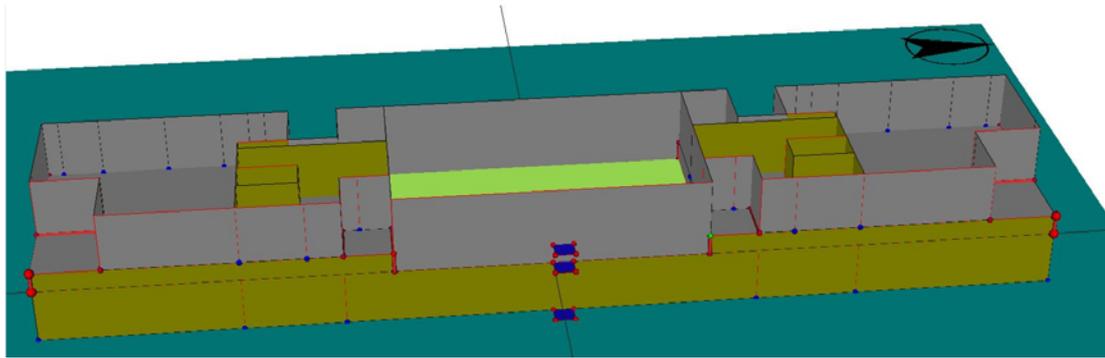


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (viviendas accesibles y zonas comunes)

En cuanto a la definición de los espacios, existe una gran variedad de espacios con diferentes condiciones y definición. Esta planta consta de dos espacios correspondientes a las dos viviendas accesibles de la planta (espacios P03 E01 y P03 E08) definidos como espacios acondicionados y dentro de la envolvente térmica. Además, cuenta con dos espacios correspondientes a los núcleos de escaleras y zonas comunes (P03 E02 y P03 E05) que se han de definir como “no acondicionados” y dentro de la envolvente térmica. Por otro lado, los dos espacios correspondientes a los dos núcleos de comunicación verticales de ascensor de la planta (P03 E03 y P03 E06) deben quedar definidos como “no habitables” aunque sí incluidos dentro de la envolvente térmica del edificio. El nivel de estanqueidad con el que se han definido estos espacios es 3 según valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. Para finalizar, existen en la planta dos espacios correspondientes a patinillos y al cuarto de servicios del edificio (P03 E04 y P03 E07) que se definen como “no habitables” y que, además, por ubicación próxima con el exterior, se dejan fuera de la envolvente térmica. El nivel de estanqueidad con el que se han definido estos espacios es 3 según valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. Por otra parte, debemos modificar la condición del cerramiento horizontal (forjado entre garaje y viviendas) generado automáticamente como cerramiento exterior por HULC al no reconocer ningún espacio en la cara inferior del cerramiento, y debemos cambiarlo a cerramiento medianero de tipo estándar. Para terminar con el levantamiento de esta planta, se realiza la apertura de los huecos correspondientes:

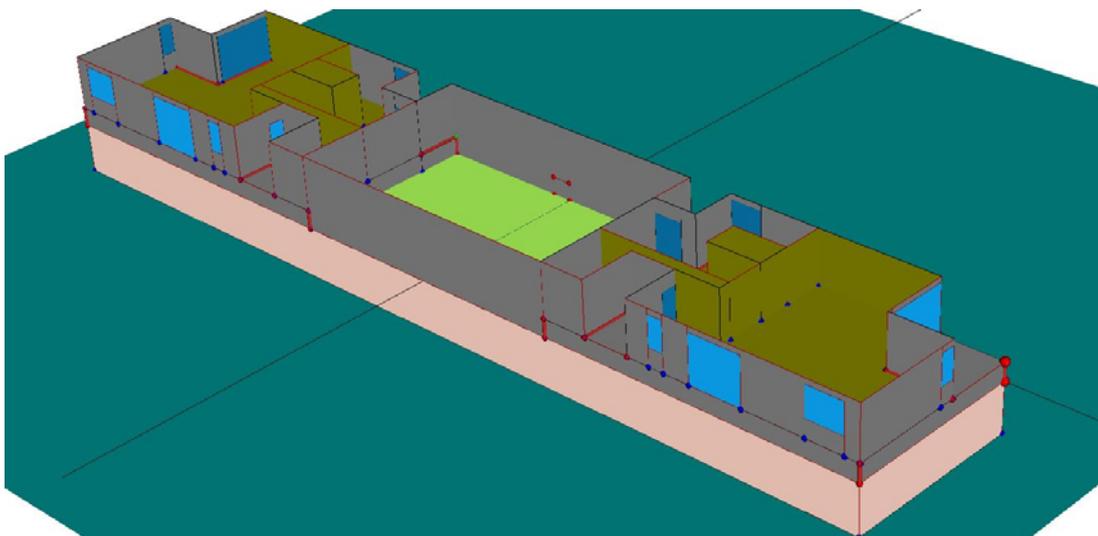


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (viviendas accesibles y zonas comunes)

Por último, se crearán, manualmente, las protecciones laterales de las terrazas de las viviendas de esta planta, que se han reproducido como elementos de sombra:

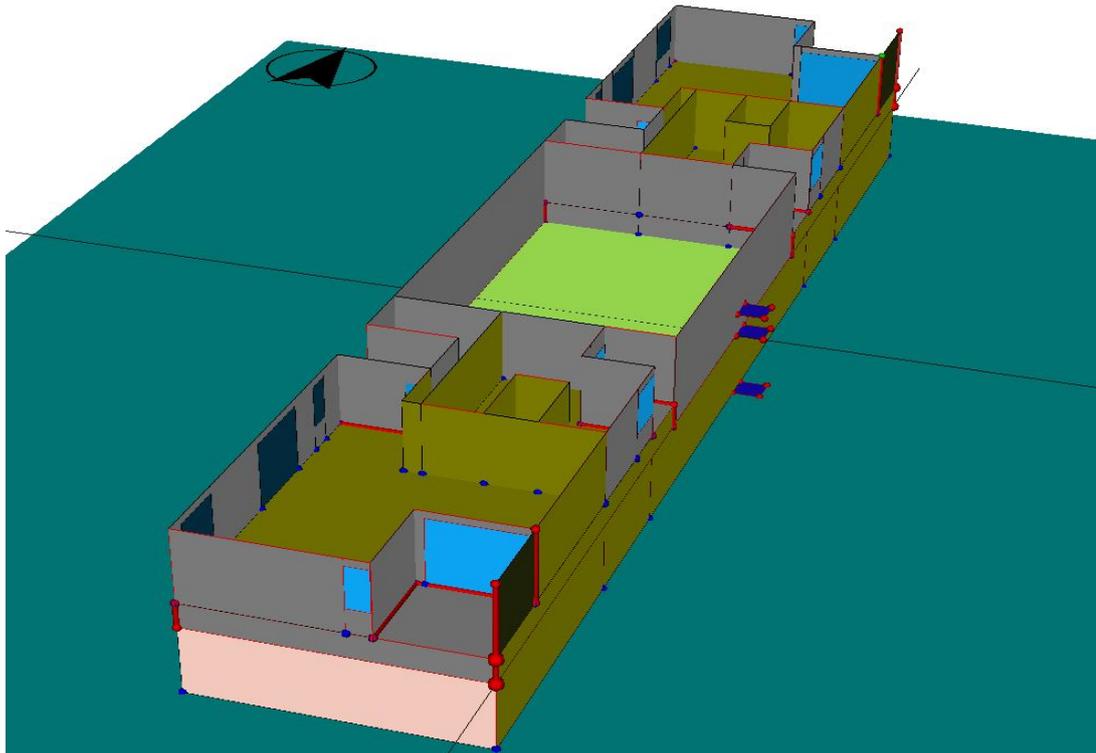


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta de acceso (viviendas accesibles y zonas comunes)

Conforme se vayan levantando las plantas cada uno de los cerramientos se debe editar y, considerando que el acabado exterior es piedra caliza, debemos indicar que la absorptividad de cada uno de los cerramientos exteriores es de 0,30, o bien, definirlos por color como blanco medio.

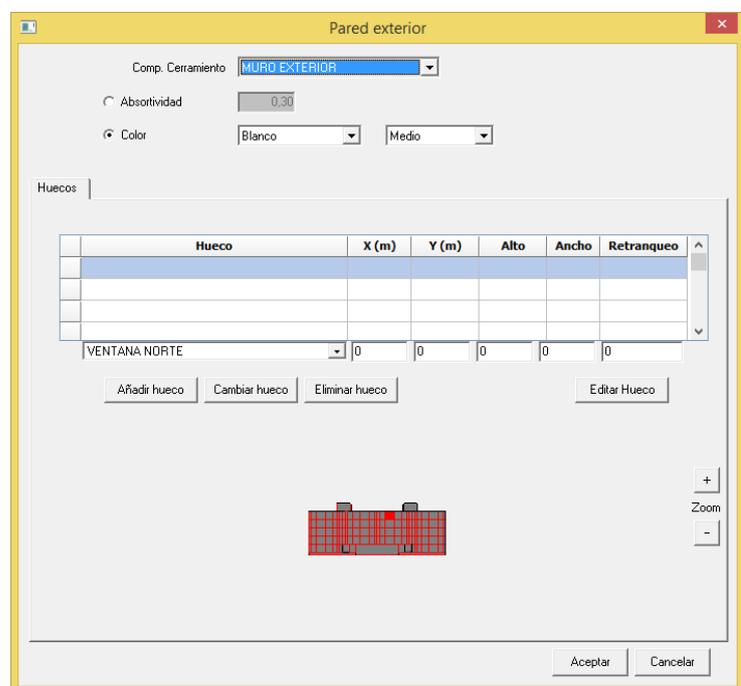


Imagen de la edición de cerramientos en HULC

Planta tipo (P04-P06).

- P04 E01, P04 E02, P04 E03, P04 E04, P04 E05, P04 E06, P04 E07, P04 E08, P04 E09, P04 E10

La planta tipo se sitúa en la cota 4,00 (las dos siguientes plantas tipo P05 y P06 se sitúan en la cota 7,00 y 10,00 respectivamente) y la altura de todas ellas es de 3,00 metros.

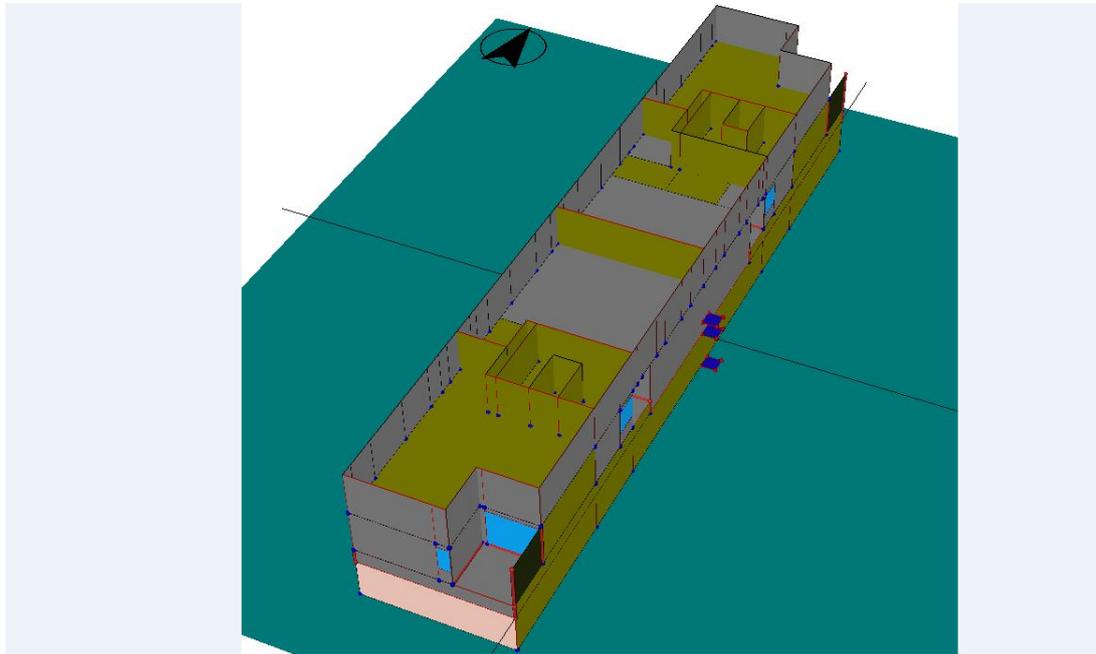


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta tipo

Sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior, incluidos los paños de contacto lateral con el resto del conjunto de la manzana. Estos cerramientos los cambiaremos a la condición de medianeras adiabáticas cuando, como en este caso, el perfil de uso sea idéntico en ambas caras el cerramiento.

A continuación, se debe realizar la apertura de los huecos, así como la protección solar que representa el forjado de la planta superior que cubre cada una de las terrazas.

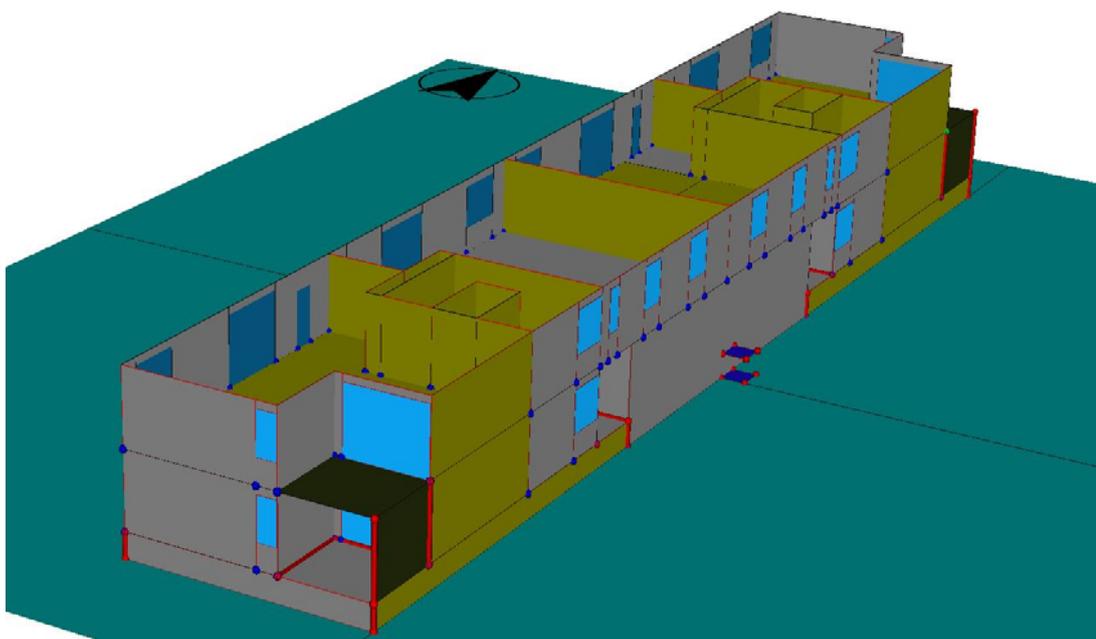


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta tipo

Esta planta tipo consta de cuatro espacios (P04 E01, P04 E02, P04 E06, P04 E09), corresponden a cada una de las viviendas de la planta. Estos espacios son acondicionados y deben estar dentro de la envolvente térmica del edificio. Al igual que la planta anterior, esta planta tipo cuenta con dos espacios (P04 E05 y P04 E08) correspondientes al núcleo de comunicación vertical de escaleras y sus correspondientes zonas comunes. Estos dos espacios se definen como “no acondicionados” al carecer de sistemas y deben estar dentro de la envolvente térmica del edificio.

Además, la planta tipo cuenta con dos espacios (P04 E03 y P04 E07) correspondientes al núcleo vertical de los ascensores de planta y patinillos técnicos, que deben definirse como “no habitables” y dentro de la envolvente térmica. El nivel de estanqueidad con el que se han definido estos espacios es 3 según valores de la tabla 8 del *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Por lo tanto, todos los espacios pertenecientes a esta planta tipo están incluidos dentro de la envolvente térmica del edificio.

Para finalizar con el levantamiento de esta planta tipo, debemos incorporar, modificando manualmente los salientes, laterales y voladizos de los huecos afectados, las protecciones solares de los huecos correspondientes a la separación de los tendederos. Además, se han reproducido como elementos de sombra las terrazas correspondientes a cada vivienda:

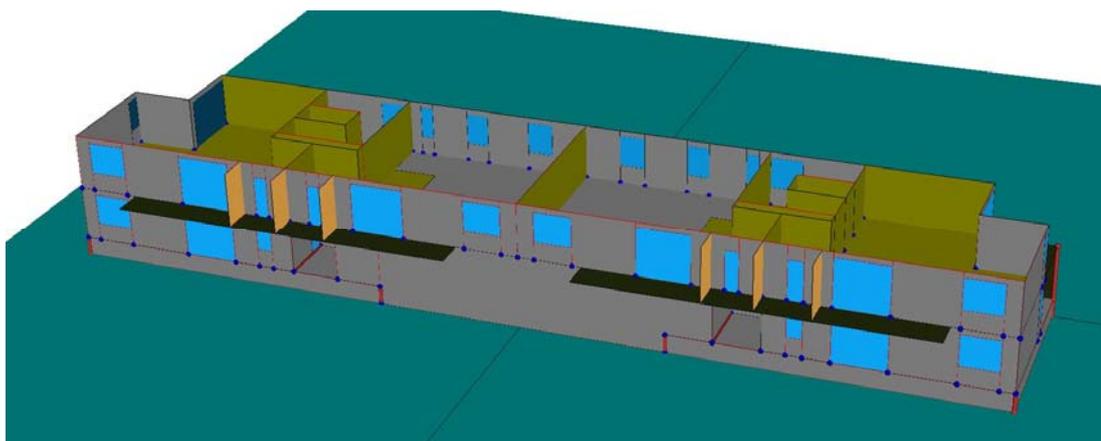


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta tipo

Para reproducir la geometría de las protecciones solares que representan los paramentos separadores de los tendederos se pueden utilizar diferentes procedimientos. En este caso, editaremos los dos huecos que se ven afectados por los paramentos del tendedero y entraremos en sus módulos de salientes y voladizos e introduciremos las dimensiones de dichos paramentos y que figuran en la planimetría facilitada:

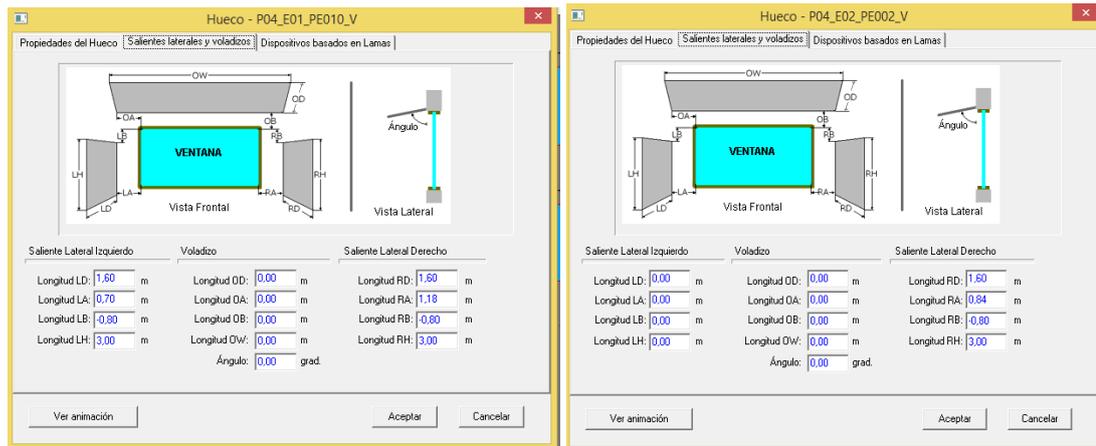


Imagen del módulo de salientes y voladizos con los datos de la visera de los huecos de la planta tipo

La planta tipo P04, se repite tres veces en el edificio (P04, P05, P06 y P07). Para multiplicar esta planta utilizamos la opción “Crear planta”. Se debe especificar en este cuadro de diálogo, que la planta anterior es la P04 y se debe indicar la cota a la que la nueva planta debe estar situada (7,00, 10,00 y 13,00 respectivamente). Además, se debe seleccionar la opción “aceptar espacios anteriores” para replicar de manera exacta la planta modelo P04.

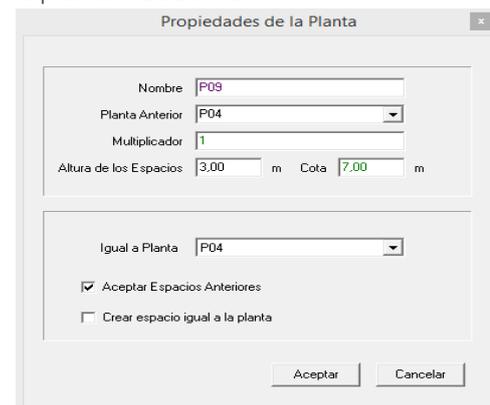


Imagen de la pantalla “Crear planta” utilizada para copiar la planta tipo

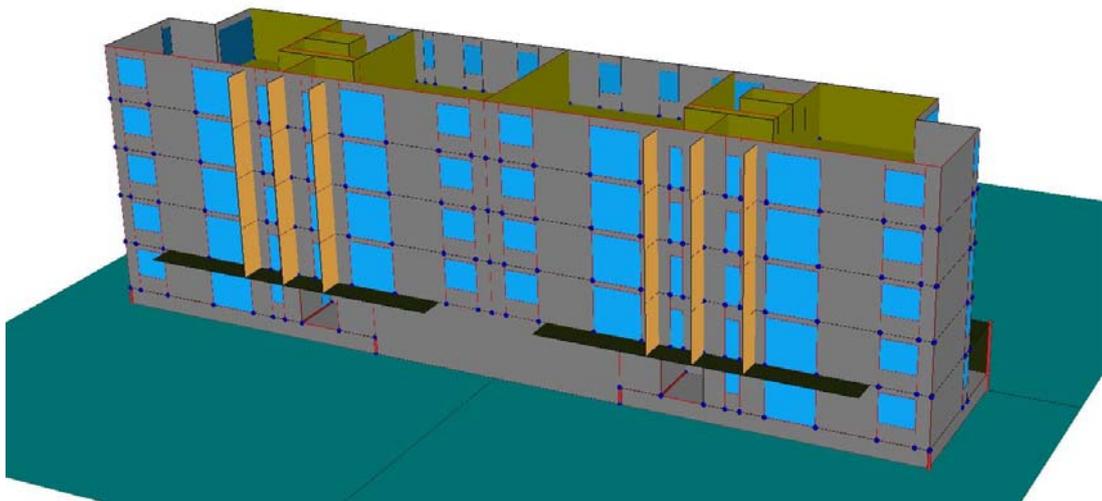


Imagen del levantamiento de las plantas P05, P06 y P07 (copias de la planta tipo P04)

Debemos tener en cuenta al realizar la copia de la planta P07 que tiene una altura de 3,20 metros (0,20 m más que el resto de las plantas "copia" al encontrarse inmediatamente debajo de la cubierta y por lo tanto, necesita más altura libre para poder desarrollar el programa previsto).

Planta de cubierta.

- P08 E01 y P08 E02.

Esta planta está constituida por dos torreones que agrupan patinillos, núcleo de escaleras, y ascensor de acceso a cubierta. Se posiciona en la cota +16,20, sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el exterior en su totalidad. Los dos espacios que conforman esta planta se definen como "no acondicionados" y dentro de la envolvente térmica del edificio.

Recordar definir nuevamente el color de acabado que es idéntico que en el resto de las plantas: blanco medio. Todas las cubiertas las hemos definido con una absorptividad media de 0,50.

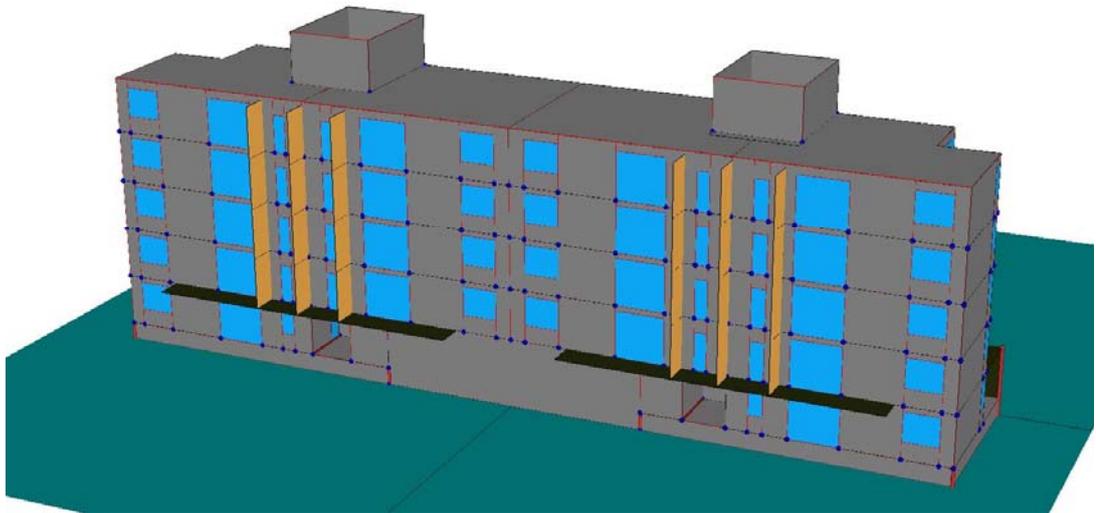


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta cubierta

El último paso para finalizar el levantamiento de esta planta, se debe crear la cubierta de los dos torreones y asignar la solución de cubierta específica a la cubierta de la planta P07.

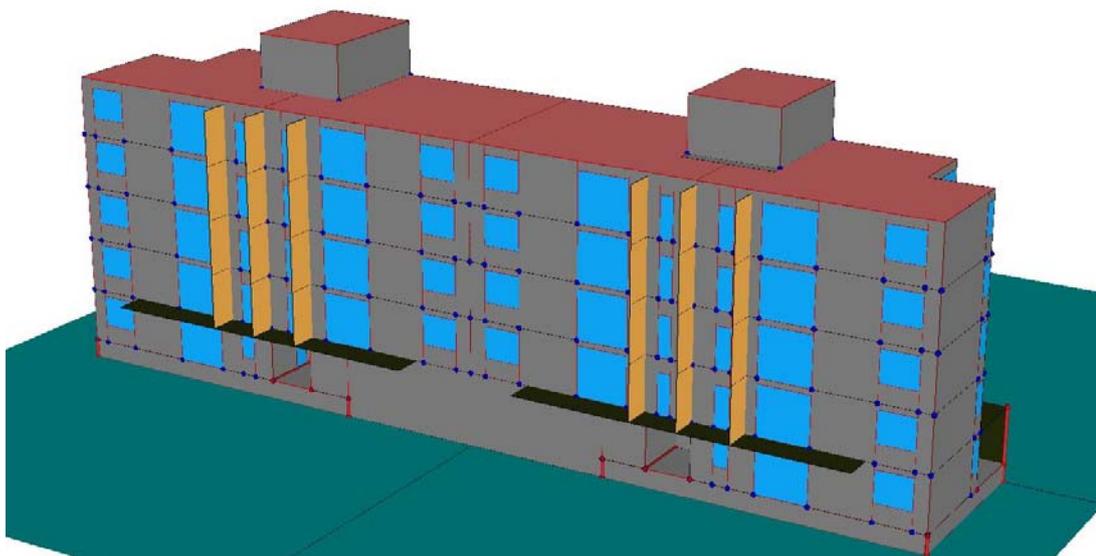


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta cubierta

Para finalizar el proceso, debemos recrear las sombras arrojadas que el resto del conjunto del edificio generan sobre las terrazas de las viviendas de nuestro sector del edificio. Para ello crearemos una serie de líneas auxiliares 3D en los vértices y aristas que definen la volumetría del resto del edificio.

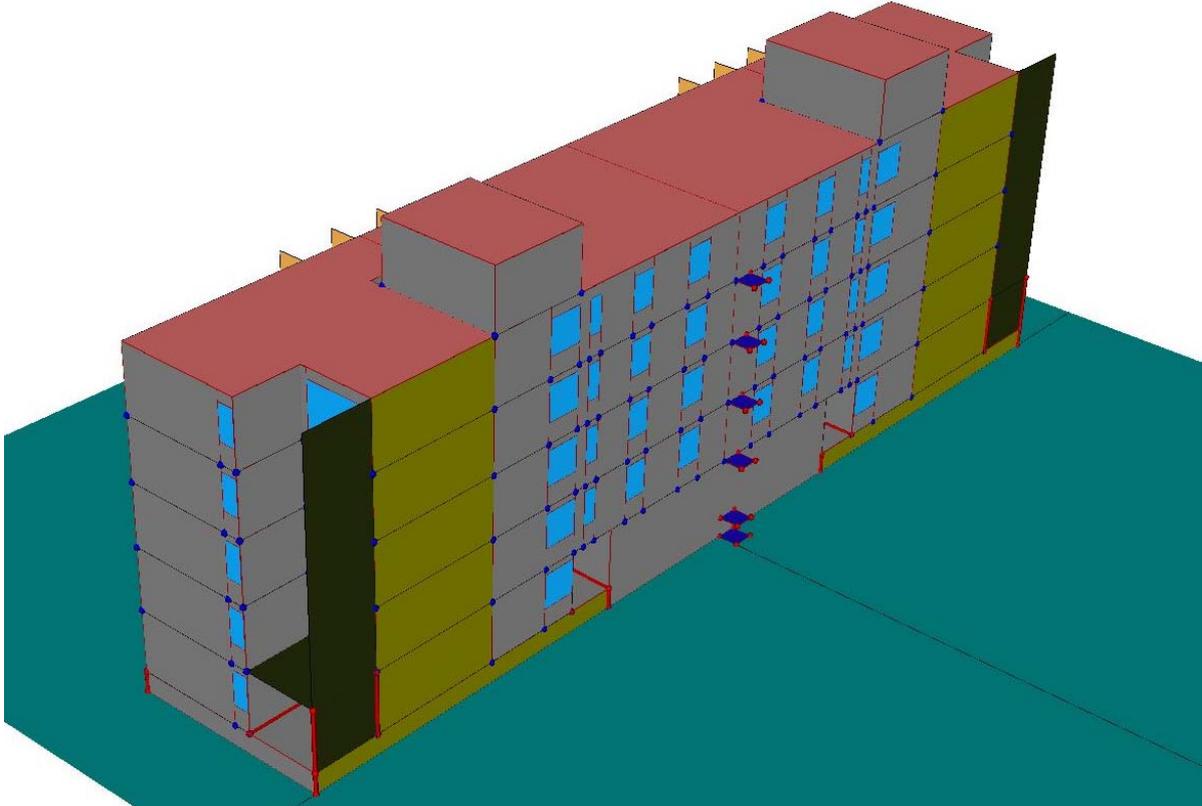


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de las sombras arrojadas en el modelo

Además, debemos recrear también, las sombras arrojadas del peto de cubierta del edificio. Siguiendo el mismo procedimiento que en el paso anterior, crearemos una serie de líneas auxiliares 3D en los vértices y aristas que definen la volumetría del peto:

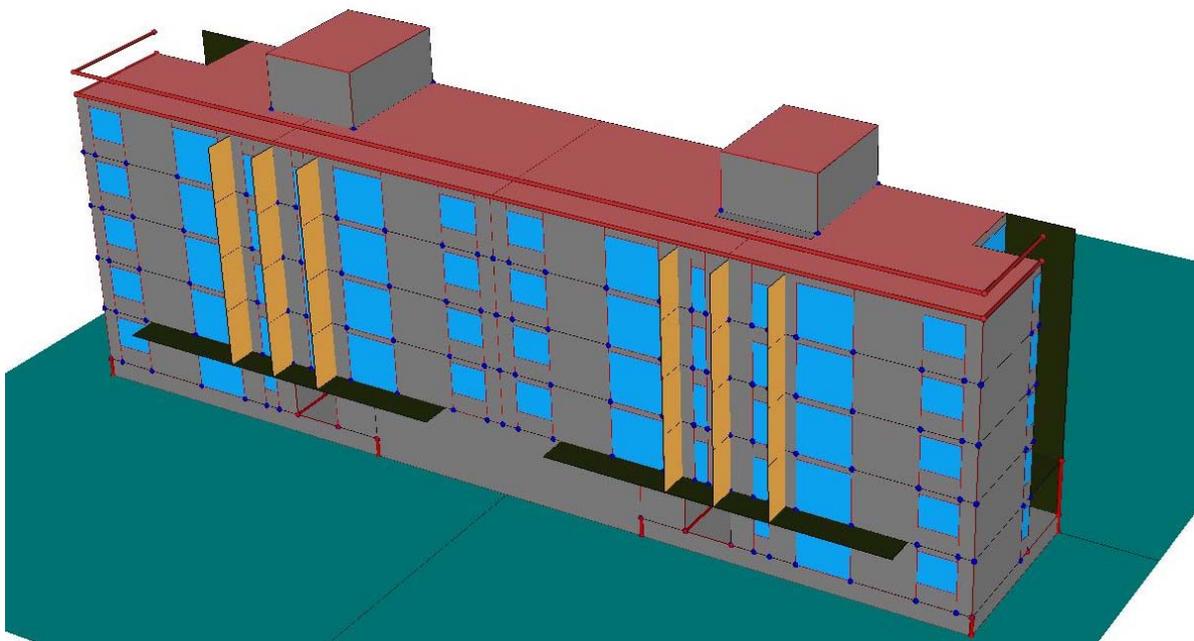


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de las sombras arrojadas en el modelo

En el paso siguiente, debemos recrear las sombras arrojadas que generan las terrazas y tendederos de las viviendas. Para ello, una vez más, crearemos una serie de líneas auxiliares 3D en los vértices y aristas que definen la volumetría de las terrazas.

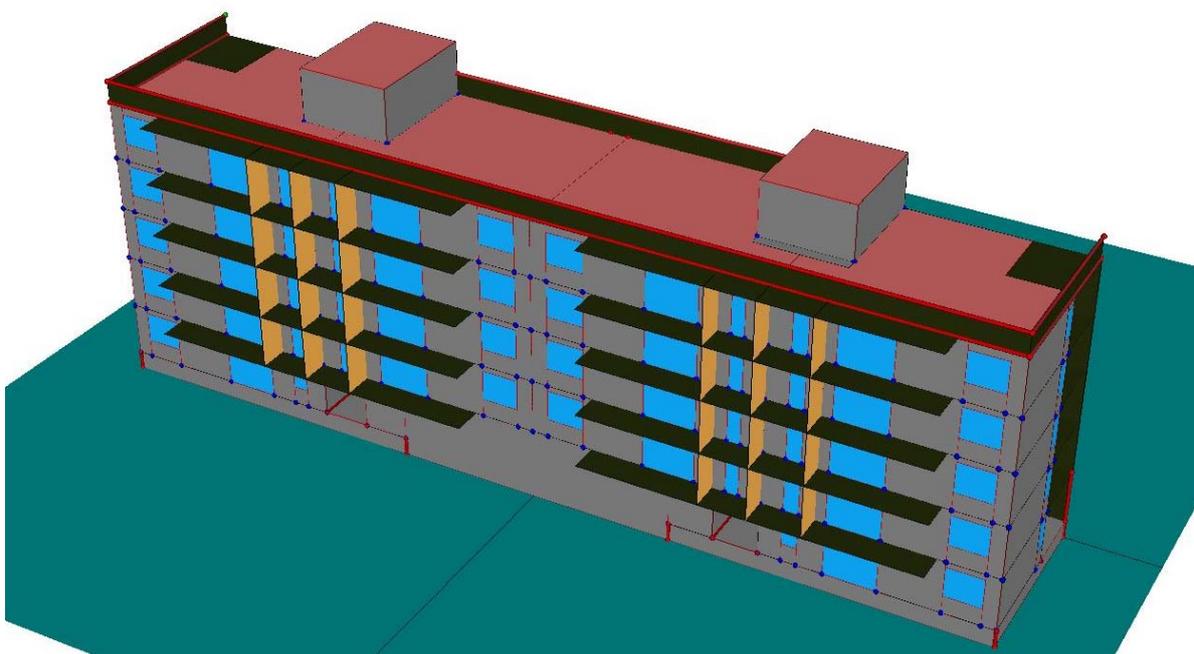


Imagen del proceso de levantamiento en HULC de las sombras arrojadas en el modelo

Para recrear las sombras propias de la fachada frontal de los tendederos, crearemos de manera manual dichos elementos incorporando una serie de franjas y, ajustando sus cotas a las distintas alturas de las plantas. En este caso, intentando ajustarnos al proyecto se han creado bandas de 50 cm y huecos entre las bandas formando franjas de también 50 cm alternándose respectivamente. La planta P07 al contar con una altura mayor (20 cm más que el resto de las plantas tipo), cuenta con una franja opaca más, una banda de 20 cm a modo de remate en su encuentro con el nivel de la cubierta.

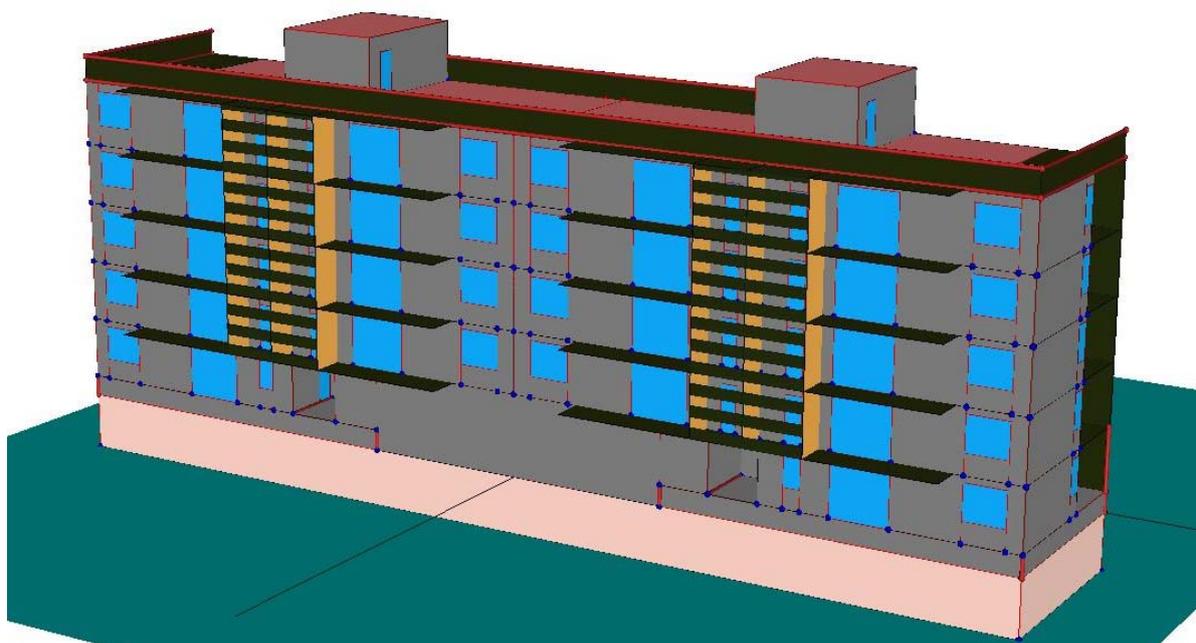
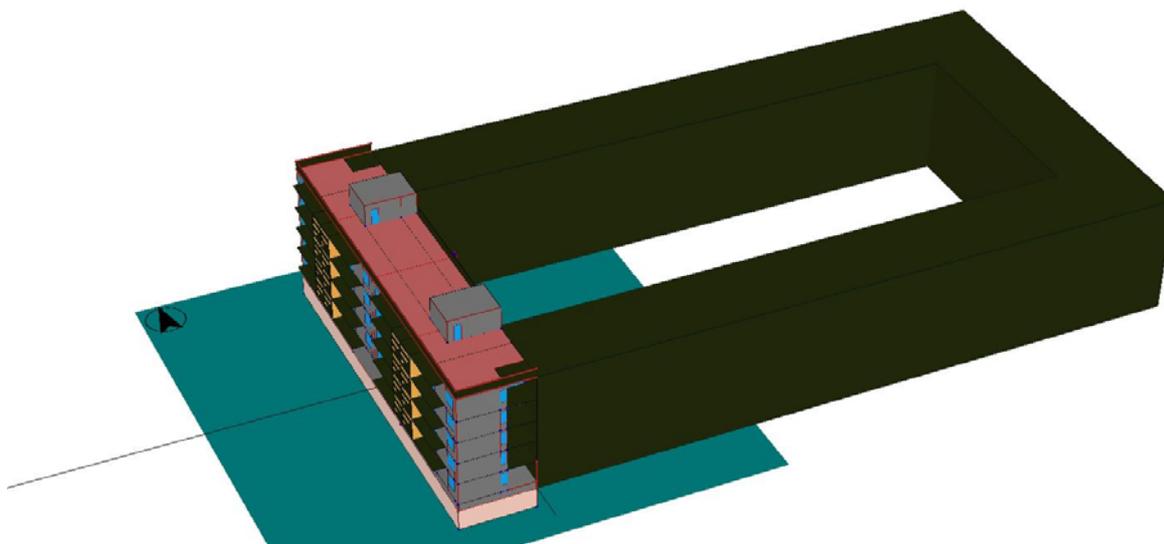


Imagen final del levantamiento en HULC del edificio

Para finalizar con la definición de las sombras nos restaría reproducir las remotas existentes en el entorno del edificio. Como desconocemos las que pudieran existir en las alineaciones de los viales próximos, hemos optado por reproducir exclusivamente las que representan los volúmenes del resto de la manzana en la que se inserta nuestro edificio. Con el comando “sombras remotas” o con el de “crear cerramientos singulares”, crear “elementos de sombra” reproducimos de manera esquemática el perímetro de la alineación interior del patio de manzana. El resultado es el siguiente:



Por último y para que HULC pueda estimar de la manera más aproximada posible la longitud de puentes térmicos que se producen en el edificio, debemos indicar en cada espacio el número de pilares de fachada que se encuentran dentro de cada uno de los espacios acondicionados del edificio.

En la tabla que figura al inicio de este apartado de ayuda al levantamiento en HULC, se muestra el número de pilares de fachada que forman parte de cada espacio y que debemos incluir en la casilla de "Nº de pilares" que aparece editando cada uno de los espacios del edificio. El programa calculará la longitud total de puentes térmico de pilares multiplicando para cada espacio el número de pilares por la altura del espacio.

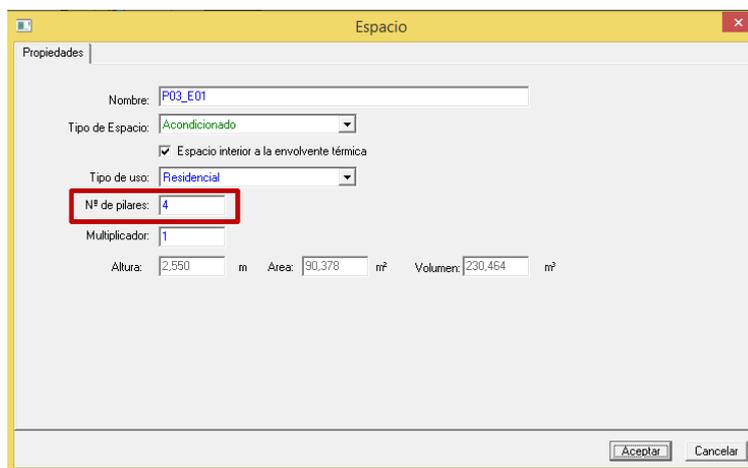


Imagen tabla de número de pilares por espacio e imagen de edición de espacios

Como recoge el DA DB HE/3 Puentes térmicos en la tabla 5.2 Pilares integrados en fachada:

"Se consideran los pilares de hormigón armado integrados en la fachada, de dimensiones 25x25 cm² hasta 35x35 cm², y sin considerar los pilares en esquina"

Si bien la sección de los pilares varía en función de las cargas que reciben, y en consecuencia, puede variar esta sección dependiendo de la planta que ocupen, hemos estimado una sección media para todas las plantas de vivienda de 35x35 cm². Este es el valor que nos pedirá HULC en la ficha correspondiente de puentes térmicos en su apartado de pilares.

SIST

4. Incorporación de sistemas

A la hora de simular los sistemas que hemos propuesto para el edificio, se han de introducir los datos de las fichas que aparecen en la descripción de cada uno de los sistemas.

- Sistema de ventilación

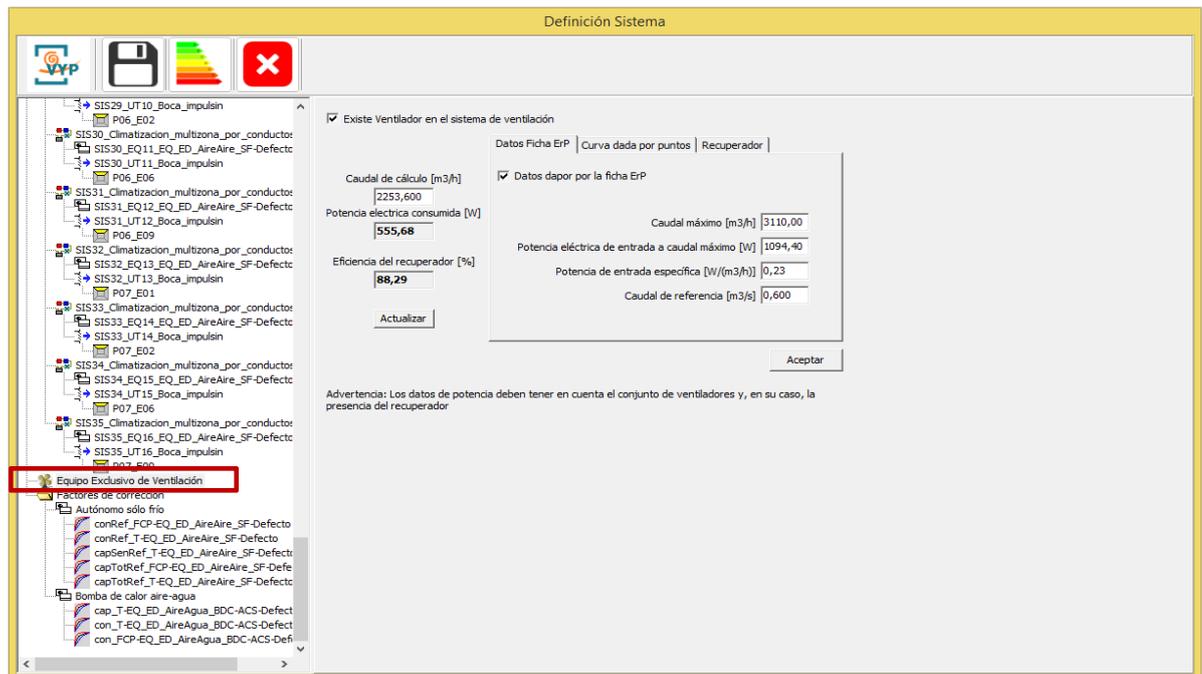


Imagen de la introducción del sistema de ventilación con recuperador en el módulo de CAENER VYP de HULC

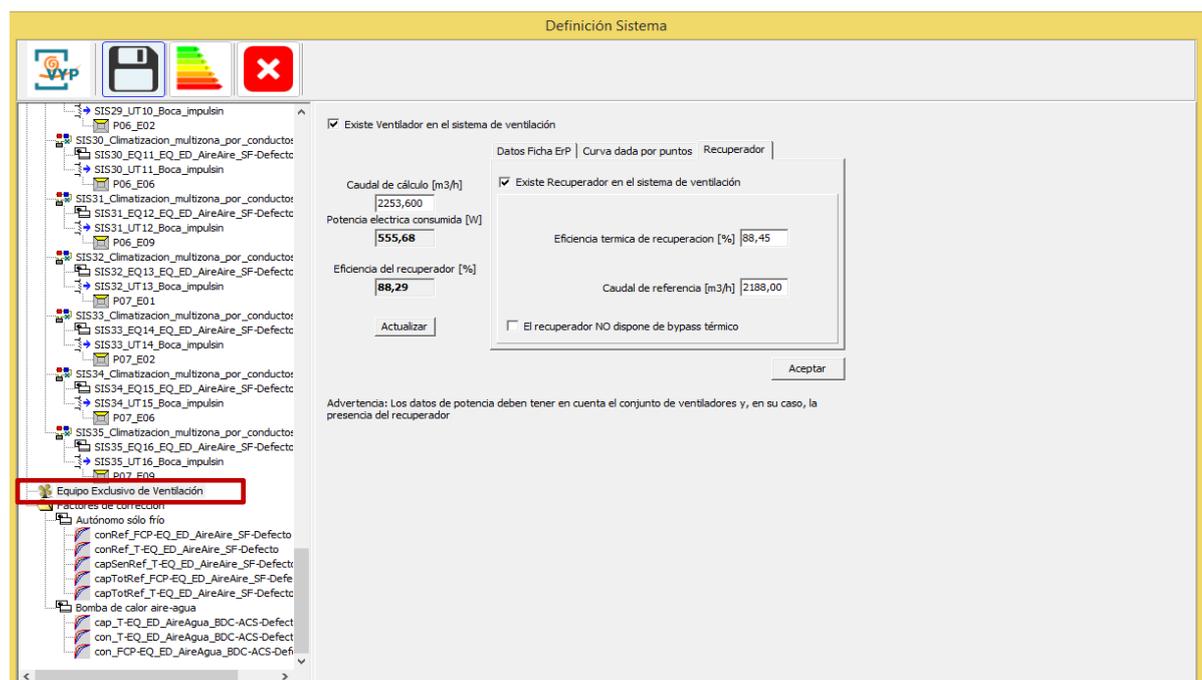


Imagen de la introducción del sistema de ventilación. Ficha del recuperador en el módulo de CAENER VYP de HULC

- Sistema mixto de calefacción y ACS
Reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Hay que recordar que tenemos 18 sistemas individuales mixtos calefacción-ACS. Dentro de cada uno de ellos creamos un equipo de producción (Bomba de calor aerotérmica) con las propiedades definidas en la ficha.

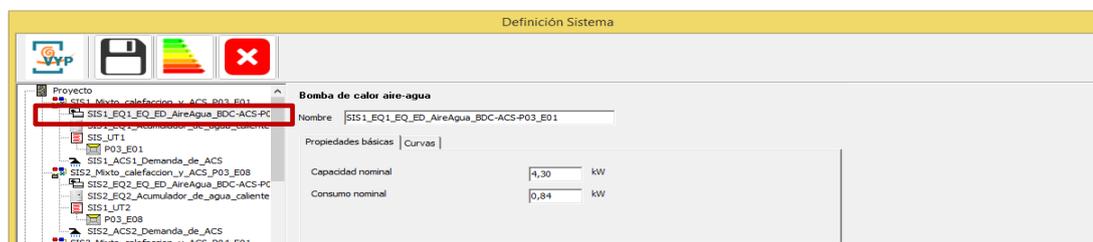
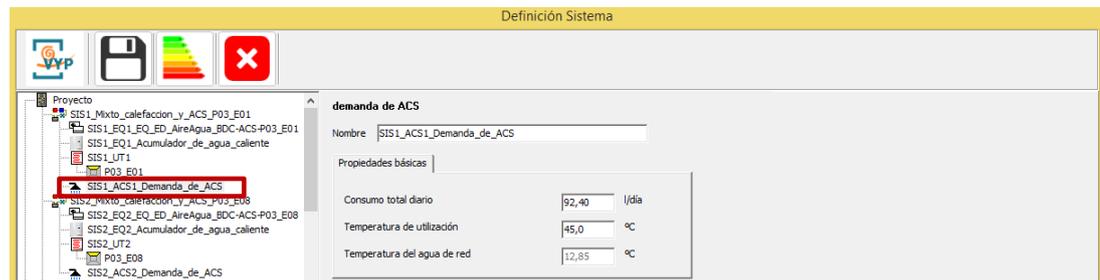


Imagen de la introducción del sistema mixto calefacción-ACS en el módulo de CALENER VYP de HULC

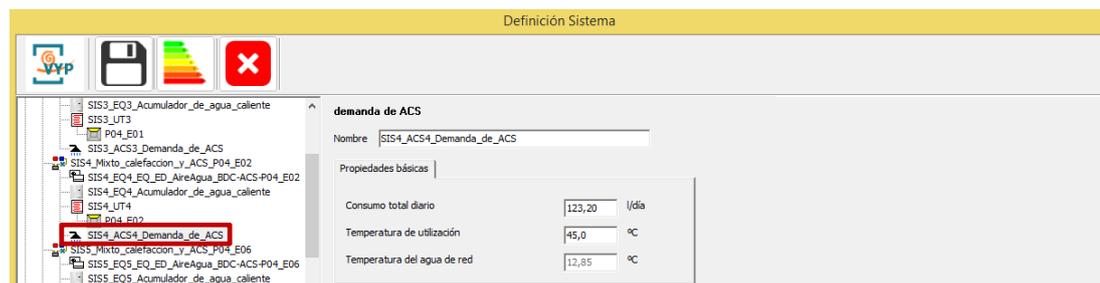
A continuación, introducimos las unidades terminales de agua de cada espacio acondicionado con las potencias que se asignan:

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE de emisión suelo radiante (m ²)	SIST. DE CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE			
						Estimación de Calefacción W/m ²	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN (kW)	Potencia específica instalada W/m ²	POTENCIA INSTALADA CALEFACCIÓN (kW)
Sótano	P01 E01	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-
	P01 E02	Nucleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-
Baja	P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	45,0	4,1	67,4	4,6
	P03 E02	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-
	P03 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P03 E04	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-
	P03 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-
	P03 E06	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P03 E07	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-
Primera	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	45,0	4,1	67,4	4,6
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0	3,9
	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
	P04 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P04 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
	P04 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P04 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
Segunda	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0	3,9
	P05 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
	P05 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P05 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P05 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P05 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
	P05 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P05 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P05 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
Tercera	P05 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	40,0	3,6	58,0	3,9
	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	40,0	4,2	58,0	4,6
	P06 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P06 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	40,0	4,2	58,0	4,6
	P06 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P06 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	40,0	3,6	58,0	4,0
Cuarta	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	67,8	50,0	4,5	78,7	5,3
	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	79,1	50,0	5,3	78,7	6,2
	P07 E03	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P07 E05	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	78,9	50,0	5,3	78,7	6,2
	P07 E07	Nucleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-
	P07 E08	Nucleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	68,2	50,0	4,5	78,7	5,4
Azotea	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-
	P08 E01	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-
	P08 E02	Nucleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-
TOTALES				2.786,6	1.311,8		74,79		83,45

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

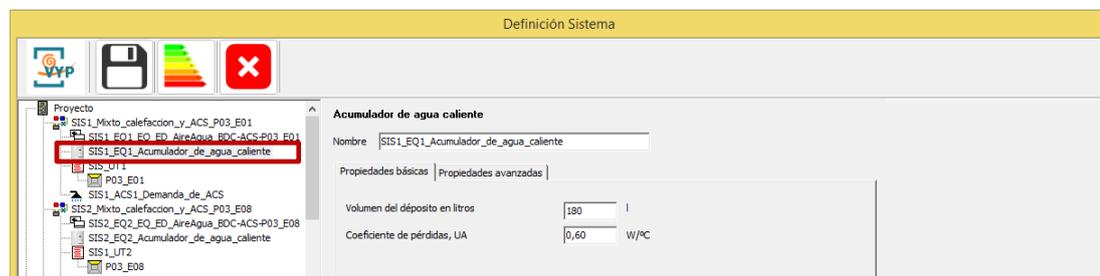


demanda de ACS en el sistema mixto calefacción-ACS en el módulo de HULC. Vivienda de 2 dormitorios



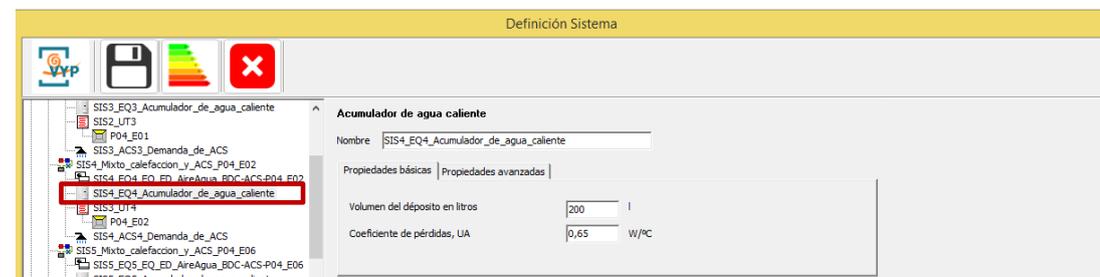
Demanda de ACS en el sistema mixto calefacción-ACS en el módulo de HULC. Vivienda de 3 dormitorios

Finalmente, creamos en cada sistema el correspondiente depósito acumulador que definiremos con las características que corresponden a cada tipo de vivienda. Para las viviendas de dos dormitorios de la siguiente forma:



Depósito de ACS (180 l) en el sistema mixto calefacción-ACS en el módulo de HULC, vivienda de 2 dormitorios.

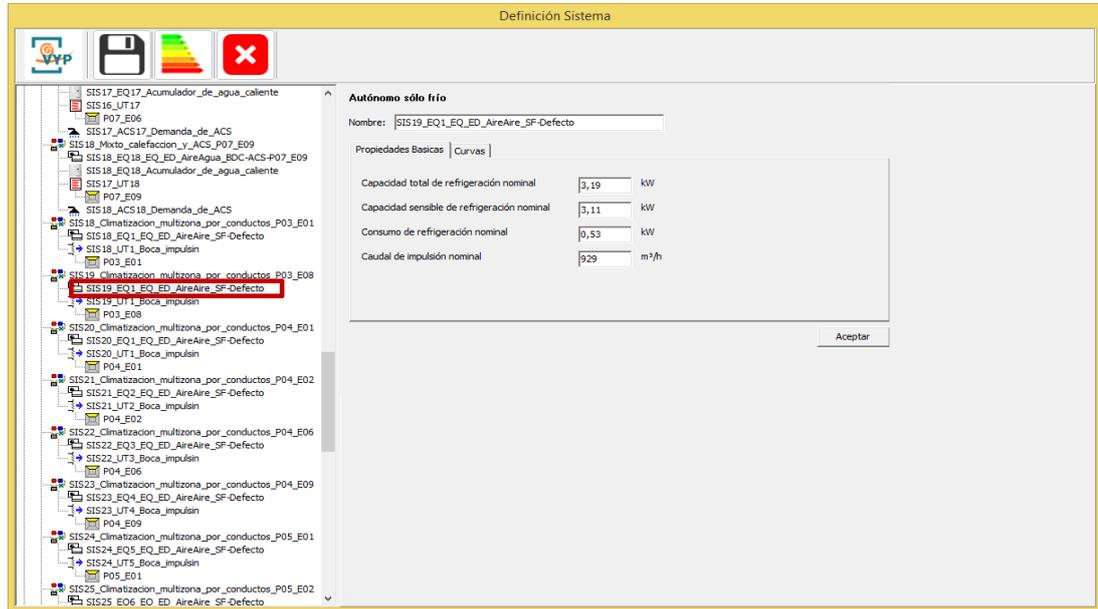
Para las viviendas de tres dormitorios, introducimos de igual forma las características de sus acumuladores, es decir, 200 litros de capacidad y coeficiente de pérdidas de 0,65 W/°C.



Depósito de ACS (200 l) en el sistema mixto calefacción-ACS en el módulo de HULC, vivienda de 3 dormitorios.

- Sistema de frío
Reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Como ya se ha explicado el sistema virtual que introducimos

agrupa las aportaciones tanto del suelo radiante refrescante previsto como de los caudales de ventilación refrigerados en una batería de frío asociada a los recuperadores de calor. Crearemos sistemas multizona por conductos (18 en total). En HULC, y a modo de ejemplo:



Para el resto de los sistemas de cada espacio (vivienda), los datos son los de la tabla:

PLANTA	ESPACIO	USO	TIPO DE ESPACIO	SUPERFICIE (m²)	Refrigeración W/m²	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN (kW)	SISTEMA VIRTUAL TOTAL			
							POTENCIA TOTAL INSTALADA REFRIGERACIÓN (kW)	Capacidad sensible (kW)	CONSUMO nominal refrigeración (kW)	CAUDAL VIRTUAL IMPULSADO (m³/h)
Sótano	P01 E01	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,2	-	-	-	-	-	-
	P01 E02	Núcleo C. Garaje	No Habitable	24,0	-	-	-	-	-	-
	P01 E03	Garaje	No Habitable	432,9	-	-	-	-	-	-
Baja	P02 E01	Local comercial	No Habitable	148,4	-	-	-	-	-	-
	P03 E01	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,4	40,0	3,6	3,17	3,10	0,53	924
	P03 E02	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,7	-	-	-	-	-	-
	P03 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P03 E04	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,2	-	-	-	-	-	-
	P03 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	32,5	-	-	-	-	-	-
	P03 E06	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P03 E07	Cuarto Tecn.+Patinillo	No Habitable	12,1	-	-	-	-	-	-
	P03 E08	Vivienda Acc.2 dorm.	Acondicionado	90,9	40,0	3,6	3,19	3,11	0,53	929
	P04 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	2,81	2,74	0,47	817
Primera	P04 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	977
	P04 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P04 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P04 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P04 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	975
	P04 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P04 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P04 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	2,82	2,75	0,47	820
	P04 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	Segunda	P05 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	2,81	2,74	0,47
P05 E02		Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	977
P05 E03		Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
P05 E04		Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
P05 E05		Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
P05 E06		Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	975
P05 E07		Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
P05 E08		Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
P05 E09		Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	2,82	2,75	0,47	820
P05 E10		Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
Tercera	P06 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	35,0	3,2	2,81	2,74	0,47	817
	P06 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	977
	P06 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P06 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P06 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P06 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	35,0	3,7	3,37	3,27	0,56	975
	P06 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P06 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P06 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	35,0	3,2	2,82	2,75	0,47	820
	P06 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
Cuarta	P07 E01	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,4	45,0	4,1	3,61	3,53	0,60	1054
	P07 E02	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,4	45,0	4,7	4,30	4,20	0,77	1253
	P07 E03	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,3	-	-	-	-	-	-
	P07 E04	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
	P07 E05	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P07 E06	Vivienda tipo 3 dorm.	Acondicionado	105,2	45,0	4,7	4,29	4,19	0,77	1251
	P07 E07	Núcleo Asc. + Patinillo	No Habitable	5,2	-	-	-	-	-	-
	P07 E08	Núcleo Esc. Viviendas	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
	P07 E09	Vivienda tipo 2 dorm.	Acondicionado	90,9	45,0	4,1	3,62	3,55	0,61	1059
	P07 E10	Patinillo	No Habitable	3,1	-	-	-	-	-	-
Azotea	P08 E01	Núcleo Esc. Azotea	No acondic.	24,2	-	-	-	-	-	-
	P08 E02	Núcleo Esc. Azotea	No acondic.	24,0	-	-	-	-	-	-
TOTALES				2.786,6		66,04	59,31	57,75	10,01	17.237,32

Por último, hemos de introducir los datos de producción de energía fotovoltaica en los paneles 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 eléctrica. A continuación, en la fila de “fotovoltaica in situ”, asignaremos dichos valores mes a mes como se reproduce en la siguiente imagen:

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] Irradiación Solar Diaria media anual [kWh/m².dia]

Valores mensuales de la producción de Energía Eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (kWh)(Producción total 30521,5 kWh)

No existen datos mensuales

Sistema o Equipo	Comentario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fotovoltaica in situ	Ninguno	978,3	1472,4	2458,0	3192,9	3777,9	3922,6	4131,4	3741,8	2894,4	1935,1	1104,7	912,0
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

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

No existen datos mensuales

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 de sustitución o ficticios (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.

Por último, hay que indicar que la forma en la que se simula en este caso el sistema de refrigeración podría haberse desglosado para mayor precisión de la siguiente forma:

- Mantener el sistema multizona por conductos para la aportación del sistema todo aire con los caudales estrictos de ventilación

SRAD

2. DATOS Y CÁLCULOS DEL SUELO RADIANTE

1. Valores y tablas

A continuación, se incluyen los datos de partida, cálculo de pasos intermedios y los valores obtenidos para las tres configuraciones de suelo radiante para tres opciones de resistencia térmica de recubrimiento de suelo. Como ya se ha dicho, la nomenclatura y el procedimiento de cálculo es el que figura en la norma *UNE-EN 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies*.

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

donde,

q= potencia específica del sistema de calefacción por suelo radiante

B: es el coeficiente de transmisión térmica debido al material de las paredes del tubo empleado, el espesor de sus paredes y el recubrimiento si lo tuviera ($W/m^2 \cdot K$). En nuestro caso, para un tubo con $\lambda_R=0,35 W/m \cdot K$; $B=B_0= 6,7 W/m^2$.

α : para suelo radiante= $10,8 W/m^2 \cdot K$

$\lambda_{u,0}$ = $1 W/m \cdot K$

$S_{u,0}$ = $0,045 m$

λ_E = conductividad térmica de la placa (mortero de recubrimiento), en $W/m \cdot K$

$R_{\lambda,B}$ = es la resistencia térmica del recubrimiento del suelo, valores en $m^2 \cdot K/W$

T: es el paso del de tubo.

D: diámetro exterior del tubo, incluido revestimiento si lo hubiera, en m.

S_u : es el espesor de la capa de mortero por encima del tubo, en m.

a_B : es el factor de revestimiento del suelo. Para su cálculo es necesario conocer α , coeficiente de transmisión térmica que para calefacción tomaremos: $10,8 W/m^2 \cdot K$ y para la opción de suelo refrescante su valor será: $6,5 W/m^2 \cdot K$ (*)

$a_T^{m_T}$: es el factor de paso de la tubería.

a_T , es el factor de paso y se obtiene en la tabla A.1 de la norma.

$m_T = 1 - (T/0,075)$ se aplica cuando $0,05 m \leq T \leq 0,375 m$

$a_u^{m_u}$: es el factor de recubrimiento.

a_u es el factor de recubrimiento según la tabla A.2 de la norma.

$M_u = 100(0,045 - S_u)$, cuando $S_u \geq 0,010$

$a_D^{m_D}$: es el factor del diámetro exterior del tubo.

a_D es el factor del diámetro exterior del tubo según la tabla A.3 de la norma.

$m_D = 250(D - 0,020)$, cuando $0,008 \leq D \leq 0,030$

Para el cálculo del salto térmico entre la temperatura del fluido de calefacción y la de los espacios interiores acondicionados ($\Delta\theta_H$), utilizamos nuevamente el procedimiento descrito en la citada Norma UNE-EN 1264-2 mediante la expresión:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

Donde,

$\Delta\theta_H$: es la diferencia de temperatura entre el fluido de calefacción y la temperatura de cálculo del ambiente interior de cada local (de cada vivienda en nuestro caso).

θ_V : Temperatura del agua en el circuito de impulsión (35°C en nuestro caso).

θ_R : Temperatura del agua en el circuito de retorno (30°C en nuestro caso).

θ_i : Temperatura ambiente en el interior de los espacios (20°C en nuestro caso).

En las siguientes tablas figuran los resultados de todos los cálculos para los tres pasos de tubo dimensionados. A la derecha figuran las tablas de valores de potencia térmica específica con los que se han compuesto los campos de curvas características utilizados.

PASO DE 20 CM																	
										$\Delta\theta_H$	0,01	0,05	0,1	0,15			
										1	4,71	3,86	3,15	2,67			
										2	9,41	7,72	6,29	5,34			
										3	14,12	11,58	9,44	8,01			
										4	18,82	15,44	12,58	10,68			
										5	23,53	19,30	15,73	13,35			
										6	28,24	23,16	18,87	16,02			
										7	32,94	27,02	22,02	18,69			
										8	37,65	30,88	25,17	21,36			
										9	42,35	34,74	28,31	24,03			
										10	47,06	38,60	31,46	26,70			
										11	51,77	42,47	34,60	29,37			
										12	56,47	46,33	37,75	32,04			
										13	61,18	50,19	40,89	34,71			
										14	65,88	54,05	44,04	37,38			
										15	70,59	57,91	47,19	40,05			
										16	75,29	61,77	50,33	42,72			
										17	80,00	65,63	53,48	45,39			
										18	84,71	69,49	56,62	48,06			
										19	89,41	73,35	59,77	50,73			
										20	94,12	77,21	62,91	53,39			
										21	98,82	81,07	66,06	56,06			
										22	103,53	84,93	69,20	58,73			
										23	108,24	88,79	72,35	61,40			
										24	112,94	92,65	75,50	64,07			
										25	117,65	96,51	78,64	66,74			
										26	122,35	100,37	81,79	69,41			
										27	127,06	104,23	84,93	72,08			
										28	131,77	108,09	88,08	74,75			
										29	136,47	111,95	91,22	77,42			
										30	141,18	115,81	94,37	80,09			
										IDA (θ_V) 35 °C RETORNO (θ_R) 30 °C Tª AMBIENTE INTERIOR (θ_i) 20 °C							
										$\Delta\theta_H$ 12,331517 °C $q (R_{u,B}=0,01) = 58,03$ [W/m2]							
paso de tubo (T) 20 cm tubo \varnothing 0,016 m espesor pared tubo 0,002 m Tubo Conduct. (λ_B) 0,35 W/mK $S_{u,B}$ 0,034 m $B=B_0$ 6,7 W/m²K										$\alpha = 10,8$ W/m²K $S_{u,D}$ 0,045 m $\lambda_{u,D}$ 1 W/mK λ_E 1,2 W/mK $R_{u,B}$ 0,01 m²K/W		$a_{B1} = 0,98215466$ $a_{B2} = 0,76401028$ $a_{B3} = 0,59798793$ $a_{B4} = 0,49123967$		$R_{u,B}$ 0,05 a_{B1} 1,2300 a_{B2} 1,1880 a_{B3} 1,1560 a_{B4} 1,1340		m_{TR} -1,66667	
										a_{u1} 1,0510 a_{u2} 1,0410 a_{u3} 1,0315 a_{u4} 1,0275		$R_{u,B}$ 0 a_{u1} 0,05 a_{u2} 0,10 a_{u3} 0,15		m_{u1} 1,1			
										a_{D1} 1,046 a_{D2} 1,035 a_{D3} 1,030		$R_{u,B}$ 0 a_{D1} 0,05 a_{D2} 0,10 a_{D3} 0,15		m_{D1} -1,00			
										K_{H1} 4,70592 K_{H2} 3,86049 K_{H3} 3,14567 K_{H4} 2,66974							
LIMITE DENSIDAD FLUJO TERMICO (para $Q_{F,max}=29°C$) $\Phi_{F,max}$ 29 S_u/λ_E 0,02833 θ_i 20 X_1 0,0292 X_2 0,0208 $\Delta\theta_0$ 9 Y_1 56,2 Y_2 48,2 ϕ 1 B_G 55,375 q_G 76,5886 X_1 0,0292 X_2 0,0208 Y_1 0,129 Y_2 0,13 N_G 0,1291																	

PASO DE 15 CM																	
										$\Delta\theta_H$	0,01	0,05	0,1	0,15			
										1	5,47	4,38	3,50	2,93			
										2	10,94	8,76	7,00	5,86			
										3	16,40	13,14	10,49	8,79			
										4	21,87	17,51	13,99	11,72			
										5	27,34	21,89	17,49	14,65			
										6	32,81	26,27	20,99	17,58			
										7	38,27	30,65	24,49	20,51			
										8	43,74	35,03	27,98	23,44			
										9	49,21	39,41	31,48	26,37			
										10	54,68	43,78	34,98	29,30			
										11	60,14	48,16	38,48	32,23			
										12	65,61	52,54	41,98	35,16			
										13	71,08	56,92	45,47	38,08			
										14	76,55	61,30	48,97	41,01			
										15	82,01	65,68	52,47	43,94			
										16	87,48	70,06	55,97	46,87			
										17	92,95	74,43	59,47	49,80			
										18	98,42	78,81	62,97	52,73			
										19	103,88	83,19	66,46	55,66			
										20	109,35	87,57	69,96	58,59			
										21	114,82	91,95	73,46	61,52			
										22	120,29	96,33	76,96	64,45			
										23	125,76	100,70	80,46	67,38			
										24	131,22	105,08	83,95	70,31			
										25	136,69	109,46	87,45	73,24			
										26	142,16	113,84	90,95	76,17			
										27	147,63	118,22	94,45	79,10			
										28	153,09	122,60	97,95	82,03			
										29	158,56	126,98	101,44	84,96			
										30	164,03	131,35	104,94	87,89			
										IDA (θ_V) 35 °C RETORNO (θ_R) 30 °C Tª AMBIENTE INTERIOR (θ_i) 20 °C							
										$\Delta\theta_H$ 12,331517 °C $q (R_{u,B}=0,01) = 67,42$ [W/m2]							
paso de tubo (T) 15 cm tubo \varnothing 0,016 m espesor pared tubo 0,002 m Tubo Conduct. (λ_B) 0,35 W/mK $S_{u,B}$ 0,034 m $B=B_0$ 6,7 W/m²K										$\alpha = 10,8$ W/m²K $S_{u,D}$ 0,045 m $\lambda_{u,D}$ 1 W/mK λ_E 1,2 W/mK $R_{u,B}$ 0,01 m²K/W		$a_{B1} = 0,98215466$ $a_{B2} = 0,76401028$ $a_{B3} = 0,59798793$ $a_{B4} = 0,49123967$		$R_{u,B}$ 0,05 a_{B1} 1,2300 a_{B2} 1,1880 a_{B3} 1,1560 a_{B4} 1,1340		m_{TR} -1,00000	
										a_{u1} 1,0570 a_{u2} 1,0460 a_{u3} 1,0350 a_{u4} 1,0305		$R_{u,B}$ 0 a_{u1} 0,05 a_{u2} 0,10 a_{u3} 0,15		m_{u1} 1,1			
										a_{D1} 1,040 a_{D2} 1,034 a_{D3} 1,029		$R_{u,B}$ 0 a_{D1} 0,05 a_{D2} 0,10 a_{D3} 0,15		m_{D1} -1,00			
										K_{H1} 5,46782 K_{H2} 4,37846 K_{H3} 3,49807 K_{H4} 2,92960							
LIMITE DENSIDAD FLUJO TERMICO (para $Q_{F,max}=29°C$) $\Phi_{F,max}$ 29 S_u/λ_E 0,02833 θ_i 20 X_1 0,0292 X_2 0,0208 $\Delta\theta_0$ 9 Y_1 69,2 Y_2 61,1 ϕ 1 B_G 68,364 q_G 84,0679 X_1 0,0292 X_2 0,0208 Y_1 0,082 Y_2 0,085 N_G 0,0823																	

SREFR

3. DATOS Y CÁLCULOS DEL SUELO REFRESCANTE

1. Valores y tablas

A continuación, se incluyen los datos de partida, cálculo de pasos intermedios y los valores obtenidos para las tres configuraciones de suelo refrescante para tres opciones de resistencia térmica de recubrimiento de suelo. Como ya se ha dicho, la nomenclatura y el procedimiento de cálculo es el que figura en la norma *UNE-EN 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies*.

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

donde,

q= potencia específica del sistema de calefacción por suelo refrescante

B: es el coeficiente de transmisión térmica debido al material de las paredes del tubo empleado, el espesor de sus paredes y el recubrimiento si lo tuviera ($W/m^2 \cdot K$). En nuestro caso, para un tubo con $\lambda_R = 0,35 W/m \cdot K$; $B = B_0 = 6,7 W/m^2$.

α : para suelo refrescante = $6,5 W/m^2 \cdot K$

$\lambda_{u,0}$ = $1 W/m \cdot K$

$S_{u,0}$ = $0,045 m$

λ_E = conductividad térmica de la placa (mortero de recubrimiento), en $W/m \cdot K$

$R_{\lambda,B}$ = es la resistencia térmica del recubrimiento del suelo, valores en $m^2 \cdot K/W$

T: es el paso del tubo.

D: diámetro exterior del tubo, incluido revestimiento si lo hubiera, en m.

S_u : es el espesor de la capa de mortero por encima del tubo, en m.

a_B : es el factor de revestimiento del suelo. Para su cálculo es necesario conocer **α** , coeficiente de transmisión térmica que para calefacción tomaremos: $10,8 W/m^2 \cdot K$ y para la opción de suelo refrescante su valor será: $6,5 W/m^2 \cdot K$ (*)

$a_T^{m_T}$: es el factor de paso de la tubería.

a_T , es el factor de paso y se obtiene en la tabla A.1 de la norma.

$m_T = 1 - (T/0,075)$ se aplica cuando $0,05 m \leq T \leq 0,375 m$

$a_u^{m_u}$: es el factor de recubrimiento.

a_u es el factor de recubrimiento según la tabla A.2 de la norma.

$M_u = 100(0,045 - S_u)$, cuando $S_u \geq 0,010$

$a_D^{m_D}$: es el factor del diámetro exterior del tubo.

a_D es el factor del diámetro exterior del tubo según la tabla A.3 de la norma.

$m_D = 250(D - 0,020)$, cuando $0,008 \leq D \leq 0,030$

Para el cálculo del salto térmico entre la temperatura del fluido de refrigeración y la de los espacios interiores acondicionados ($\Delta\theta_c$), utilizamos el procedimiento descrito en la Norma UNE-EN 1264-3 mediante la expresión:

$$\Delta\theta_c = \frac{\theta_{C,out} - \theta_{C,in}}{\ln \frac{\theta_{C,in} - \theta_i}{\theta_{C,out} - \theta_i}}$$

Donde,

$\Delta\theta_c$: es la diferencia de temperatura entre el fluido de refrigeración y la temperatura de cálculo del ambiente interior de cada local (de cada vivienda en nuestro caso).

$\theta_{C,in}$: Temperatura del agua en el circuito de impulsión de agua de refrigeración (18°C en este caso).

$\theta_{C,out}$: Temperatura del agua en el circuito de salida del sistema de refrigeración (20°C en este caso).

θ_i : Temperatura ambiente en el interior de los espacios (26°C en nuestro caso).

En las siguientes tablas figuran los resultados de todos los cálculos para los tres pasos de tubo dimensionados. A la derecha figuran las tablas de valores de potencia térmica específica con los que se han compuesto los campos de curvas características utilizados.

PASO DE 20 CM														
										$\Delta\theta_c$	0,01	0,05	0,1	0,15
										1	4,73	4,16	3,59	3,17
										2	9,46	8,33	7,18	6,33
										3	14,20	12,49	10,77	9,50
										4	18,93	16,65	14,36	12,66
										5	23,66	20,82	17,95	15,83
										6	28,39	24,98	21,54	19,00
										7	33,12	29,14	25,13	22,16
										8	37,86	33,31	28,72	25,33
										9	42,59	37,47	32,31	28,49
										10	47,32	41,63	35,90	31,66
										11	52,05	45,79	39,49	34,82
										12	56,78	49,96	43,08	37,99
										13	61,52	54,12	46,67	41,16
										14	66,25	58,28	50,26	44,32
										15	70,98	62,45	53,85	47,49
										16	75,71	66,61	57,44	50,65
										17	80,44	70,77	61,03	53,82
										18	85,17	74,94	64,63	56,99
										19	89,91	79,10	68,22	60,15
										20	94,64	83,26	71,81	63,32
										21	99,37	87,43	75,40	66,48
										22	104,10	91,59	78,99	69,65
										23	108,83	95,75	82,58	72,82
										24	113,57	99,92	86,17	75,98
										25	118,30	104,08	89,76	79,15
										26	123,03	108,24	93,35	82,31
										27	127,76	112,40	96,94	85,48
										28	132,49	116,57	100,53	88,65
										29	137,23	120,73	104,12	91,81
										30	141,96	124,89	107,71	94,98
										IDA ($\theta_{C,in}$) 18 °C				
										RETORNO ($\theta_{C,out}$) 20 °C				
										Tª AMBIENTE INTERIOR (θ_i) 26 °C				
										$\Delta\theta_c$ 6,952119 °C				
										$q (R_{a,b}=0,01) = 32,90 [W/m^2]$				
paso de tubo (T)	20 cm			$\alpha = 6,5 W/m^2K$	$R_{a,b} = 0,01 m^2K/W$	$R_{a,b} = 0,2$								
tubo Ø	0,016 m	$S_{u,o} = 0,045 m$	$\lambda_{u,o} = 1 W/mK$	$\lambda_E = 1,2 W/mK$	$R_{a,b} = 0,01 m^2K/W$	$a_{g1} = 0,98758357$	$a_{g2} = 0,82390438$	$a_{g3} = 0,68250825$	$a_{g4} = 0,58253521$	$a_{g5} = 0,05$				
espesor pared tubo	0,002 m													
Tubo Conduct. (λ_R)	0,35 W/mK													
$S_{u,i}$	0,034 m													
$B=B_0$	6,7 W/m²K													
										$R_{u,b}$				
										a_{tr}				
										a_u				
										a_D				
										$R_{u,b}$				
										$m_{tr} = -1,66667$				
										$m_{u1} = 1,1$				
										$m_{D1} = -1,00$				
K_{H1}	4,73193	K_{H2}	4,16313	K_{H3}	3,59028	K_{H4}	3,16591							

PASO DE 15 CM														
										$\Delta\theta_c$	0,01	0,05	0,1	0,15
										1	5,50	4,72	3,99	3,47
										2	11,00	9,44	7,98	6,95
										3	16,49	14,17	11,98	10,42
										4	21,99	18,89	15,97	13,90
										5	27,49	23,61	19,96	17,37
										6	32,99	28,33	23,95	20,84
										7	38,48	33,05	27,95	24,32
										8	43,98	37,77	31,94	27,79
										9	49,48	42,50	35,93	31,27
										10	54,98	47,22	39,92	34,74
										11	60,48	51,94	43,92	38,21
										12	65,97	56,66	47,91	41,69
										13	71,47	61,38	51,90	45,16
										14	76,97	66,10	55,89	48,64
										15	82,47	70,83	59,89	52,11
										16	87,97	75,55	63,88	55,58
										17	93,46	80,27	67,87	59,06
										18	98,96	84,99	71,86	62,53
										19	104,46	89,71	75,86	66,01
										20	109,96	94,43	79,85	69,48
										21	115,45	99,16	83,84	72,96
										22	120,95	103,88	87,83	76,43
										23	126,45	108,60	91,83	79,90
										24	131,95	113,32	95,82	83,38
										25	137,45	118,04	99,81	86,85
										26	142,94	122,76	103,80	90,33
										27	148,44	127,49	107,80	93,80
										28	153,94	132,21	111,79	97,27
										29	159,44	136,93	115,78	100,75
										30	164,94	141,65	119,77	104,22
										IDA ($\theta_{C,in}$) 18 °C				
										RETORNO ($\theta_{C,out}$) 20 °C				
										Tª AMBIENTE INTERIOR (θ_i) 26 °C				
										$\Delta\theta_c$ 6,952119 °C				
										$q (R_{a,b}=0,01) = 38,22 [W/m^2]$				
paso de tubo (T)	15 cm			$\alpha = 6,5 W/m^2K$	$R_{a,b} = 0,01 m^2K/W$	$R_{a,b} = 0,15$								
tubo Ø	0,016 m	$S_{u,o} = 0,045 m$	$\lambda_{u,o} = 1 W/mK$	$\lambda_E = 1,2 W/mK$	$R_{a,b} = 0,01 m^2K/W$	$a_{g1} = 0,98758357$	$a_{g2} = 0,82390438$	$a_{g3} = 0,68250825$	$a_{g4} = 0,58253521$	$a_{g5} = 0,05$				
espesor pared tubo	0,002 m													
Tubo Conduct. (λ_R)	0,35 W/mK													
$S_{u,i}$	0,034 m													
$B=B_0$	6,7 W/m²K													
										$R_{u,b}$				
										a_{tr}				
										a_u				
										a_D				
										$R_{u,b}$				
										$m_{tr} = -1,00000$				
										$m_{u1} = 1,1$				
										$m_{D1} = -1,00$				
K_{H1}	5,49785	K_{H2}	4,72171	K_{H3}	3,99249	K_{H4}	3,47406							

