



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de un sistema de climatización para un complejo
multicines en Benicarló

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Soria Gonzalvo, Gustavo

Tutor/a: Sarabia Escrivà, Emilio José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Quiero agradecer a mi familia la perseverancia y el apoyo brindado durante esta carrera,
además de a mi tutor, Emilio Sarabia, su incansable ayuda en el desarrollo de este trabajo.

Índice

1	Introducción	4
1.1	Normativa sobre fluidos refrigerantes	5
2	Objetivos y alcance del trabajo	6
3	Modelizado del edificio para simulación y cálculo de cargas térmicas.....	8
3.1	Emplazamiento.....	8
3.2	Estimación de la ocupación	10
3.3	Necesidades de ventilación	11
3.4	Envolvente térmica.....	13
3.5	Construcción del modelo en CypeCAD MEP	16
3.6	Cálculo de cargas térmicas.....	18
3.7	Descripción del sistema	21
3.7.1	Estudio de alternativas a sistemas de climatización	21
3.7.2	Dimensionado y trazado de los conductos	25
3.7.3	Selección de componentes y equipos comerciales	33
4	Planos	40
5	Presupuesto.....	44
6	Conclusiones.....	52
7	Bibliografía.....	55
8	Anexo de cálculo	57
8.1	Marco teórico: Cálculo de transmitancia térmica	57
8.2	Condiciones térmicas de cálculo y justificación de CTE-HE	58
8.3	Cálculo de la renovación mínima del aire interior	77
8.4	Cálculo del espesor de aislante	78
8.5	Cálculo de la geometría simplificada para modelizado	79

Resumen

El presente Trabajo Final de Grado consiste en el diseño de un sistema de climatización para acondicionar un complejo multicines situado en la localidad de Benicarló (Provincia de Castellón) con una superficie útil de 1800 m².

El inicio del proceso de diseño consiste en el análisis de cargas térmicas del edificio. Para ello será necesario, entre otras cosas, conocer la composición de los cerramientos que componen la envolvente térmica, definiéndolos de forma que la transmitancia térmica global sea admisible.

Uno de los puntos que se abordarán en el TFG será el estudio de los diferentes refrigerantes y de los métodos de climatización disponibles, justificando el que más se adecúa.

El sistema seleccionado debe vencer las cargas generadas por las 846 personas que pueden aforar las siete salas y zonas comunes, así como garantizar la ventilación necesaria por salubridad. Dichas cargas se cuantifican creando un modelo 3D analítico en el programa “CypeCAD MEP”.

Tras acotar las necesidades garantizando el cumplimiento del RITE y DB-HE, se dimensionan los conductos para difusión por mezcla con ayuda del programa “Ducto” de Atecyr y se seleccionan equipos comerciales, elaborando un presupuesto para la ejecución de este proyecto.

1 Introducción

Un sistema de climatización es un conjunto de equipos capaz de producir frío y calor, con el fin de controlar la temperatura, humedad y calidad del aire de un recinto.

Esto es esencial para garantizar las condiciones de salubridad y confort en el interior de los edificios, y por eso la solución debe cumplir ciertas normas que las reglan, garantizando la seguridad de los habitantes y la calidad del ambiente acústico.

Para mantener las condiciones interiores sin elevar demasiado el consumo energético, será fundamental estudiar la envolvente térmica a fin de disminuir el calor disipado en cerramientos: entre otras medidas, una baja “*transmitancia térmica*” U ($W/m^2 \cdot K$), cuyo procedimiento de cálculo se muestra en [Marco teórico: Cálculo de transmitancia térmica](#).

Paralelamente, se debe estimar la generación de calor en el interior del edificio para acotar las necesidades del equipo a seleccionar ([Cargas térmicas](#)), tratando que el [presupuesto](#) de ejecución sea asequible.

He seleccionado este proyecto como trabajo final de grado porque durante la mención de “Frío y Climatización” se realizaron tareas aisladas con algunas simplificaciones, y quería conocer de primera mano cómo sería desarrollar un proyecto enfocado a la ejecución para el sector terciario.

Se han predefinido algunos datos del proyecto, como las superficies y alturas de cada planta y el uso al que se destina cada recinto: el volumen total por climatizar será de 7083 m^3 .

Adicionalmente, se hará un pequeño estudio sobre qué refrigerante resulta más adecuado para esta aplicación, pues la normativa que regula estos fluidos cambia con frecuencia, por lo que será vital escoger adecuadamente para disminuir el impacto y evitar la obsolescencia prematura del equipo seleccionado.

1.1 Normativa sobre fluidos refrigerantes

En los últimos 50 años se ha combatido la contaminación ambiental causada por los gases refrigerantes, marcándose los siguientes hitos:

-Protocolo de Montreal (1989): Limita el potencial de depleción del ozono (ODP).

-Protocolo de Kioto (1997), Enmienda de Kigali (2016): Tienen como objetivo la reducción del Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) de los refrigerantes, suponiendo esta última un calendario para el desuso en países desarrollados y en vías de desarrollo.

-Normativa F-Gas (2015): Establece una desescalada más agresiva que la enmienda de Kigali, estableciendo cuotas y prohibiciones.

En febrero de 2024 se actualizó la normativa sobre gases fluorados, e incluye las siguientes novedades:

Se limitará el uso de fluidos con PCA mayor de 750 a partir de 2027 para aplicaciones industriales; adicionalmente, se pagará impuestos por el gas refrigerante en proporción a su PCA y los kg de este suministrados.

·Clasificación de fluidos refrigerantes:

-HFCs (R410A, R134A, R32...): Sustituyen a los CFCs y HCFCs, con la ventaja de no dañar la capa de ozono y ser poco inflamables; por contra, tienen un PCA muy elevado, siendo el R32 el único admisible por la normativa actual (PCA=675-> 1 kg de R32 contribuye al efecto invernadero en la misma medida que 675 kg de CO₂).

-HFOs (R512a, R1234yf, R1234ze...): Son medianamente inflamables, aunque tienen PCAs muy bajos [PCA del R1234yf=4] y 0 ODP.

Sin embargo, recientemente se ha descubierto que contienen Perfluoroalcoxi (PFA) que es cancerígeno, por lo que el futuro de esta categoría frigorígena es incierto.

Rara vez se utilizan solos, originan una categoría de Refrigerantes Mezcla (HFC+HFO), que aúna seguridad y cierta ecología, sin sacrificar eficiencia.

Un ejemplo es el R454B-> Ligeramente inflamable con PCA=466.

-Refrigerantes Naturales(R717[NH₃], R744[CO₂], R290[Propano]...): Su principal inconveniente es su toxicidad o alta inflamabilidad. Cada refrigerante tiene sus problemas particulares-> CO₂ sólo es útil en calefacción, NH₃ no es miscible con el aceite del compresor y corroe las tuberías de cobre...

2 Objetivos y alcance del trabajo

La meta principal del trabajo es el diseño de un sistema de climatización para un complejo multicines, para la cual serán necesarios los siguientes objetivos:

- Creación de un modelo energético del edificio, teniendo en cuenta entre otros parámetros la geometría del mismo, tratando de simplificar la geometría sin perjudicar la precisión de cálculo.
- Cálculo de transmitancias para la mejora de la envolvente térmica al menor coste.
- Investigación acerca de fluidos refrigerantes y selección del óptimo para esta aplicación.
- Discusión del método de climatización más adecuado en función de los fluidos caloportadores.
- Justificación del cumplimiento de la normativa de aplicación.
- Selección justificada de equipos comerciales.
- Elaboración de un presupuesto para la ejecución del presente proyecto.

El alcance del proyecto será diseñar y documentar una instalación de climatización en un edificio previa construcción, garantizando el cumplimiento del RITE y CTE-HE.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

3 Modelizado del edificio para simulación y cálculo de cargas térmicas

3.1 Emplazamiento

Se emprenderá la documentación relativa a la ubicación del proyecto destacando los parámetros que atañen al cálculo de las cargas térmicas, y se concluirá detallando la parcela donde irá emplazado el proyecto.

Localidad: Benicarló, provincia de Castellón.

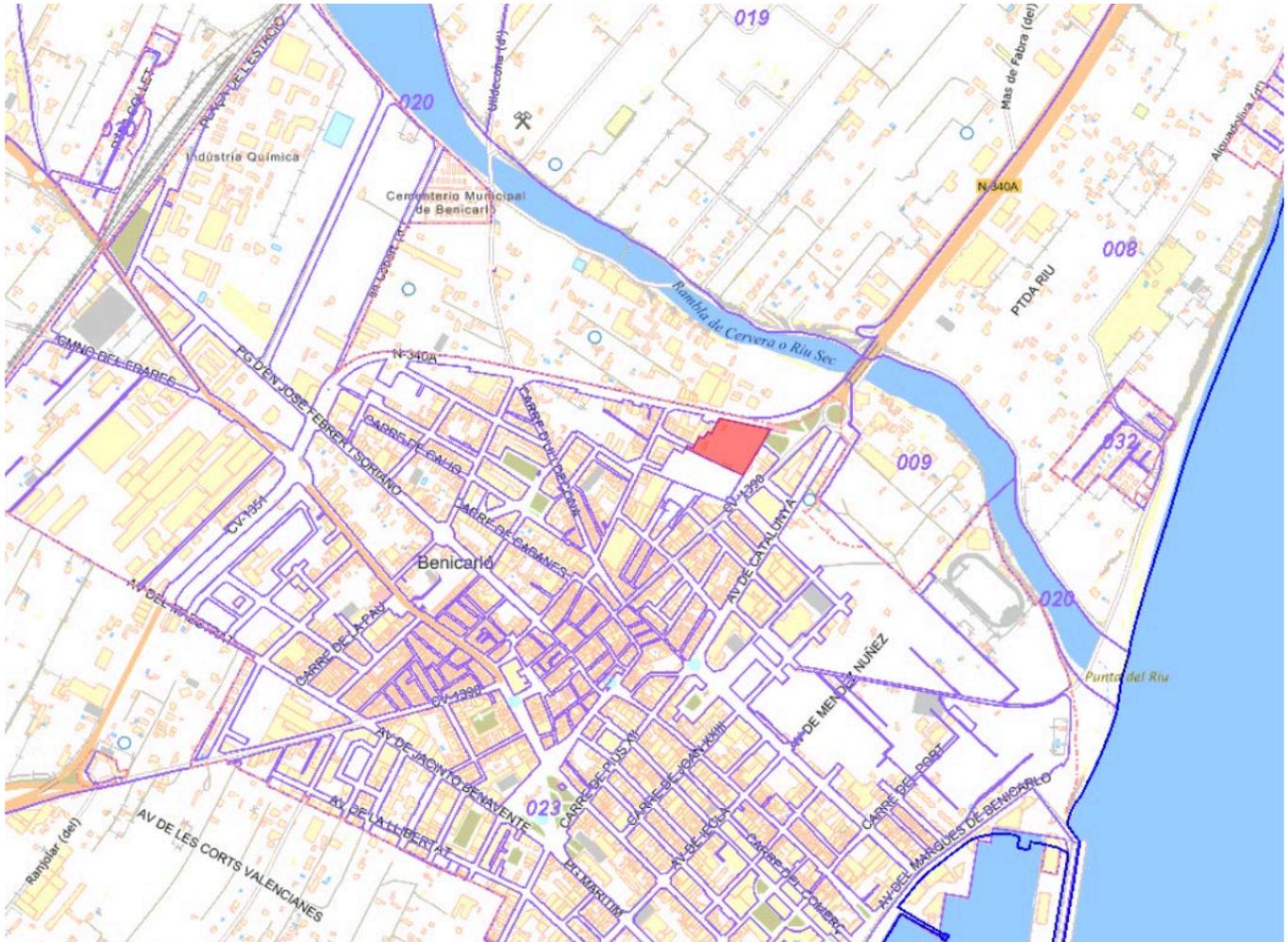
Altitud sobre el nivel del mar: 10 m

Latitud: 40,42 grados

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)															
	50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m
Albacete	C3								D3							
Alicante/Alacant	B4				C3											
Almería	A4		B4		B3				C3							
Araba/Álava	D1															
Asturias	C1	D1														
Ávila	D2											D1				
Badajoz	C4								C3							
Balears, Illes	B3				C3											
Barcelona	C2				D2				D1							
Bizkaia	C1				D1											
Burgos	D1															
Cáceres	C4															
Cádiz	A3			B3				C3				C2				
Cantabria	C1			D1												
Castellón/Castelló	B3		C3								D3					

Ilustración 1: Zona climática de Benicarló. Fuente: CTE DB-HE-Anexo B.



*Ilustración 2: Emplazamiento (sombreado en rojo) con respecto a la localidad de Benicarló-
Extracto del catastro.*

La referencia catastral de la parcela seleccionada es: 1778101BE8717N0001EX.

Su linde con el Norte queda a -27.7° , coincidiendo con la orientación escogida para la futura edificación.

3.2 Estimación de la ocupación

Los datos de entrada serían un número de salas, con sus superficies útiles y distribución.

En base a esos datos, se calcula la ocupación máxima acorde a la normativa contra incendios, que suele ser la más desfavorable, a fin de situarnos en el lado de la seguridad.

Así, para las salas se cuenta con tantas personas como asientos disponibles, y en zonas comunes se realiza el cálculo mediante la densidad de ocupación (personas/m²), según dicta el DB-SI.

Zona	Superficie (m²)	Ocupación (pers.)
Hall	173	85
Distribuidor	163	102
Sala1	356	174
Sala2	274	148
Sala3	114	63
Sala4	182	55
Sala5	178	83
Sala6	157	68
Sala7	154	68

Ilustración 3: Tabla de ocupación y superficie útil para cada recinto.

3.3 Necesidades de ventilación

Por salubridad, es necesario renovar el aire interior de los distintos recintos, dicho caudal mínimo de ventilación se obtiene en función de la calidad interior del aire (IDA) y del aforo máximo de cada sala.

IT 1.1.4.2.1 Generalidades

1. En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.
2. El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

Ilustración 4: Extracto del RITE -Renovación mínima del aire interior.

Tabla A.11 – Caudal de aire exterior por persona

Categoría	Unidad	Caudal de aire exterior por persona			
		Zona de no fumadores		Zona de fumadores	
		Intervalo tipo	Valor por defecto	Intervalo tipo	Valor por defecto
IDA 1	l/s-persona	> 15	20	> 30	40
IDA 2	l/s-persona	10-15	12,5	20-30	25
IDA 3	l/s-persona	6-10	8	12-20	16
IDA 4	l/s-persona	< 6	5	< 12	10

Ilustración 5: Extracto UNE-EN 13779 - Renovación de aire por persona.

En el apartado [Cálculo de la renovación mínima del aire interior](#), se puede consultar los valores de caudal de aire exterior adoptados.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Por último, nos resta añadir filtros para evitar la infiltración de la polución a los locales mediante la climatización, perjudicando eficiencia y salubridad.

El RITE clasifica los filtros que se deben añadir en función de la categoría de aire exterior (ODA), que puede ser desde 1 en un emplazamiento muy poco contaminado hasta 4 en el peor caso.

Benicarló se considera ODA 2 porque, pese a no ser una gran ciudad, sigue siendo una localidad de tamaño considerable, que presentará notables concentraciones de gases contaminantes y partículas.

Tabla 1.4.2.5 Clases de filtración

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF*+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Ilustración 6: Tabla de filtros necesarios. Extracto del RITE.

3.4 Envolverte térmica

Según el CTE, la envolvente térmica es todo aquel elemento constructivo que separe los recintos aclimatados con el exterior, o con los no aclimatados.

El DB-HE1: “Condiciones para el control de la demanda energética”, establece los valores límites de transmitancia admisibles para dichos cerramientos, dependiendo de la zona climática en que se encuentre el edificio.

Se ha ido modificando los espesores de material aislante para cumplir con los parámetros que se especifican en la Ilustración 6, sin asumir un gran sobre coste.

Los huecos en fachada se han considerado como:

-Vidrieras con transmitancia térmica $U=2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ y factor solar $g=0,76$.

-Puertas con transmitancia térmica $U=2,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Se realiza una justificación completa del CTE-HE en [Condiciones térmicas de cálculo y justificación de CTE-HE](#).

3.1.1 Transmitancia de la envolvente térmica

- 1 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:

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

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la <i>envolvente térmica</i> (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

*Los huecos con uso de escaparate en *unidades de uso* con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

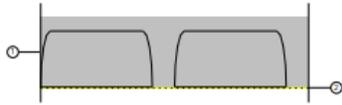
Ilustración 7: Limitación de transmitancia térmica (U) en cerramientos según DB-HE1

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

A continuación se muestran los elementos constructivos introducidos en el programa para la simulación térmica del presente proyecto, incluyendo sus características térmicas:

Solera

Superficie total 1459.12 m²



Listado de capas:

1 - Forjado reticular 20+5 cm (Casetón de EPS mecanizado enrasado) 25 cm

2 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO₂ [0.034 W/[mK]] 0.5 cm

Espesor total: 25.5 cm

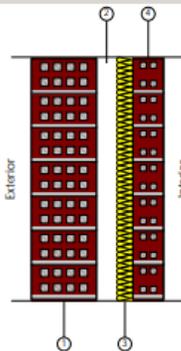
Altura libre: 75 cm

Limitación de demanda energética U_s : 0.32 W/(m²·K)

Ilustración 8: Composición de los forjados entre plantas.

Cerramiento exterior

Superficie total 749.87 m²



Listado de capas:

1 - Sin capa de compresión -Canto 200 mm 16 cm

2 - Cámara de aire sin ventilar 5 cm

3 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO₂ [0.034 W/[mK]] 4 cm

4 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] 7.5 cm

Espesor total: 32.5 cm

Limitación de demanda energética U_m : 0.56 W/(m²·K)

Ilustración 9: Composición de la fachada.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Panel Sandwich

Superficie total 148.44 m²



Listado de capas:

1 - Aluminio aleaciones de	1 cm
2 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]	7.5 cm
3 - Aluminio	2.5 cm

Espesor total: 11 cm

Limitación de demanda energética U_c refrigeración: 0.41 W/(m²·K)

U_c calefacción: 0.43 W/(m²·K)

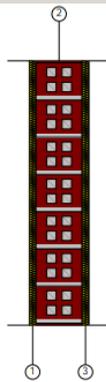
Ilustración 10: Composición de la cubierta.

Al seleccionar los materiales de los tabiques, se ha tenido en cuenta el aislamiento acústico que incluirán las salas, que también añadirá aislamiento térmico al sistema de compartimentación.

Se ha estimado un espesor de 1,5 cm por cara, aunque esto no influirá mayormente puesto que la mayoría de espacios colindantes también están acondicionados.

Panel Acustico

Superficie total 1655.34 m²



Listado de capas:

1 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]	1.5 cm
2 - Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	10.5 cm
3 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]	1.5 cm

Espesor total: 13.5 cm

Limitación de demanda energética U_m: 0.73 W/(m²·K)

Ilustración 11: Composición de la Tabiquería

3.5 Construcción del modelo en CypeCAD MEP

CypeCAD MEP es un programa muy extendido en el ámbito laboral con el que me familiaricé durante mis prácticas en empresa.

Se ha seleccionado este programa alternativamente a otros programas de uso libre por su simplicidad, potencia de cálculo y versatilidad a la hora de introducir/exportar geometrías, pudiendo incluso generar un modelo 3D para la representación de todas las instalaciones que tendrán cabida (Building information Modeling).

Con la geometría dispuesta en los planos (véase [Planos](#)), se procede a simplificar los espacios a climatizar, a fin de facilitar su introducción en el software de cálculo, puesto que la introducción de plantas suele ser con los forjados a una misma cota, y generalmente los programas de cálculo ocasionan problemas al introducir demasiados vértices, por lo que será necesaria una alternativa a las gradas que asemeje su comportamiento de cara al cálculo de cargas térmicas.

Así, se dará la siguiente transformación en perfil de los recintos, manteniendo en todo momento los volúmenes de aire a climatizar de cada espacio acondicionado y las superficies de fachada expuestas a las inclemencias meteorológicas:

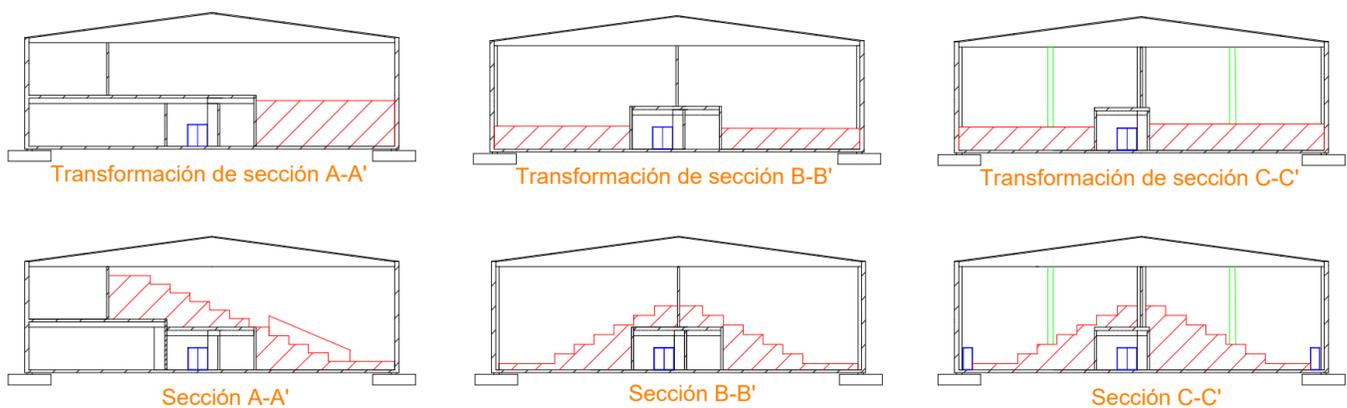


Ilustración 12. Simplificación geométrica: Transformaciones en sección.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

A continuación, se introduce la geometría simplificada en el software “CypeCAD MEP”, especificando las composiciones de los distintos cerramientos y huecos, como puertas y ventanas. (véase [Envolvente térmica](#))

Una vez definida la geometría y sus características térmicas, se selecciona la orientación que tendrá el sistema de referencia del modelo con la real, expresado en grados con respecto al norte, así como el emplazamiento.

Por último, se deberán definir las cargas térmicas internas de los espacios, para lo que se crearán perfiles de uso donde se detalla: ocupación máxima, su porcentaje durante el día, caudal de ventilación y la potencia en concepto de iluminación o equipos.

Este último parámetro solo se contempla en las zonas comunes ya que estarán holgadamente iluminadas y contarán con zona de preparación de aperitivos, por lo que se ha asignado una generación de calor de 20 W/m^2 .

Se muestran previsualizaciones 3D de ambas plantas del complejo multicines:

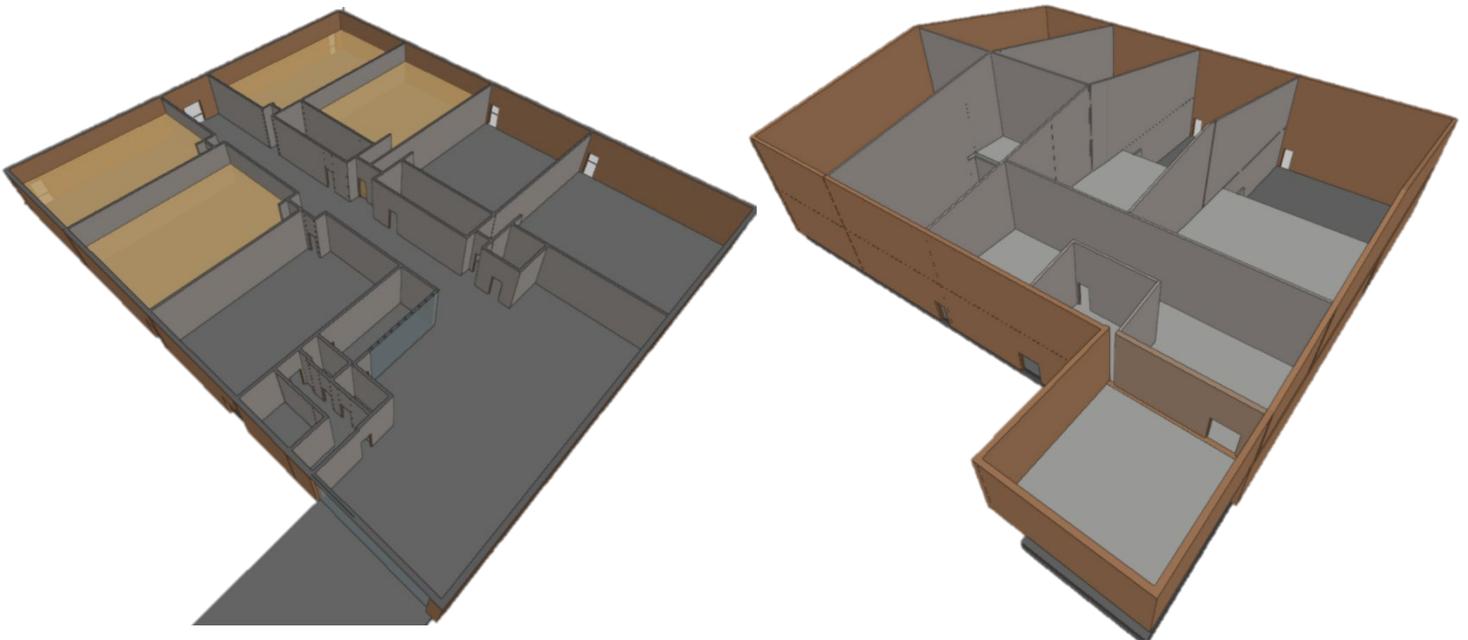


Ilustración 13: Previsualización 3D de planta baja y planta primera con la geometría simplificada.

3.6 Cálculo de cargas térmicas

El objetivo del cálculo de cargas térmicas es determinar la potencia necesaria de los equipos para mantener las condiciones de confort establecidas por el termostato (cargas sensibles) y humidostato (cargas latentes).

Se utilizará la potencia por unidad de superficie (W/m^2) como indicador de resultados coherentes, con unos valores entre los $100-150 W/m^2$ en las condiciones más exigentes. En recintos con mayor superficie de “huecos” (ventanas y puertas) , se darán valores más elevados, como es el caso del Hall.

Solamente se han climatizado aquellos recintos donde habrá ocupación permanente, evitando climatizar zonas de tránsito.

El perfil de ocupación y de ventilación por horas utilizado para el cálculo es el que se muestra:

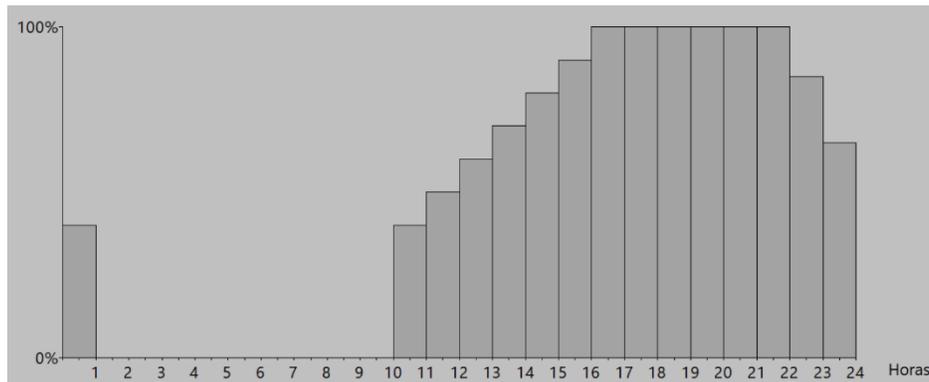


Ilustración 14: Perfil de uso del edificio.

A continuación se muestra un resumen de las cargas máximas en refrigeración y calefacción. El listado completo de cargas térmicas desglosado por conceptos se encuentra en [Condiciones térmicas de cálculo y justificación de CTE-HE](#).

Cargas térmicas					
Zona	Refrig Máx (kW)	Sensible(kW)	Latente(kW)	Ratio W/m2	Calef. Máx (kW)
Hall	28,0	15,2	12,8	162	20,5
Sala1	46,5	17,9	28,6	131	33,1
Sala2	39,8	15,3	24,5	145	27,6
Sala3	16,9	6,6	10,3	148	13,1
Sala4	22,1	8,6	13,5	121	11,2
Sala5	22,0	8,6	13,4	123	16,1
Sala6	18,4	7,2	11,2	117	14,2
Sala7	18,3	7,2	11,1	118	13,9
Total	212,0	86,6	125,4	133	149,7

Ilustración 15: Resumen de cargas térmicas de refrigeración y calefacción.

Se puede observar cómo, en las salas 4 y 5, que tienen idénticas distribuciones y ocupación, la sala 5 presenta mayores cargas de refrigeración al estar más expuesta a la radiación solar debido a su orientación.

Este fenómeno también sucede en la sala 7, la cual presenta mayores exigencias con respecto a la 6.

Dicho fenómeno se acentúa en los meses de invierno (debido al descenso de la altura solar con respecto a la tierra); lo cual no resulta crítico al estar en periodo de calefacción, pero sí empeoraría el confort interior al estar ambas salas atendidas por un mismo equipo; ocasionando mayor temperatura en una de las salas.

Agrupando dichas cargas en los recintos que abarcará cada bomba de calor:

Conjuntos de zonas	Refrigeración (kW)	Calefacción (kW)	Caudal m ³ /h
Salas 1, 2, 4 y 5	152,2	88,0	14070
Sala 3+Hall	53,9	33,6	4265
Salas 6 y 7	44,0	28,1	3920

Ilustración 16: Grupos de recintos que compartirán equipo de generación térmica.

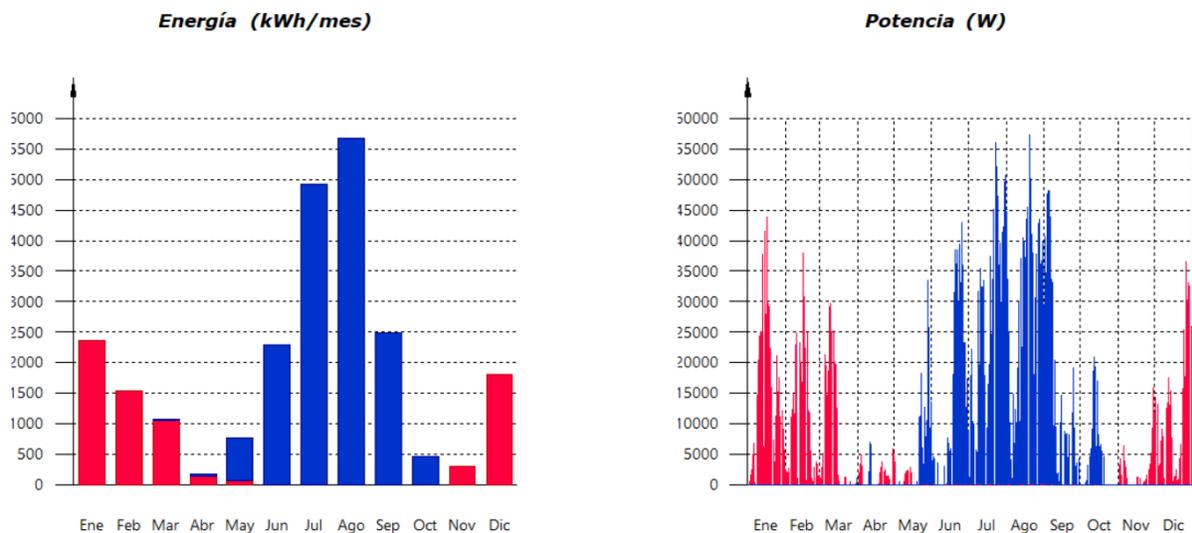


Ilustración 17: Gráfica de potencia instantánea y demanda energética del edificio.

Las cargas de calefacción adquieren menor importancia al no presentar tanta exigencia en esta zona climática, sin embargo cabría destacar que no se detalla la potencia latente al no tener que condensar agua en calefacción, y toda la potencia transmitida se invierte en calentar el aire.

Se detallarán las condiciones a las que se impulsará el aire en ambos casos para suplir dichas cargas en el apartado de [Dimensionado y trazado de los conductos](#).

3.7 Descripción del sistema

A lo largo de esta sección se determinarán las características del sistema de climatización, analizando las ventajas e inconvenientes de las posibles alternativas.

3.7.1 Estudio de alternativas a sistemas de climatización

En este apartado se pretende justificar cuál es la decisión óptima para transportar el frío/calor desde la bomba de calor hasta el local a climatizar; dicho de forma más técnica, estudiaremos los sistemas en función de los fluidos caloportadores teniendo en cuenta la eficiencia del sistema, su fiabilidad y su coste.

3.7.1.1 Bomba de calor todo aire

Este método se basa en el aire como fluido caloportador, por lo que, tanto el condensador como el evaporador disipan su calor mediante este fluido.

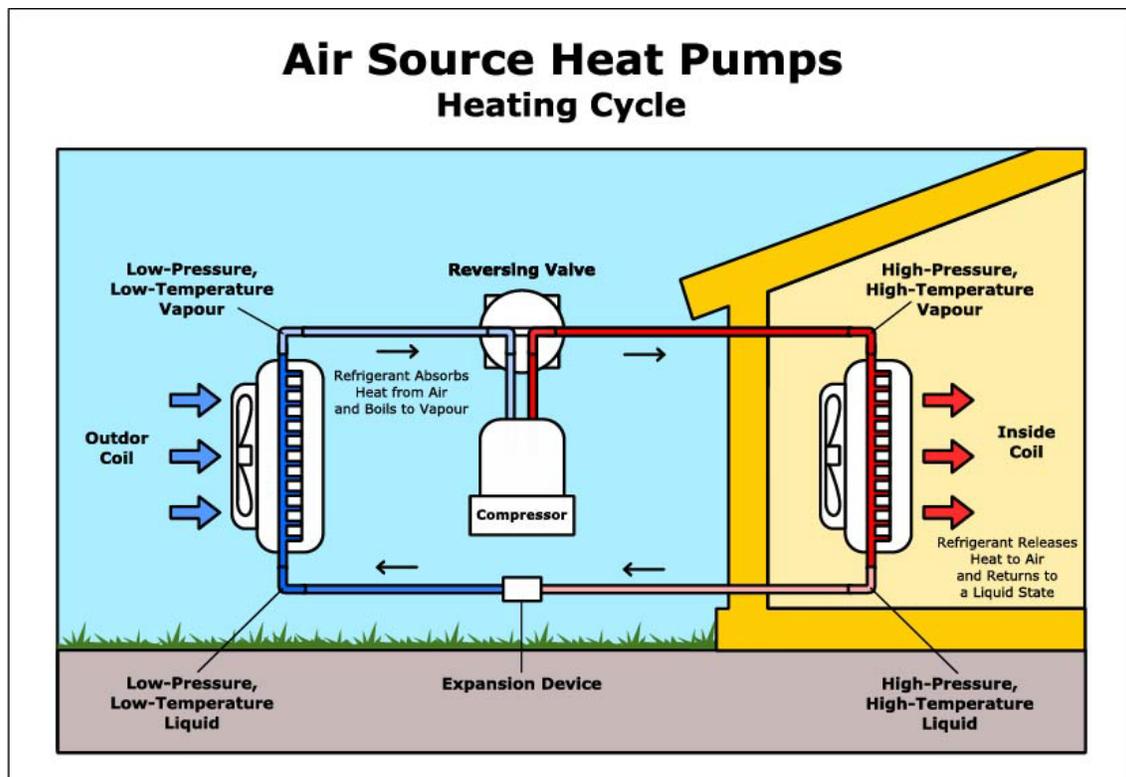


Ilustración 18: Esquema de un sistema todo aire.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

La bomba de calor deberá estar al aire libre o un lugar holgadamente ventilado para no sobrecalentarse y perder eficiencia, y la potencia térmica se transmite a los puntos de consumo mediante conductos de aire, al haber descartado el paso de tuberías de refrigerante (Split) por la inflamabilidad/toxicidad de los fluidos refrigerantes.

El sistema tiene una eficiencia inferior al equipo de aire-agua, pero con la limitación de espacio en falso techo para el paso de conductos de aire, pues se debe limitar la velocidad de paso del aire para no contaminar el ambiente acústico.

La principal ventaja de este método es la baja inversión inicial, además de su fiabilidad, pues en caso de fugas en la conducción, la única consecuencia sería una pérdida de potencia efectiva.

Además, este sistema introducirá directamente el caudal de aire exterior mínimo establecido en el RITE, teniendo que añadir conductos para su introducción en todas las alternativas estudiadas.

3.7.1.2 Bomba de calor aire-agua

A diferencia del anterior, este sistema utiliza agua para transportar la potencia térmica hasta los locales, por lo que tiene una eficiencia ligeramente mayor y se requiere menor espacio en falso techo.

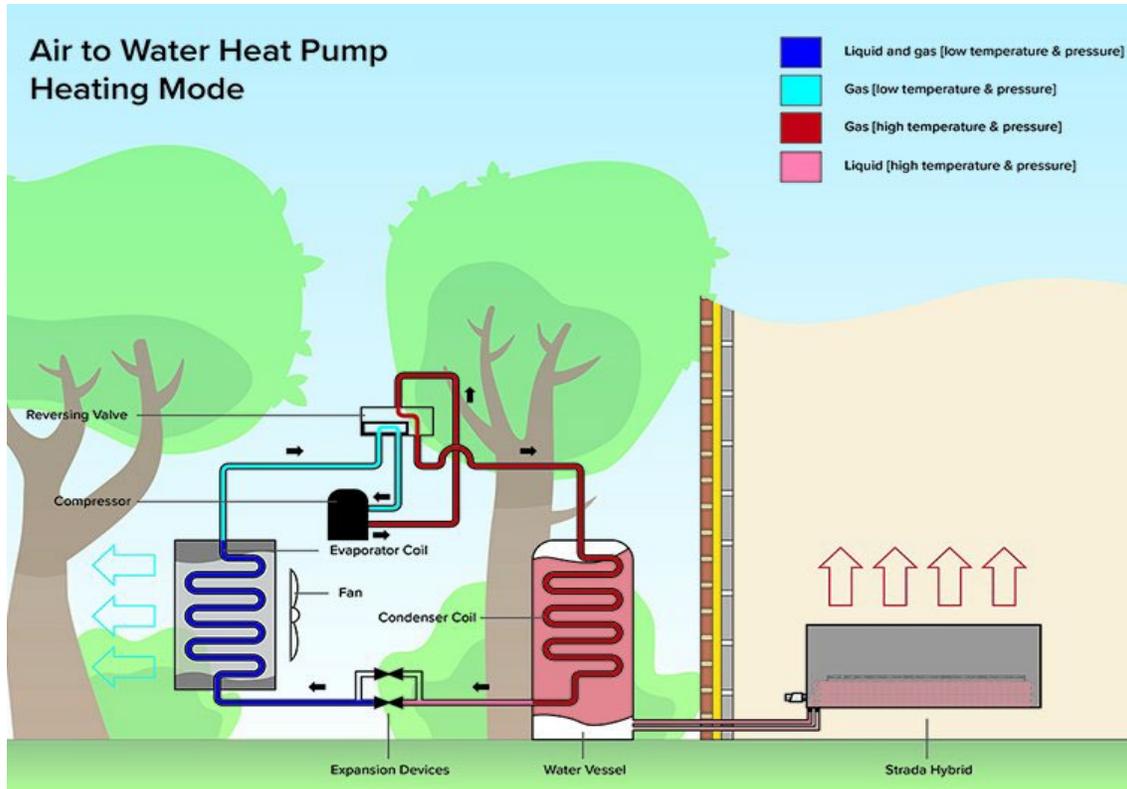


Ilustración 19: Esquema de un sistema aire-agua.

Los problemas derivados de seleccionar este sistema son una mayor inversión inicial y el riesgo de fuga.

3.7.1.3 Bomba de calor agua-agua

En este caso, ambos intercambiadores (condensador y evaporador) disipan su calor a circuitos de agua, lo que consigue un aumento importante de la eficiencia, pero a su vez aumenta la inversión inicial, manteniendo los contratiempos mencionados en el anterior apartado.

Un caso de aplicación interesante podría ser el aprovechamiento de la energía geotérmica, aunque para amortizar la inversión serían necesarias potencias mayores a las requeridas en este caso.

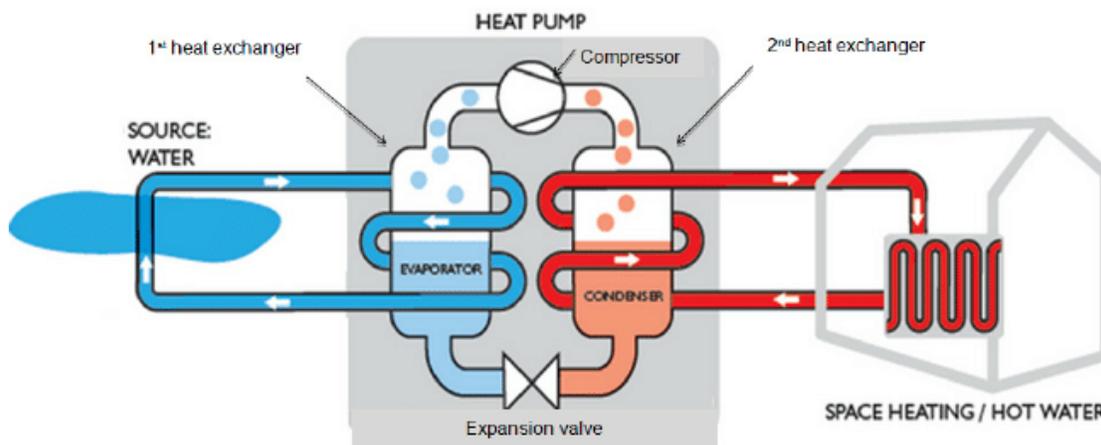


Ilustración 20: Esquema de un sistema todo agua.

3.7.1.4 Solución adoptada

Considerando las ventajas y limitaciones de cada opción presentada, la que mejor se adapta al estudio es un sistema todo aire, pues requiere una inversión mínima, al ser los conductos de aire menos costosos que las tuberías y es más fiable, al evitar la distribución de líquido.

No obstante, todos los sistemas mencionados son susceptibles de presentar condensaciones en refrigeración si la conducción no está correctamente aislada.

Por otro lado, cabría concretar más el problema del espacio en falso techo, pues en este caso no se estudian otras instalaciones más allá de la climatización, pero lo ideal sería realizar un estudio con un modelo "Building Information Modeling" (BIM), desarrollando un modelo 3D con todas las instalaciones y sus redes de distribución, a fin de garantizar si el falso techo puede albergar todas ellas, pues de no ser así se podría optar por un sistema aire-agua, aportando la renovación de aire de forma paralela.

3.7.2 Dimensionado y trazado de los conductos

A la hora de calcular las condiciones del caudal de impulsión, se tiene más de un grado de libertad, al tener que transmitir la potencia de las cargas térmicas al aire: a igualdad de potencia de climatización se puede trasegar bajo caudal con grandes diferencias de temperatura, o un caudal mayor a una temperatura más moderada.

Para minimizar las secciones de conductos, se va a impulsar solamente el caudal mínimo de renovación que exige la normativa por salubridad, verificando si la temperatura de impulsión es razonable, pues de no ser así podría comprometer el confort interior.

$$Q_T[kW] = \dot{m} \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot \Delta h \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

Siendo Q_T : Cargas térmicas totales.

\dot{m} : Gasto másico de aire impulsado.

Δh : Variación de entalpía del aire.

La expresión completa de la potencia térmica queda:

$$Q_T[kW] = \dot{m} \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot \Delta h \left[\frac{kJ}{kg} \right] = Q_{Sen} + Q_{Lat}$$

Donde $h = 1,006T + W(2501 + 1,86 T) \rightarrow$ Considerando aire de densidad $1,2 \text{ kg/m}^3$ y despreciando el calentamiento del vapor de agua, se puede aproximar a:

$$Q_{Lat}[kW] = 3002,4V_E \cdot (W_I - W_E)$$

$$Q_{Sen}[kW] = 1,2V_E \cdot (T_{s,I} - T_{s,E})$$

Siendo:

Q_T ; Q_{Sen} ; Q_{Lat} : Cargas térmicas totales, sensibles y latentes. [kW]

V_E : caudal volumétrico de aire exterior. [m^3/s]

$T_{s,I}$; $T_{s,E}$: Temperatura seca en impulsión y exterior [$^{\circ}\text{C}$]

W_I ; W_E : Humedad absoluta en impulsión y exterior [kg/kg a.s.]

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Sustituyendo datos del diagrama psicrométrico se concluye que sería necesario impulsar a 17,4°C para satisfacer las cargas sensibles, pero enfriar primeramente a 10,1°C para conseguir condensar la humedad sobrante, de modo que el aire de impulsión contrarreste la humedad generada en los locales.

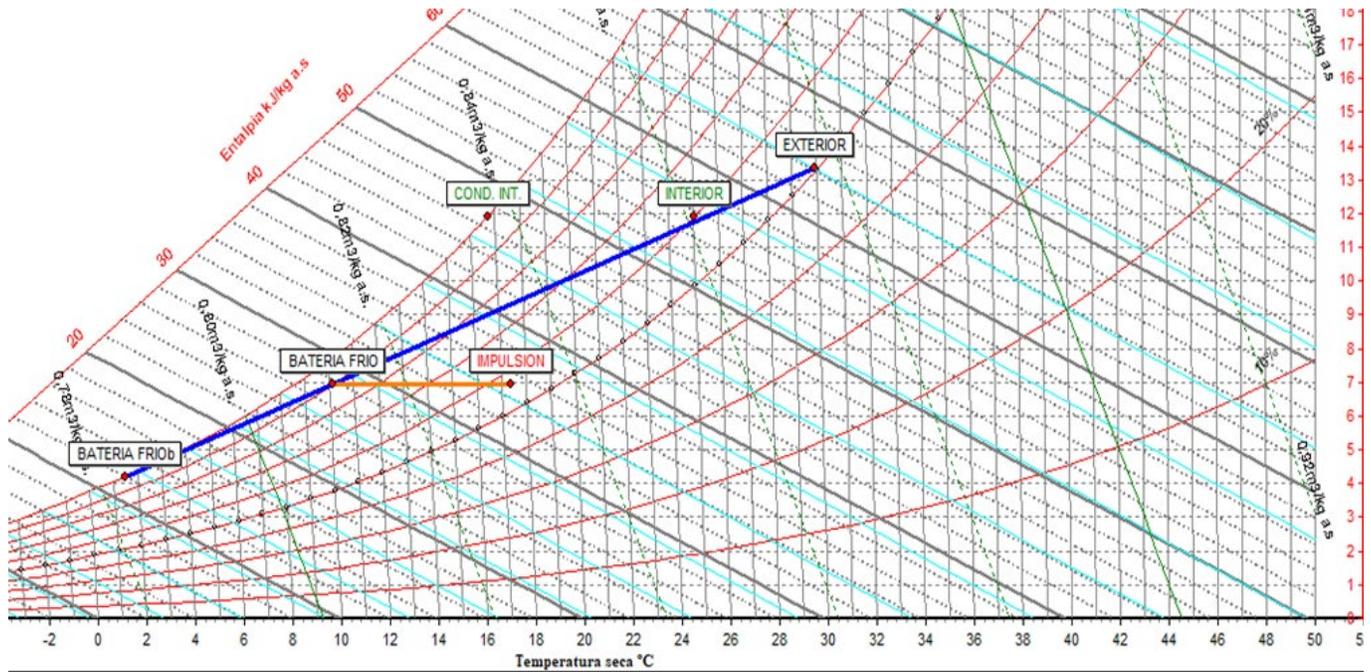
Para ello, se ha considerado una batería de frío con un factor de *bypass* de 0,3 (similar al observado en prácticas de laboratorio):

$$FB = \frac{T_{s,I} - T_{Ib}}{T_{s,E} - T_{Ib}} = \frac{17,355 - T_{Ib}}{29,9 - T_{Ib}} = 0,3$$

De esta última expresión se deduce que la temperatura superficial de la batería de frío debe ser 1,5°C.

Por último, será necesaria una resistencia que aporte 52kW de calor sensible, calentando el aire de 10,1°C a 17,4°C.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines



Indice	Eti.	Corriente	Proceso	m ³ /h	kg/s	Ts(°C)	Fl(%)	W(g/kgas)	h/kJ/kgas	Th(°C)	Tr(°C)	Pv(Pa)	ve(m ³ /kgas)	den(kg/m ³)	mw(kg/h)	Qs(kW)	Ql(kW)	Qt(kW)
1	EXTERI	EXT	corriente	22300	7,0632	29,9	50	13,3	64,2	22,0	18,5	2126	0,8770	1,1555				
2	BATERI		Bateria_FriaC			1,5		4,2		FB=	0,30				-162,386	-142,510	-115,324	-257,833
3	BATERI	EXT	Bateria_FriaC	20634	7,0632	10,1	90	6,9	27,7	9,3	8,6	1119	0,8115	1,2409				
4	IMPULS		Resistencia_Electrica			17,4									52,000	0,000	52,000	
5	IMPULS	EXT	Resistencia_Electrica	21160	7,0632	17,4	56	6,9	35,1	12,4	8,6	1119	0,8322	1,2100				
6	INTERI	--	punto			25,0	60	11,9	55,5	19,5	16,7	1902	0,8608	1,1756				
7	COND.	--	punto			16,7	100	11,9	46,9	16,7	16,7	1902	0,8368	1,2092				

Ilustración 21: Condiciones psicrométricas de impulsión en Refrigeración.

El caudal impulsado en refrigeración será 22300 m³/h de aire exterior, a 17,4°C y 59%HR.

De la tabla se puede observar que la temperatura a la que condensaría el aire del interior del edificio es 16,7 °C, ligeramente por debajo de la temperatura de impulsión, por lo que no habría condensaciones interiores en la descarga del aire frío.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Repitiendo el procedimiento mostrado al inicio del apartado, se calculan las condiciones de impulsión para el caso de calefacción, contando en este caso con aire exterior a 2,5 °C y 90%HR:

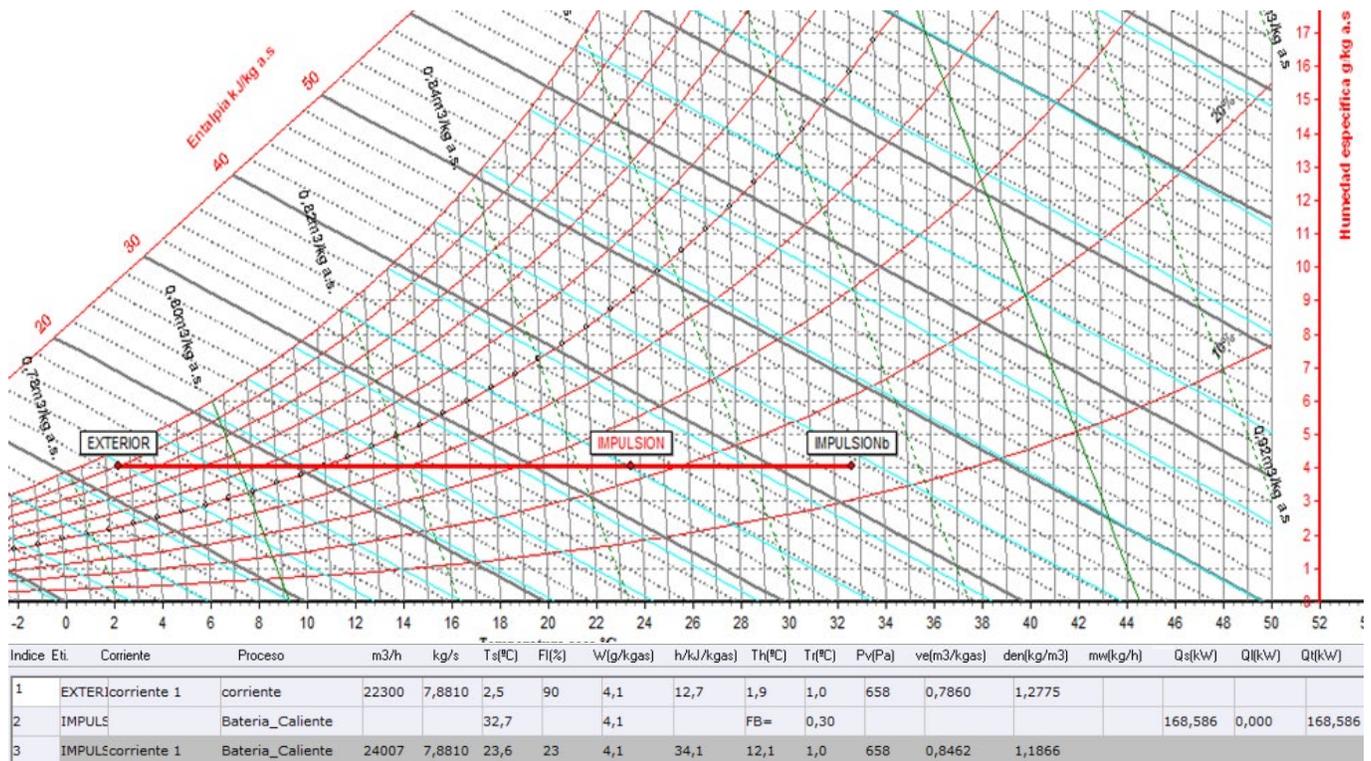


Ilustración 22: Condiciones psicrométricas de impulsión en Calefacción.

El caudal impulsado en calefacción será 22300 m³/h de aire exterior, a 23,6°C y 23%HR.

Dichos valores de temperatura de impulsión son admisibles para el confort, al no diferir más de 10°C con respecto a la temperatura de consigna.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Dichos caudales irán aclimatados y solamente abarcarán las zonas habitables, puesto que en locales húmedos y zonas de paso se forzará un caudal de extracción para garantizar la renovación del aire, pero no contarán con climatización.

Se muestra una ilustración en planta (Planta baja) del edificio desde la interfaz de CypeCAD MEP, donde se observa sombreados en rojo aquellos locales no acondicionados.



Ilustración 23: Recintos acondicionados según se han introducido en CypeCAD MEP.

3.7.2.1 Dimensionado de conductos mediante el software Ducto

En primer lugar, la interfaz de *Ducto* es muy similar a una hoja Excel, se preseleccionan los difusores y rejillas, indicando su caudal y pérdida de carga, se establecen parámetros generales que se muestran a continuación, y tras introducir la geometría, el programa calcula las secciones de conducto y la pérdida de carga necesaria para su equilibrado.

Section	Parameter	Value
Red	Sin dimensionar	[Dropdown]
	Sin ventilador	[Dropdown]
	Equilibrada	[Dropdown]
	Red_vel	[Dropdown]
Construictivos	Material conducto	Chapa galvanizad.
	Redondeo (m)	0.01
	Altura cte (m)	0.4
	espesor (m)	0.001
Generales	Temperatura °C	18
	a.s.n.m (m)	10
	Visor html	Chrome
Ventilador	Rendimientos Ventilador	0.75
	Rendimientos Mecánico	0.95
Economicos	Periodo estudio	15
	Nº años vida instalación	15
	Horas/año funcionamiento	4000
	Coste conducto	33
	Coste ventilador	384
	Coste Energía	0.0789
	Inversión	4

Ilustración 24: Interfaz de parámetros de cálculo del programa Ducto

Se ha seleccionado el método "reducción de velocidad", puesto que al inicio de la impulsión no existen problemas de ruido, pero sí hay un problema de espacio, consiguiendo con este método de cálculo unas secciones de conductos más comedidas antes de las primeras ramificaciones, sin afectar posteriormente a la acústica de las salas.

Los conductos serán de chapa galvanizada, de altura máxima 0,4m para poder instalarse en falso techo.

Se ha añadido adicionalmente la temperatura del aire a trasegar y la altura sobre el nivel del mar.

En cuanto a parámetros económicos y de coste energético, se han utilizado los valores por defecto del programa.

Inicialmente no se añadirá más ventiladores que los incorporados por la unidad *Rooftop*, cuyos datos de presión en función del caudal impulsado no se disponen, y no se han podido obtener contactando al fabricante.

No obstante, se estimará en base a datos del catálogo si fuera necesaria la implementación de un ventilador de refuerzo.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Una vez introducida la geometría, el programa dimensiona los conductos con la correspondiente pérdida de carga de cada difusor para el equilibrado de la instalación.

Tramos		Accesorios en el tramo										Derivaciones						
Común	Princ	Deriv1	Difusor	Lreal(m)	Lequ (m)	v.max	N	accesorio	V1	V2	N	accesorio	V1	V2	N	tipo unión	V1	V2
I1	I4	I2'		9	0	15	2	Codo_radio_uniforme.	45	1	0				1	Conducida_con_codo.		
I2'	I4'	I7'		4.5	0	6	0				0				1	Cola_milano.		
I4'	I5'	I4.1'		7.5	0	6	1	Codo_radio_uniforme.	90	1	0				1	No_conducida_AC=AD+AP.	90	
I4.1'			D1	0.1	0	3	0				0				0			
I5'	I6'	I5.1'		4.5	0	6	0				0				1	No_conducida_AC=AD+AP.	90	

Ilustración 25: Interfaz de introducción geométrica del programa Ducto.

Estos datos se detallarán en el anejo de [Planos](#).

Posteriormente se calcula el aislamiento necesario en la conducción para limitar el calor disipado en la distribución, que según el RITE, no debe superar el 4% de la potencia térmica trasegada.

Se va a recurrir a la guía técnica del IDAE “Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos” para simplificar el cálculo de los coeficientes de convección:

I.3 Tuberías (coeficiente de convección exterior con aire)

I.3.1 Interior de edificios

I.3.1.3 Caso de conductos de aire

En este caso existen dos superficies planas verticales y dos horizontales, siendo de dimensiones relativas variables en función de la relación altura/anchura y su régimen de circulación. Una vez ponderados dichos coeficientes, en la práctica se toma el valor medio que se expresa a continuación.

Donde:

H es la anchura del conducto (m)
 ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire (°C)

- $H^3 \Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ régimen laminar

$$h_{conv} = 1,174 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad [\text{A.I.12}]$$

I.4 Tuberías (coeficiente de convección interior)

I.4.2 Con aire (caso de conductos)

En la práctica siempre estaremos en régimen turbulento (la presencia de un ventilador de circulación y velocidades del orden de 6m/s así lo imponen).

$$h_{conv} = (3,76 - 0,00497 T) \frac{v^{0,8}}{D^{0,2}} \quad [\text{A.I.16}]$$

Donde:

D es el diámetro interior de la tubería (m) (o diámetro hidráulico en caso de conducto rectangular $D_h = 2 \text{ anchura} \times \text{altura} / (\text{anchura} + \text{altura})$)
 v es la velocidad del aire (m/s)
 T es la temperatura en °C

Expresión de ASHRAE Fundamentals 2005

I.3.2 Exterior de edificios

I.3.2.1 Verticales y Horizontales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro vD .

Donde:

D es el diámetro exterior de la tubería (m)
 v es la velocidad del aire (m/s)

- $vD \leq 0,00855 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen laminar

$$h_{conv} = \frac{0,0081}{D} + 3,14 \sqrt{\frac{v}{D}} \quad [\text{A.1.13}]$$

- $vD > 0,00855 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen turbulento

$$h_{conv} = 8,9 \frac{v^{0,9}}{D^{0,1}} \quad [\text{A.1.14}]$$

Para el caso de un conducto rectangular, su diámetro equivalente:

$$D_{eq} = \frac{4A}{P} = \frac{4 \cdot (a \cdot b)}{2 \cdot (a + b)}$$

Siendo a y b la altura y base en milímetros (respectivamente) del rectángulo.

Se va a registrar en un fichero excel el cálculo del calor transmitido en cada pared de conducto para determinar el mínimo espesor de aislante en cada tramo, obviando la resistencia térmica de la chapa galvanizada de 1mm de espesor.

Como se puede comprobar en [Cálculo del espesor de aislante](#), tras el cálculo utilizando Lana mineral ($\lambda=0,038 \text{ W/mK}$) se han determinado 15mm de espesor en el conducto expuesto a la intemperie, y 8mm en tramos interiores, de modo que escapan 7056W de potencia térmica en total, siendo el límite 7552W aplicando la normativa del RITE.

Como condición de diseño para cuantificar la resistencia de convección exterior, se ha establecido la velocidad del viento promedio en la zona, sabiendo que en la realidad este valor será menos frecuente al encontrarse los conductos rodeados por paredes.

3.7.3 Selección de componentes y equipos comerciales

3.7.3.1 Equipo generador de potencia térmica y selección del fluido refrigerante.

En el apartado [Estudio de alternativas a sistemas de climatización](#), se ha estudiado de forma general los distintos tipos de sistema de climatización existentes, pues ahondando en cada tipo de sistema existen multitud de opciones, con matices que las diferencian.

En este caso, la solución adoptada es una [Bomba de calor todo aire](#), por reducción de costes iniciales y de mantenimiento. Comercialmente se suele llamar “Rooftop” al tipo de unidades exteriores compactas que aúnan la utilidad de una bomba de calor con una unidad de tratamiento de aire.

El aparato seleccionado será una bomba de calor reversible, con posibilidad de “free-cooling” y recuperación de calor, como es exigido por el RITE para este rango de potencias.

Se ha tratado de buscar una máquina lo menos contaminante posible para evitar su obsolescencia prematura con la actualización de la normativa F-Gas, aunque en la práctica, no se ha encontrado ninguna casa comercial que ofrezca una máquina aire-aire con un refrigerante natural bajo en PCA, como podría ser el R290.

Solamente se ofertan en equipos aire-agua, pues parece haber incompatibilidades entre la baja capacidad caloportadora del aire y estos refrigerantes naturales.

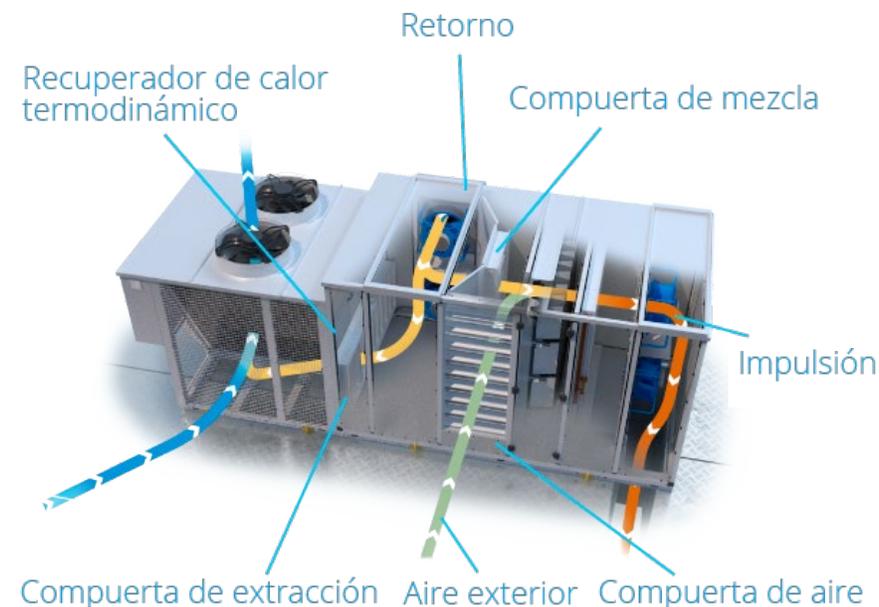


Ilustración 26: Ejemplo de unidad compacta Rooftop similar a la escogida.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Se han tomado datos de equipos comerciales para comparar rendimientos y sus impactos ambientales.

Ilustración 27: Datos de equipos de potencias similares operando con distintos refrigerantes.

Refrigerantes	R410A	R32	R454B	R290 (Propano)
EER	3	2,7	3,2	3
Carga de Refrigerante(kg)	43	31	51	16
PCA	2088	675	466	3,3
Inflamabilidad	A1	A2L	A2L	A3
kg CO2eq Instalación	89784	20925	23766	52,8

Los kg equivalentes de CO₂ en la instalación (PCA · Carga de refrigerante) ofrece un valor que permite comparar el impacto en materia de efecto invernadero de cada equipo si todo su refrigerante se fugara.

Cabe destacar que el impacto ambiental del fluido refrigerante de cara a la normativa F-Gas se realiza con el método TEWI (Total Environmental Warehouse Impact), el cual registra el consumo energético de los sistemas, por lo que la eficiencia energética del R454B termina compensando la mayor contaminación en caso de fugas.

Se ha optado finalmente por el R454B por las limitaciones anteriormente descritas, pues al tener una mejor eficiencia energética acaba superando al R32 en el indicador TEWI.

No obstante, el precio de la carga del refrigerante en el sistema podría llegar a marcar una diferencia entre ambos refrigerantes, siendo más interesante el R454B a largo plazo al amortizarse con sus menores consumos.

No ha sido posible asignar un equipo a cada sala debido al reducido espacio en la sala de máquinas, esta configuración sería deseable por la libertad de configuración y adaptabilidad frente a averías.

Se ha optado por disponer 3 máquinas capaces de vencer las cargas mayoradas en un 20%:

- Rooftop de 45 kW para las salas 6 y 7.
- Unidad de 58 kW que irrigará el Hall y la sala 3(Multiusos).
- Equipo de 160 kW que suministrará a las salas 1, 2, 4 y 5.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

En la siguiente página se muestra una imagen de los equipos, así como sus especificaciones técnicas de mayor relevancia.



Models 100 to 170

Ilustración 30: Modelo Carrier 50FC 160 seleccionado.



Ilustración 29: Modelos Carrier 50FC 045 y 058 seleccionados.

50FC	020	028	037	040	045	047	052	058	062	
Potencias refrigeración										
Potencia frigorífica (1)	kW	22,6	28,2	34,0	36,5	42,2	44,6	53,9	58,6	61,2
Potencia absorbida (3)	kW	6,95	8,92	10,1	11,4	13,1	13,9	16,4	18,3	19,2
Rendimiento EER		3,25	3,16	3,36	3,19	3,23	3,21	3,28	3,21	3,18
SEER		5,07	5,07	4,75	4,59	4,49	4,49	4,94	4,96	5,01
ηs		200%	200%	187%	181%	177%	177%	194%	195%	198%
Potencias calefacción										
Potencia calorífica (2)	kW	22,1	28,0	33,3	35,9	41,8	44,6	51,2	56,3	59,1
Potencia absorbida (3)	kW	5,73	7,87	8,90	9,76	11,7	12,7	14,2	15,8	16,6
Rendimiento COP		3,86	3,56	3,74	3,68	3,57	3,50	3,60	3,57	3,56
SCOP		3,60	3,55	3,54	3,56	3,59	3,58	3,65	3,80	3,56
ηs		141%	139%	139%	139%	141%	140%	143%	149%	139%
Ventilador circuito exterior										
Axial electrónico										
Caudal aire nominal	m³/h	9.000	14.500	17.000	17.000	17.000	17.750	31.000	31.000	31.000
Presión estática disp.	mm.c.a.	5								
Número / Diámetro	mm	1 / 630		1 / 800						
Grado de protección		IP54				IP55				
Velocidad máxima	r.p.m.	1.140		1.020						
Potencia motor	kW	0,9		2,6						
Intensidad máx. absorbida	A	1,6		3,9						
Ventilador impulsión circ. interior										
Plug-fan electrónico										
Caudal aire nominal	m³/h	5.100	6.500	8.500	8.750	9.000	9.000	12.000	12.500	12.500
Presión estática disp.	mm.c.a.	12	12	12	15	15	15	20	20	20
Número / Diámetro	mm	1 / 500		1 / 500				2 / 500		
Velocidad	r.p.m.	1.800		1.855				1.800		
Potencia motor	kW	1 x 3,1		1 x 3,1				2 x 3,1		
Intensidad máx. absorbida	A	4,7		4,8				9,4		

50FC	100	110	120	130	145	160	
Cooling capacities							
Cooling capacity (1)	kW	97,7	107	116	126	141	155
Power input (3)	kW	30,2	34,2	37,8	40,0	45,8	52,4
EER performance		3,24	3,13	3,07	3,15	3,08	2,96
SEER		4,91	4,79	4,69	4,91	4,76	4,71
ηs		193%	188%	185%	193%	187%	185%
Heating capacities							
Heating capacity (2)	kW	97,2	107	118	127	144	158
Power input (3)	kW	26,6	29,9	33,9	34,8	40,1	45,4
COP performance		3,66	3,58	3,48	3,65	3,59	3,48
SCOP		3,53	3,53	3,51	3,51	3,49	3,44
ηs		138%	138%	137%	137%	137%	135%
Outdoor circuit fan							
Electronic							
Nominal air flow	m³/h	44.000	44.000	44.000	58.000	58.000	64.000
Available static pressure	mm.w.c	5					
Number / Diameter	mm	2 / 800		2 / 910			
Maximum speed	r.p.m.	1.100		1.070			
Motor output	kW	2 x 3,0		2 x 3,3			
Maximum absorbed current	A	2 x 4,6		2 x 5,0			
Indoor circuit supply fan							
Electronic plug-fan (
Nominal air flow	m³/h	18.000	19.800	21.600	23.400	26.100	28.800
Nominal avail. static pressure	mm.w.c	25	25	25	30	35	35
Minimum air flow	m³/h	10.800					
Maximum air flow	m³/h	25.920		36.720			
Number / Diameter	mm	3 / 500			4 / 500		
Speed	r.p.m.	1.800					
Motor output	kW	3 x 3,1		4 x 3,1			
Maximum absorbed current	A	3 x 4,7		4 x 4,7			

Ilustración 28: Especificaciones técnicas de las Rooftop con bomba de calor reversible (todo aire) escogidas

3.7.3.2 Difusores, rejillas y ventiladores

El local con mayor anchura cuenta con 12m, por lo que se ha decidido emplear multitoberas de la marca “TROX” de largo alcance para conseguir que la “vena” de aire llegue adecuadamente, tratando de disminuir al máximo el gradiente térmico dentro de la sala.

Por este mismo motivo, se escogerá el modelo orientable para mayor posibilidad de adaptación, puesto que en algunos tramos no se ha podido distribuir las toberas uniformemente dentro de la sala. Asimismo, se ha establecido la premisa de que haya difusores aproximadamente cada 3 metros, minimizando de esta forma distribuciones de temperatura indeseadas.

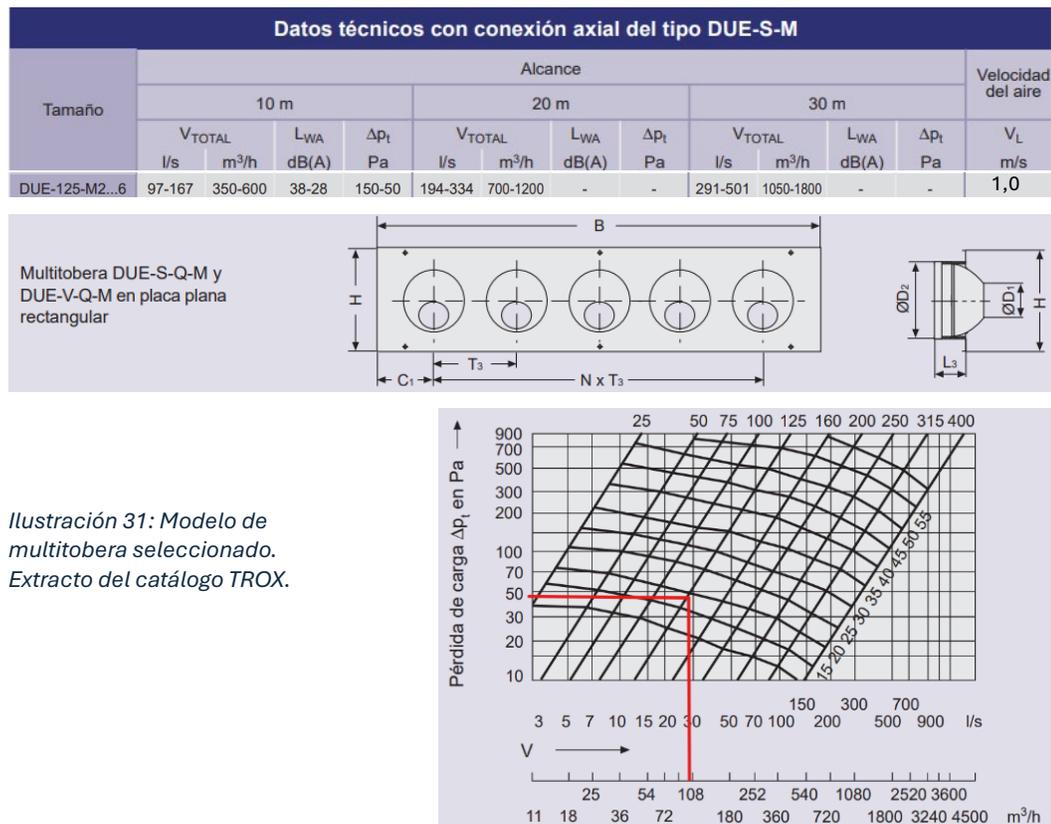


Ilustración 31: Modelo de multitobera seleccionado. Extracto del catálogo TROX.

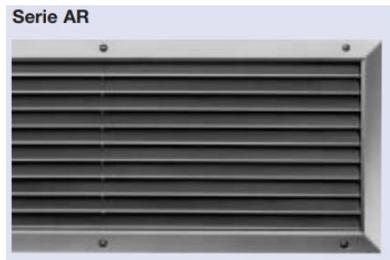
Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

El caudal trasegado por cada unidad terminal en las salas será próximo al límite superior indicado por el fabricante, pues el cálculo de toda la instalación (incluido el caudal de ventilación) se está realizando para las condiciones más críticas.

Posteriormente, un sistema de control adaptará la potencia térmica y el caudal según las cargas reales en cada instante.

Cada difusor y rejilla conducirán 600 m³/h en las condiciones de máxima exigencia

Asimismo, se ha dimensionado las rejillas de extracción primando que el aire no supere los 2 m/s.



Sección efectiva de salida del aire

L x H en mm	A _{eff} en m ²	
	AR	AE
225 x 125	0,006	0,017
325	0,009	0,026
425	0,012	0,035
525	0,015	0,043
625	0,018	0,052
825	0,024	0,070
1025	0,030	0,087
1225	0,036	0,104
325 x 225	0,020	0,053
425	0,027	0,070
525	0,033	0,088
625	0,040	0,106
825	0,053	0,141
1025	0,067	0,177
1225	0,080	0,212

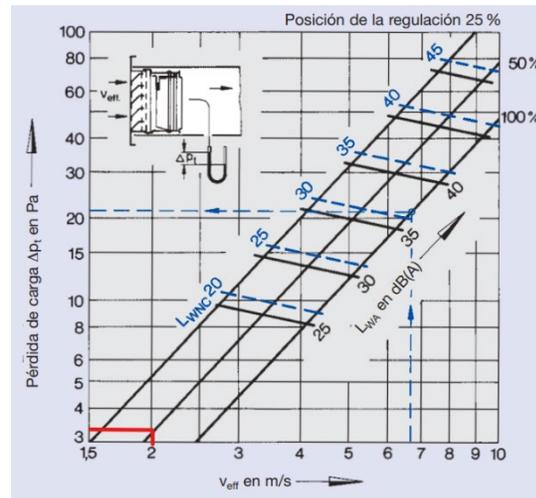


Ilustración 32: Modelo de rejilla de retorno seleccionado. Extracto del catálogo TROX.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

En cuanto al ventilador, se debe garantizar que el punto de funcionamiento (intersección entre curvas motriz del ventilador y resistente de la instalación) suministre el caudal y presión establecidos.

El fabricante de la Rooftop de mayor potencia asegura que el ventilador es capaz de suministrar 343 pascales de presión a un caudal de 28800 m³/h, por lo que podrá suministrar los 320 Pa y 13260 m³/h necesarios holgadamente.

Será necesario variar la velocidad de giro del ventilador para adaptarla al caudal necesario una vez instalado el sistema, aunque no se pretende ahondar en este asunto.

Para los otros dos equipos, la ficha técnica sólo ofrece un punto de funcionamiento a mayor caudal pero menor presión que la requerida, por lo que se ha optado por seleccionar un ventilador de impulsión que se incluirá en el presupuesto.

Serie IRAB-N/IRAT-N



Ilustración 34: Ventilador Soler-Palau para la red de 45 y 58 kW

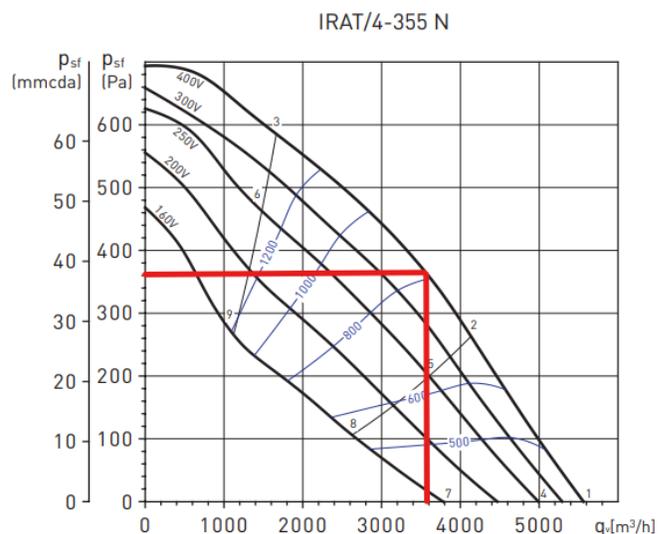


Ilustración 33: Curva motriz del ventilador para la red de 45 kW

Esta red asociada a la Rooftop de 45kW requerirá de 3600 m³/h y 349,3 Pa; mientras que en la curva motriz que suministra el fabricante, se puede comprobar que el ventilador ofrece 360 pascales a este mismo caudal.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

De igual forma se procederá con la red de 58 kW, que requiere 4200 m³/h y 308,8 Pa.

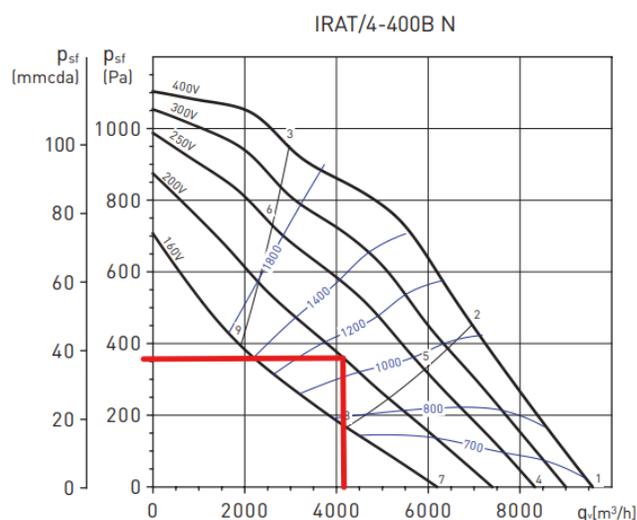


Ilustración 35: Curva motriz del ventilador para la red de 58 kW.

Se ha seleccionado otro tamaño del modelo anteriormente mostrado, cuyo punto de funcionamiento ofrece 4200 m³/h y 350 pascales.

Para suplir la renovación de aire en aseos, se ha seleccionado dos tamaños de bocas de ventilación de un mismo modelo de la casa TROX, cuyos caudales deben ser 30 y 55 m³/h, respectivamente.

Para impulsar dicho caudal de extracción, se colocará un ventilador acoplado al conducto.

Todas las redes de conductos deberán estar equilibradas, introduciendo las pérdidas de carga en cada unidad terminal (difusores/rejillas) que figuran en los planos. Se ha seleccionado estas unidades con compuertas de regulación a este efecto.

En cuanto a los conductos, no se ha seleccionado ninguna casa comercial en concreto, sino que se ha sobredimensionado las secciones atendiendo a las disponibles en el Instituto valenciano de la edificación (IVE).



- ① Boca de ventilación
- ② Carcasa

- ③ Travesaño
- ④ Vástago roscado con tuerca de bloqueo

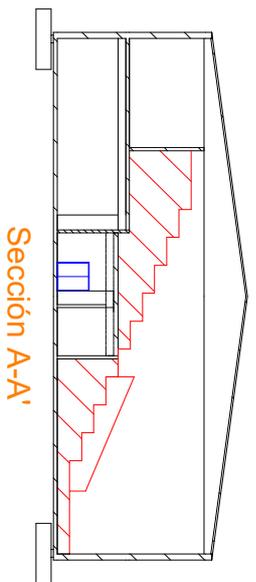
LVS/100, LVS/125, potencia sonora y pérdida total de carga

Tamaño	V̇ l/s	V̇ m ³ /h	Hueco en anchura					
			5 mm		0 mm		-5 mm	
			Δp _t Pa	L _{WA} dB(A)	Δp _t Pa	L _{WA} dB(A)	Δp _t Pa	L _{WA} dB(A)
100	10	36	8	<15	14	<15	30	16
	15	54	19	<15	32	19	67	26
	20	72	33	22	56	27	119	33
	25	90	52	28	88	32	186	39
125	15	54	9	<15	13	<15	22	<15
	20	72	15	<15	23	<15	40	19
	25	90	24	<15	36	18	62	24
	30	108	35	18	52	23	90	29

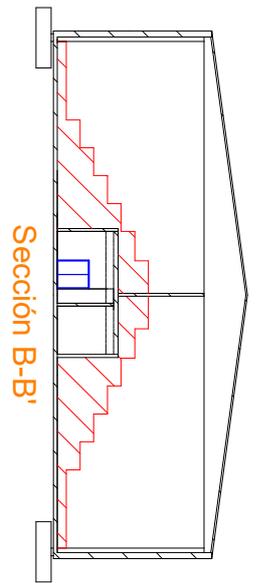
4 Planos

A continuación se adjuntan los ficheros PDF relativos a:

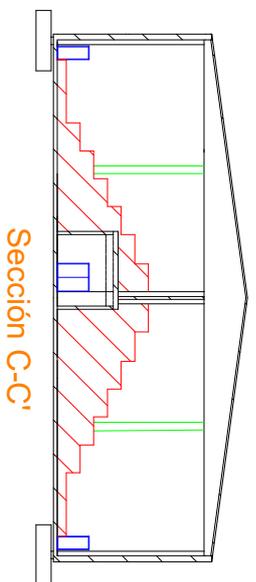
- Plano de distribución, uso y geometría de los recintos.
- Plano de la instalación de climatización con sistema todo aire.



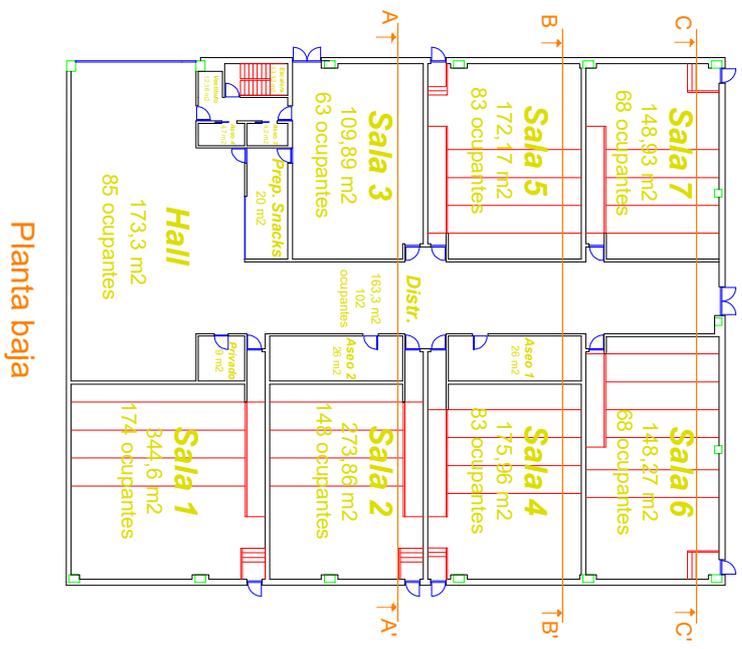
Sección A-A'



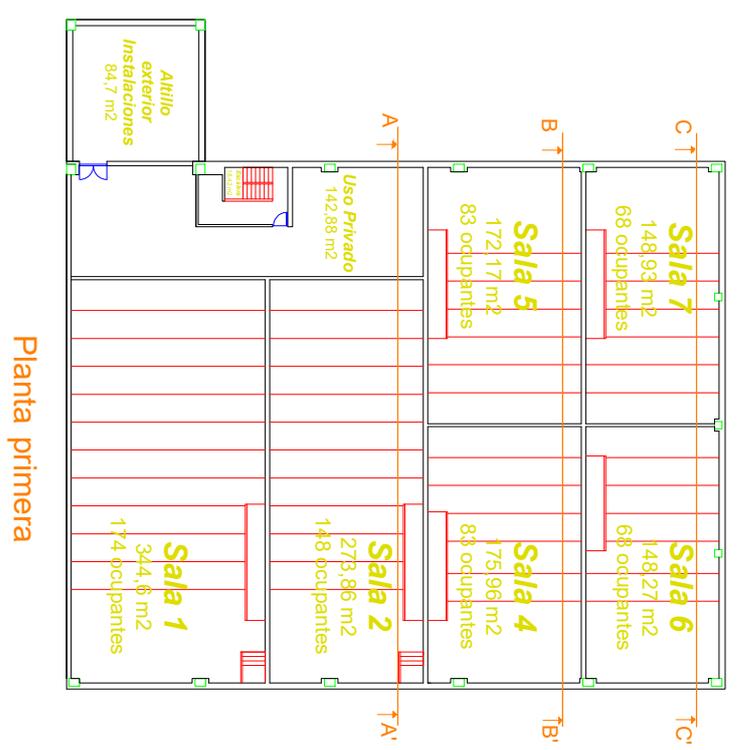
Sección B-B'



Sección C-C'



Planta baja



Planta primera

Legenda Distribución:
Tipos de trazo



Proyector:
Multicines Benicarló

Autor:
Gustavo Soria

Plano:
Distribución plantas

Nº
1/2

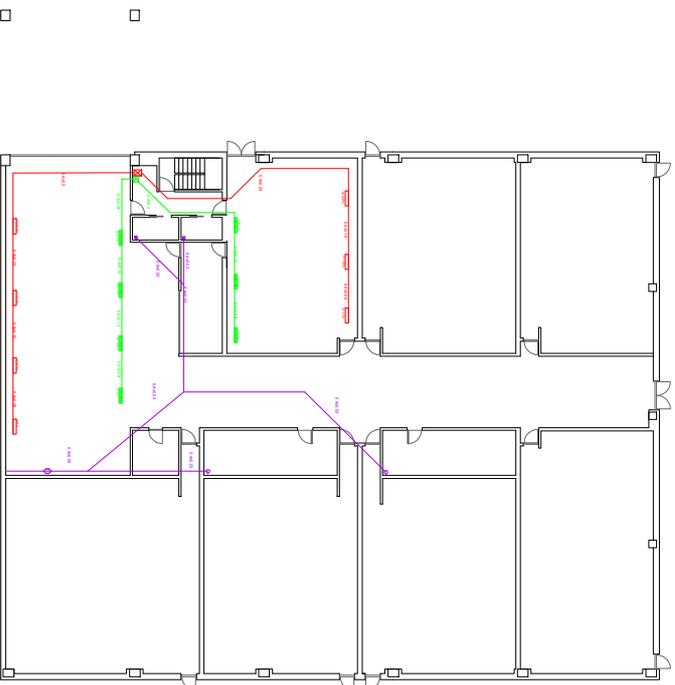
Escala: 1/500

Fecha: 14/05/2024
Sust. ar:
Sust. por:

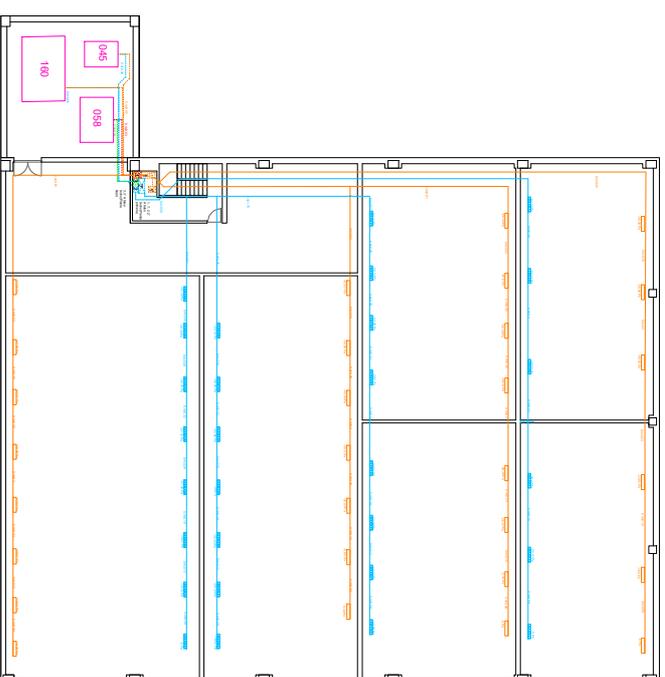
L.T.I. Colegiado n.º:

	Impulsión/retorno (nivel falso techo)
	Impulsión/retorno (nivel suelo)
	Multitebra TROX DUE-V-Q-6/125
	Rejilla TROX AE-1225x225mm
	Rooflap Alu-Adv e Carrier 50 FC...
	Ventilador de extracción
	Bocas extracción tamaño 100 y 125
	Impulsión en planta primera
	Retorno en planta primera
	Retorno en planta baja
	Medidas en mm

Leyenda Instalaciones: Tipos de trazo



Instalaciones planta baja



Instalaciones planta primera

Proyecto:	Multicines Benicarló		Escala:	1/500
Autor:	Gustavo Soria	Plano:	Red de conductos	
	L.T.I. Colegiado n.º:		N.º	212
			Fecha:	14/05/2024
			Sust. a:	
			Sust. por:	

5 Presupuesto

Se ha utilizado el método de precios descompuestos, realizando partidas en concepto de las distintas máquinas a instalar, secciones de conducto y unidades terminales.

Las partidas incluyen el transporte e instalación completa; los precios elementales se han tomado del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), el cual dispone de una detallada base de datos de precios (promedio, sin detallar casas comerciales).

Se ha podido distinguir los precios en función de la provincia en que se ejecute el proyecto, como es Castellón en este caso.

En secciones de aislante falta más detalle, pues solo hay información sobre el metro cuadrado de lana mineral con espesor 25mm, por lo que se ha mayorado el espesor a este valor, mientras que en un caso real se podría haber solicitado precio para el m² del espesor necesario y calcular así un presupuesto más ajustado.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Los precios elementales detallan por separado el precio unitario de los materiales y la mano de obra:

Precios elementales			
Materiales			
Ref.	uds.	Nombre	Precio (€)
m1	u	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 40kW c/free cool.	11742,62
m2	u	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 52kW c/free cool.	15585,02
m3	u	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 145kW c/free cool.	37929,38
m4	m	Conducto chapa 0,4x1,8m aislado con 25mm de lana mineral	94,41
m5	m	Conducto chapa 0,4x1,1m aislado con 25mm de lana mineral	85,06
m6	m	Conducto chapa 0,4x1m aislado con 25mm de lana mineral	75,72
m7	m	Conducto chapa 0,4x0,7m aislado con 25mm de lana mineral	57,03
m8	m	Conducto chapa 0,4x0,6m aislado con 25mm de lana mineral	52,36
m9	m	Conducto chapa 0,4x0,5m aislado con 25mm de lana mineral	47,69
m10	m	Conducto chapa 0,4x0,4m aislado con 25mm de lana mineral	43,02
m11	m	Conducto chapa 0,4x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	38,34
m12	m	Conducto chapa 0,3x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	31,3
m13	m	Conducto chapa 0,25x0,15m aislado con 25mm de lana mineral	24,33
m14	u	Multitobera 600m ³ /h, formada por 6 toberas para conducto rectangular	635,12
m15	u	Rejilla retorno 1,225x0,225m para conducto rectangular	157
m16	u	Ventilador extracción para conducto 250m ³ /h	109,15
m17	u	Accesorios montaje ventilador helicoidal	30,96
m18	m	Conducto extracción	20,38
m19	u	Ventilador centrífugo 4200 m ³ /h para conducto rectangular	682,73
m20	u	Accesorios ventilador centrífugo 4200 m ³ /h	293,86
m21	u	Ventilador centrífugo 3600 m ³ /h para conducto rectangular	530,26
m22	u	Accesorios ventilador centrífugo 3600 m ³ /h	231,8
Mano de obra			
h1	h	Oficial 1º fontanería	20,13
h2	h	Especialista fontanería	17,1
h3	h	Oficial 1º metal	21,31
h4	h	Especialista metal	18,43
h5	h	Peón metal	17,62
h6	h	Oficial 1º electricidad	20,13
h7	h	Especialista electricidad	17,1
h8	h	Oficial 1º instalador de climatización	22,74
h9	h	Ayudante instalador de climatización	20,96
Medios auxiliares			
	%	Costes directos complementarios	2%

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Una vez definido el precio de los materiales, se realiza una partida para cuantificar el coste total de adquisición e instalación de cada equipo/ metro de cada sección de conducto (sólo se mostrará uno de cada tipo, puesto que posteriormente se detallará dicho coste para cada elemento en el cuadro resumen de precios unitarios):

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripcion	Precio(€)	Cantidad	Parcial(€)
d1.1	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 40kW c/free cool.			
MATERIALES					
m1	u	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 40kW c/free cool.	11742,62	1	11.742,62 €
MANO DE OBRA					
h1	h	Oficial 1º fontanería	20,13	2,5	50,33 €
h2	h	Especialista fontanería	17,1	2,5	42,75 €
MEDIOS AUXILIARES					
	%	Costes directos complementarios		0,02	236,71 €
Precio de ejecución material					12.072,41 €

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripcion	Precio(€)	Cantidad	Parcial(€)
d2	Ud	Conducto 0,4x1,8m aislado con 25mm de lana mineral			
MATERIALES					
m4	m	Conducto chapa 0,4x1,8m aislado con 25mm de lana mineral	94,41	1	94,41
MANO DE OBRA					
h3	h	Oficial 1º metal	21,31	0,2	4,262
h4	h	Especialista metal	18,43	0,2	3,686
h5	h	Peón metal	17,62	0,2	3,524
MEDIOS AUXILIARES					
	%	Costes directos complementarios		2	2,11764
				Precio de ejecución material	100,05 €

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripcion	Precio(€)	Cantidad	Parcial(€)
d11	Ud	Ventilador extracción para conducto 250m3/h			
MATERIALES					
m16	u	Ventilador extracción para conducto 250m3/h	109,15	1	109,15
m17	u	Accesorios montaje ventilador helicoidal	30,96	1	30,96
MANO DE OBRA					
h6	h	Oficial 1º electricidad	20,13	0,8	16,104
h7	h	Especialista electricidad	17,1	0,8	13,68
MEDIOS AUXILIARES					
	%	Costes directos complementarios		2	3,39788
				Precio de ejecución material	173,29 €

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripcion	Precio(€)	Cantidad	Parcial(€)
d13	Ud	Rejilla retorno 1,225x0,225m para conducto rectangular			
MATERIALES					
m15	u	Rejilla retorno 1,225x0,225m para conducto rectangular	157	1	157
MANO DE OBRA					
h3	h	Oficial 2º construcción	21,31	0,5	10,655
h4	h	Peón ordinario construcción	18,43	0,6	11,058
MEDIOS AUXILIARES					
	%	Costes directos complementarios		2	3,57426
				Precio de ejecución material	182,29 €

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Cuadro de precios descompuestos					
Ref	Ud	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Parcial(€)
d14	Ud	Multitobera 600m³/h, formada por 6 toberas para conducto rectangular			
MATERIALES					
m14	u	Multitobera 600m ³ /h, formada por 6 toberas para conducto rectangular	635,12	1	635,12
MANO DE OBRA					
h8	h	Oficial 1º instalador de climatización	22,74	0,312	7,09488
h9	h	Ayudante instalador de climatización	20,96	0,312	6,53952
MEDIOS AUXILIARES					
	%	Costes directos complementarios		2	12,975088
				Precio de ejecución material	661,73 €

Por lo que , el resumen de precios de las unidades de obra instaladas queda así:

Cuadro precios unitarios			
Ref	Ud	Descripción	Precio(€)
d1.1	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 40kW c/free cool.	12.072,41 €
d1.2	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 52kW c/free cool.	16.048,62 €
d1.3	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 145kW c/free cool.	38.839,87 €
d2	Ud	Conducto 0,4x1,8m aislado con 25mm de lana mineral	100,05 €
d3	Ud	Conducto 0,4x1,1m aislado con 25mm de lana mineral	98,46 €
d4	Ud	Conducto 0,4x1m aislado con 25mm de lana mineral	88,94 €
d5	Ud	Conducto 0,4x0,7m aislado con 25mm de lana mineral	69,87 €
d6	Ud	Conducto 0,4x0,6m aislado con 25mm de lana mineral	98,46 €
d7	Ud	Conducto 0,4x0,5m aislado con 25mm de lana mineral	60,35 €
d8	Ud	Conducto 0,4x0,4m aislado con 25mm de lana mineral	55,58 €
d9	m	Conducto chapa 0,4x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	50,81 €
d10	Ud	Conducto 0,3x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	40,70 €
d11	Ud	Conducto 0,25x0,15m aislado con 25mm de lana mineral	30,67 €
d11	Ud	Ventilador extracción para conducto 250m ³ /h	173,29 €
d12	Ud	Conducto extracción	26,64 €
d13	Ud	Rejilla retorno 1,225x0,225m para conducto rectangular	182,29 €
d14	Ud	Multitobera 600m ³ /h, formada por 6 toberas para conducto rectangular	661,73 €
d15	Ud	Ventilador centrífugo 4200 m ³ /h para conducto rectangular	1.034,10 €
d16	Ud	Ventilador centrífugo 3600 m ³ /h para conducto rectangular	815,28 €

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Cuantificando las unidades necesarias de cada unidad de obra, el precio de la ejecución material (sin IVA ni beneficio industrial) sería:

Valoración del presupuesto				
Ref	Ud	Descripcion	Cantidad	Importe
d1.1	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 40kW c/free cool.	1	12.072,41 €
d1.2	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 52kW c/free cool.	1	16.048,62 €
d1.3	Ud	Eq. Auto. Rooftop frío/cal 145kW c/free cool.	1	38.839,87 €
Total equipos generación térmica				66.960,89 €
d2	m	Conducto 0,4x1,8m aislado con 25mm de lana mineral	14	1.400,72 €
d3	m	Conducto 0,4x1,1m aislado con 25mm de lana mineral	13	1.280,01 €
d4	m	Conducto 0,4x1m aislado con 25mm de lana mineral	18,75	1.667,55 €
d5	m	Conducto 0,4x0,7m aislado con 25mm de lana mineral	8	558,98 €
d6	m	Conducto 0,4x0,6m aislado con 25mm de lana mineral	49,75	4.898,52 €
d7	m	Conducto 0,4x0,5m aislado con 25mm de lana mineral	31	1.870,70 €
d8	m	Conducto 0,4x0,4m aislado con 25mm de lana mineral	123,8	6.881,03 €
d9	m	Conducto chapa 0,4x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	45	2.286,37 €
d10	m	Conducto 0,3x0,3m aislado con 25mm de lana mineral	35	1.424,57 €
d11	m	Conducto 0,25x0,15m aislado con 25mm de lana mineral	34	1.042,69 €
d12	m	Conducto extracción	43	1.145,45 €
Total conductos				24.456,59 €
d11	Ud	Ventilador extracción para conducto 250m ³ /h	1	173,29 €
d13	Ud	Rejilla retorno 1,225x0,225m para conducto rectangular	36	6.562,34 €
d14	Ud	Multitobera 600m ³ /h, formada por 6 toberas para conducto rectangular	36	23.822,26 €
d15	Ud	Ventilador centrífugo 4200 m ³ /h para conducto rectangular	1	1.034,10 €
d16	Ud	Ventilador centrífugo 3600 m ³ /h para conducto rectangular	1	815,28 €
Total accesorios y unidades terminales de conductos				32.407,27 €
Total ejecución material del proyecto				123.824,75 €

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Añadiendo los honorarios, gastos generales e impuestos, se obtiene el presupuesto de ejecución por contrata:

Presupuesto de ejecución por contrata		
Ref	Descripción	Importe
c1	Instalación de climatización de 237kW de potencia para multicines	123.824,75 €
	TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	123.824,75 €
	13% Gastos generales	16.097,22 €
	6% Beneficio industrial	7.429,49 €
	SUMA PARCIAL	147.351,46 €
	IVA(21%)	30.943,81 €
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	178.295,26 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de 178.295,26 € (CIENTO SETENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON VEINTISÉIS CÉNTIMOS).

6 Conclusiones

En resumen, se ha acondicionado el edificio para el cumplimiento de la normativa y seleccionado tres equipos, *los cuales suministrarán a un conjunto de salas:*

-Los equipos generadores de potencia térmica son unidades Rooftop todo aire operando con el refrigerante R454B, que contarán con recuperación de calor y una resistencia eléctrica.

-La impulsión se realizará a través del falso techo, con multitoberas como unidades terminales.

Tras la realización del proyecto, hay algunas soluciones adoptadas que se podría haber mejorado si se hubiera tenido en cuenta con anterioridad, por lo que en este apartado se va a resumir las “lecciones” aprendidas durante el trabajo:

-En primer lugar, el espacio proyectado inicialmente para maquinaria es demasiado escaso, puesto que la distribución inicial del proyecto pretendía disponer de un único equipo que irrigara a todas las salas.

Así, el número de equipos que debería haber se ve condicionado desde 7 u 8 hasta 3, cosa que supondrá un contratiempo en cuanto a simultaneidad entre salas y remedio ante averías.

-Derivado de compartir una máquina entre salas, se vería aumentado el confort de los ocupantes si se garantiza que dichas salas tengan valores de radiación solar similares, pues si el sol irradia a sólo una de ellas, se generarán diferencias de temperatura indeseadas, complicando la estabilidad de la temperatura de consigna y mermando el confort en ambas estancias.

-Durante la realización del presupuesto, se ha observado que el importe dedicado a la impulsión mediante multitoberas es muy elevado.

En futuros proyectos se podría aprovechar en mayor medida cada una de ellas espaciándolas más, en torno a 5 o 6 metros entre ellas, lo que supondría la mitad de gasto en este concepto sin reducir el confort interior.

-Para mejorar la selección del fluido refrigerante, sería conveniente tener en cuenta el sobrecoste del R454B y su mayor eficiencia frente al R32, calculando el plazo de amortización en base al consumo energético estimado.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

-No se adoptó un sistema con los difusores en el suelo, ideal para combatir la estratificación que se da en espacios con grandes alturas y densidades de ocupación elevada, al tener el aire húmedo exhalado una densidad mayor.

Ha sido imposible desarrollar esta solución porque el espacio proyectado bajo las gradas era muy estrecho en algunos tramos, pero la mayor demanda se dará en verano, por lo que la menor densidad del aire frío impulsado contribuirá a mitigarlo.

-Se debe buscar un software capaz de generar geometrías similares a las gradas, pues la transformación geométrica en el modelo ha generado multitud de problemas de cálculo.

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Zona climática de Benicarló. Fuente: CTE DB-HE-Anexo B.....	8
Ilustración 2: Emplazamiento (sombreado en rojo) con respecto a la localidad de Benicarló- Extracto del catastro.	9
Ilustración 3: Tabla de ocupación y superficie útil para cada recinto.....	10
Ilustración 4: Extracto del RITE -Renovación mínima del aire interior.	11
Ilustración 5: Extracto UNE-EN 13779 - Renovación de aire por persona.....	11
Ilustración 6: Tabla de filtros necesarios. Extracto del RITE.	12
Ilustración 7: Limitación de transmitancia térmica (U) en cerramientos según DB-HE1	13
Ilustración 8: Composición de los forjados entre plantas.....	14
Ilustración 9: Composición de la fachada.	14
Ilustración 10: Composición de la cubierta.	15
Ilustración 11: Composición de la Tabiquería	15
Ilustración 12. Simplificación geométrica: Transformaciones en sección.	16
Ilustración 13: Previsualización 3D de planta baja y planta primera con la geometría simplificada.....	17
Ilustración 14: Perfil de uso del edificio.	18
Ilustración 15: Resumen de cargas térmicas de refrigeración y calefacción.	19
Ilustración 16: Grupos de recintos que compartirán equipo de generación térmica.	20
Ilustración 17: Gráfica de potencia instantánea y demanda energética del edificio.	20
Ilustración 18: Esquema de un sistema todo aire.....	21
Ilustración 19: Esquema de un sistema aire-agua.....	23
Ilustración 20: Esquema de un sistema todo agua.....	24
Ilustración 21: Condiciones psicrométricas de impulsión en Refrigeración.	27
Ilustración 22: Condiciones psicrométricas de impulsión en Calefacción.	28
Ilustración 23: Recintos acondicionados según se han introducido en CypeCAD MEP.	29
Ilustración 24: Interfaz de parámetros de cálculo del programa Ducto	30
Ilustración 25: Interfaz de introducción geométrica del programa Ducto.	31
Ilustración 26: Ejemplo de unidad compacta Rooftop similar a la escogida.	33
Ilustración 27: Datos de equipos de potencias similares operando con distintos refrigerantes.	34
Ilustración 28: Especificaciones técnicas de las Rooftop con bomba de calor reversible (todo aire) escogidas	35
Ilustración 29: Modelos Carrier 50FC 045 y 058 seleccionados.....	35
Ilustración 30: Modelo Carrier 50FC 160 seleccionado.....	35
Ilustración 31: Modelo de multitobera seleccionado. Extracto del catálogo TROX.....	36
Ilustración 32: Modelo de rejilla de retorno seleccionado. Extracto del catálogo TROX.....	37
Ilustración 33: Curva motriz del ventilador para la red de 45 kW	38
Ilustración 34: Ventilador Soler-Palau para la red de 45 y 58 kW	38
Ilustración 35: Curva motriz del ventilador para la red de 58 kW.....	39
Ilustración 36: Condiciones interiores de diseño. Fuente: RITE	58

7 Bibliografía

- Mecanismos de transmisión de calor, accedido el 4 de Abril de 2024, de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34475/1/Mecanismos%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20calor%20\(CONDUCCION,%20CONVECCION,%20RADIACION\).pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34475/1/Mecanismos%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20calor%20(CONDUCCION,%20CONVECCION,%20RADIACION).pdf)
- Tipos de sistemas de climatización, accedido 24 de Abril de 2024, de <https://ovacen.com/tipos-sistemas-de-climatizacion-ejemplos/>
- Información fluidos refrigerantes, accedido el 5 de Mayo, de <https://apac.sanhuagroup.com/Solutions/show.php?itemid=3>
- Guía técnica: Diseño y cálculo de aislamiento térmico de conducciones, accedido el 23 de Mayo de 2024, de <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-diseno-y-calculo-del-aislamiento-termico-de-conducciones-aparatos-y>
- Base datos precios I.V.E., accedido el 6 de Junio de 2024, de <https://bdc.f-ive.es/BDC23/2>
- Ilustración 30:Modelo Rooftop Carrier 50 FC 160, accedido el 17 de Mayo de 2024, de <https://www.carrier.com/commercial/es/es/soluciones/tratamiento-de-aire/rooftop/50ff-fc-100-280-r-454b/>
- Ilustración 29:Modelo Rooftop Carrier 50 FC 045 y 058, accedido el 17 de Mayo de 2024, de <https://www.carrier.com/commercial/es/es/soluciones/tratamiento-de-aire/rooftop/50ff-fc-020-093-r-454b/>
- Ilustración 26, accedido el 12 de Junio de 2024, de https://www.daikin.es/es_es/area-de-profesionales/climatizacion-industrial/unidades-rooftop.html
- Ilustración 18, accedido el 12 de Junio de 2024, de <https://www.energy.gov/energysaver/air-source-heat-pumps>
- Ilustración 19, accedido el 12 de Junio de 2024, de <https://jaga.co.uk/blog/how-to-cool-your-space-with-a-heat-pump>
- Ilustración 20, accedido el 12 de Junio de 2024, de https://www.researchgate.net/figure/A-typical-diagram-of-a-water-source-heat-pump_fig2_286358619
- Ilustración 31:Multi-toberas TROX, accedido el 17 de Mayo de 2024, de <https://cdn.trox.de/public/a88b6677e0026144/d3ad33375e422025637bb850e33c8d33/multitoberas-due-m.pdf>
- Ilustración 32:Rejillas de retorno TROX, accedido el 17 de Mayo de 2024, de https://cdn.trox.de/public/8a59ebb70a9a828c/7d2ef25bae6374163b09c7fdc020beb2/1_1-5_sp_2_1-6_serie_ar_ae.pdf
- Ilustración 34:Ventiladores centrífugos Soler Palau, accedido el 26 de Mayo de 2024, de https://statics.solerpalau.com/media/import/documentation/ES_IRAB-N-IRAT-N.pdf

8 Anexo de cálculo

En este apartado, se detallarán los procedimientos y tablas Excel donde se han realizado los cálculos respectivos a caudales mínimos de ventilación, comparativa de fluidos refrigerantes, aislamiento mínimo en conductos y transformación geométrica del modelo.

También se aportará información más detallada sobre las cargas térmicas y sus parámetros de cálculo, así como la justificación del cumplimiento del HE0 y HE1.

8.1 Marco teórico: Cálculo de transmitancia térmica

Para el caso de un elemento constructivo multicapa formado por planos paralelos:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

Siendo:

RT: resistencia térmica total ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Rsi: resistencia térmica superficial interior ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Rj: resistencia térmica de cada una de las capas que forman el elemento ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Rse: resistencia térmica superficial exterior ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Donde la resistencia térmica de cada capa es proporcional al espesor (m) e inversamente proporcional a la conductividad térmica del material λ (W/K·m)

Para el caso de varios elementos constructivos “en paralelo” con distintas transmitancias, como podría ser un muro con una ventana:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \dots + \frac{1}{U_n}$$

Siendo U_j la transmitancia térmica de cada elemento constructivo que encierra un recinto.

8.2 Condiciones térmicas de cálculo y justificación de CTE-HE

Las condiciones bajo las cuales se debe cuantificar las necesidades de potencia térmica se encuentran recogidas en el RITE, a continuación, se destacan las de mayor relevancia junto con algunas particularidades de nuestro caso:

-El software de modelado no permite el cálculo de un mismo recinto superpuesto en dos plantas (como son las salas con gradas), por lo que se ha creado recintos habitables sin cargas internas llamados “Sala N.1” para contemplar principalmente la potencia térmica transmitida a través de esa porción de fachada.

-Las necesidades en Calefacción y Refrigeración se calculan sin considerar las cargas que favorecen a la instalación.

-Las condiciones interiores de confort son:

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Ilustración 36: Condiciones interiores de diseño. Fuente: RITE

-Cada persona emite en torno a 100 W de potencia, dividida en sensible y latente. (Se cuantifica con la actividad metabólica “met”, según indica el RITE)

-En zonas comunes y áreas de descanso, se ha estimado 20 W/m² de calor generado por equipos eléctricos, tales como luces, máquinas de palomitas, etc.

- Las condiciones exteriores para el diseño serán las más exigentes, el percentil 1% de temperatura para el cálculo de refrigeración, y el 99% para Calefacción.

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

Emplazamiento: Benicarló
 Latitud (grados): 40.42 grados
 Altitud sobre el nivel del mar: 10 m
 Percentil para verano: 1.0 %
 Temperatura seca verano: 29.93 °C
 Temperatura húmeda verano: 22.70 °C
 Oscilación media diaria: 10.8 °C
 Oscilación media anual: 32 °C
 Percentil para invierno: 99.0 %
 Temperatura seca en invierno: 2.50 °C
 Humedad relativa en invierno: 90 %
 Velocidad del viento: 6.3 m/s
 Temperatura del terreno: 6.83 °C
 Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %
 Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %
 Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %
 Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %
 Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %
 Porcentaje de cargas debido a la propia instalación: 3 %

-Los puentes térmicos lineales a considerar para el cálculo son los establecidos por defecto en el programa CypeCAD MEP, los cuales se muestran a continuación:

Encuentro de fachada con suelo		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada	146.00	0.84
Encuentro de fachada con forjado intermedio		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Frente de forjado * Transmitancia del elemento U: 0.5561 W/(m²·K) Salto térmico: 25.00 °C Flujo de calor teórico: 6.951 W/m Flujo de calor real: 10.253 W/m	24.27	0.13
<small>* Cálculo efectuado conforme a la norma UNE EN ISO 10211</small>			
Encuentro entre fachadas		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Esquina saliente * Transmitancia del elemento U: 0.5561 W/(m²·K) Salto térmico: 25.00 °C Flujo de calor teórico: 45.179 W/m Flujo de calor real: 47.274 W/m	17.75	0.08
	Esquinas entrantes (al interior)	21.25	-0.09
<small>* Cálculo efectuado conforme a la norma UNE EN ISO 10211</small>			
Encuentro de fachada con carpintería		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Alféizar Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	8.00	0.50
	Dintel/Capialzado Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	8.00	0.50
	Jambas Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	8.00	0.50

Los parámetros técnicos de los huecos en fachada son los siguientes:

1.2.2. Huecos en fachada

DOBLE Puerta cortafuegos, de acero galvanizado

Puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, de dos hojas de 63 mm de espesor, 2000x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso ambas hojas provistas de cierrapuertas para uso frecuente, selector de cierre para asegurar el adecuado cerrado de las puertas. Incluso silicona neutra para el sellado de las juntas perimetrales.

Dimensiones	Ancho x Altura: 180 x 210 cm	nº uds: 2
	Ancho x Altura: 172 x 210 cm	nº uds: 1
Caracterización térmica	Transmitancia térmica, U: 2.25 W/(m ² ·K) Absortividad, α_s : 0.6 (color intermedio)	
Caracterización acústica	Absorción, $\alpha_{500\text{Hz}} = 0.06$; $\alpha_{1000\text{Hz}} = 0.08$; $\alpha_{2000\text{Hz}} = 0.10$	
Resistencia al fuego	EI2 60	

Puerta cortafuegos, de acero galvanizado

Puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, de una hoja de 63 mm de espesor, 1000x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso cierrapuertas para uso frecuente. Incluso silicona neutra para el sellado de las juntas perimetrales.

Dimensiones	Ancho x Altura: 100 x 210 cm	nº uds: 6
Caracterización térmica	Transmitancia térmica, U: 2.25 W/(m ² ·K) Absortividad, α_s : 0.6 (color intermedio)	
Caracterización acústica	Absorción, $\alpha_{500\text{Hz}} = 0.06$; $\alpha_{1000\text{Hz}} = 0.08$; $\alpha_{2000\text{Hz}} = 0.10$	
Resistencia al fuego	EI2 60	

Vidriera

VIDRIO:

Vidrio 4-8-4 para cumplir U<2.3

Características del vidrio	Transmitancia térmica, U_g : 2.10 W/(m ² ·K) Factor solar, g: 0.76 Aislamiento acústico, R_w (C;C _{tr}): 27 (-1;-1) dB		
----------------------------	---	--	--

Dimensiones: 799.7 x 400 cm (ancho x altura)				nº uds: 1
Transmisión térmica	U_w	2.10	W/(m ² ·K)	
Soleamiento	F	0.76		
	F_H	0.12		
Caracterización acústica	R_w (C;C _{tr})	24 (-1;-1)	dB	

Notas:

U_w : Coeficiente de transmitancia térmica del hueco (W/(m²·K))

F: Factor solar del hueco

F_H : Factor solar modificado

R_w (C;C_{tr}): Valores de aislamiento acústico (dB)

Diseño y selección del sistema de climatización para un complejo multicines

A continuación se muestra el listado completo de cargas térmicas desglosado por conceptos:

Refrigeración

Conjunto: Hall, Sala3													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Hall	Planta baja	1194.34	10210.78	13423.57	11747.27	14960.06	2450.00	3487.22	13060.35	125.74	15234.50	28020.41	28020.41
Sala3	Planta baja	75.37	3842.23	6992.79	4035.13	7185.70	1815.00	2583.39	9675.32	146.78	6618.52	16861.02	16861.02
Total							4265.0				Carga total simultánea	44881.4	

Conjunto: Salas 1,2,4,5													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Sala1.1	Planta baja	382.53	0.00	0.00	394.01	394.01	0.00	0.00	0.00	2.25	394.01	97.92	394.01
Sala2.1	Planta baja	173.92	0.00	0.00	179.14	179.14	0.00	0.00	0.00	1.30	179.14	98.12	179.14
Sala4.1	Planta baja	239.35	0.00	0.00	246.53	246.53	0.00	0.00	0.00	1.75	246.53	137.51	246.53
Sala5.1	Planta baja	175.07	0.00	0.00	180.32	180.32	0.00	0.00	0.00	1.31	180.32	76.19	180.32
Sala1	Planta Primera	-117.32	10611.86	19313.43	10809.38	19510.95	5015.00	7138.13	26733.74	129.12	17947.51	46244.67	46244.68
Sala2	Planta Primera	-74.47	9026.18	16427.51	9220.26	16621.59	4300.00	6120.43	22922.25	141.20	15340.69	39543.84	39543.84
Sala4	Planta Primera	12.37	5061.98	9212.73	5226.58	9377.32	2400.00	3416.06	12793.81	121.18	8642.63	22171.14	22171.14
Sala5	Planta Primera	-9.94	5061.98	9212.73	5203.61	9354.35	2400.00	3416.06	12793.81	124.52	8619.66	22120.07	22148.17
Total							14115.0				Carga total simultánea	130489.5	

Conjunto: Salas 6,7													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Sala6.1	Planta baja	408.71	0.00	0.00	420.97	420.97	0.00	0.00	0.00	2.81	420.97	255.53	420.97
Sala7.1	Planta baja	250.97	0.00	0.00	258.50	258.50	0.00	0.00	0.00	2.13	258.50	164.20	258.50
Sala6	Planta Primera	203.48	4147.16	7547.78	4481.16	7881.77	1960.00	2789.78	10448.28	112.82	7270.94	18330.05	18330.05
Sala7	Planta Primera	155.32	4147.16	7547.78	4431.56	7832.18	1960.00	2789.78	10448.28	116.73	7221.34	18270.50	18280.46
Total							3920.0				Carga total simultánea	37020.3	

Calefacción

Conjunto: Hall, Sala3							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Hall	Planta baja	6013.89	2450.00	14887.76	93.79	20901.65	20901.65
Sala3	Planta baja	2705.32	1815.00	11029.10	119.56	13734.41	13734.41
Total			4265.0	Carga total simultánea		34636.1	

Conjunto: Salas 1,2,4,5							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Sala1.1	Planta baja	2859.44	0.00	0.00	16.30	2859.44	2859.44
Sala2.1	Planta baja	1723.48	0.00	0.00	12.50	1723.48	1723.48
Sala4.1	Planta baja	1980.17	0.00	0.00	14.05	1980.17	1980.17
Sala5.1	Planta baja	2368.06	0.00	0.00	17.24	2368.06	2368.06
Sala1	Planta Primera	5411.13	5015.00	30474.34	100.20	35885.47	35885.47
Sala2	Planta Primera	3010.98	4300.00	26129.54	104.05	29140.53	29140.53
Sala4	Planta Primera	2283.82	2400.00	14583.93	92.19	16867.75	16867.75
Sala5	Planta Primera	2543.44	2400.00	14583.93	96.29	17127.37	17127.37
Total			14115.0	Carga total simultánea		107952.3	

Conjunto: Salas 6,7							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Sala6.1	Planta baja	2778.70	0.00	0.00	18.54	2778.70	2778.70
Sala7.1	Planta baja	2465.87	0.00	0.00	20.35	2465.87	2465.87
Sala6	Planta Primera	2922.55	1960.00	11910.21	91.30	14832.76	14832.76
Sala7	Planta Primera	2996.69	1960.00	11910.21	95.19	14906.90	14906.90
Total			3920.0	Carga total simultánea		34984.2	

Producido por una versión educativa de CYPE

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0:
Limitación del consumo energético

ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.....	3
1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.....	3
1.3. Horas fuera de consigna.....	3
2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	3
2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.....	3
2.2. Resultados mensuales.....	4
2.2.1. Consumo de energía final del edificio.....	4
2.2.2. Horas fuera de consigna.....	4
3. RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS.....	4
4. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.....	5
4.1. Energía eléctrica producida in situ.....	5
4.2. Energía térmica producida in situ.....	5
4.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.....	5
5. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	5
5.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	5
5.2. Demanda energética de ACS.....	5
6. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	6
6.1. Zonificación climática.....	6
6.2. Definición de los espacios del edificio.....	6
6.2.1. Agrupaciones de recintos.....	6
6.2.2. Condiciones operacionales.....	7
6.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación.....	7
6.2.4. Carga interna media.....	7
6.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	8
6.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.....	8

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,nren} = 31.19 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,nren,lim} = 50 + 8 \cdot C_{FI} = 128.14 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $C_{ep,nren}$: Valor calculado del consumo de energía primaria no renovable, kWh/m²·año.
- $C_{ep,nren,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria no renovable (tabla 3.1.b, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.
- C_{FI} : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 9.77 W/m².

1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.

$$C_{ep,tot} = 38.45 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,tot,lim} = 150 + 9 \cdot C_{FI} = 237.90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



donde:

- $C_{ep,tot}$: Valor calculado del consumo de energía primaria total, kWh/m²·año.
- $C_{ep,tot,lim}$: Valor límite del consumo de energía primaria total (tabla 3.2.b, CTE DB HE 0), kWh/m²·año.
- C_{FI} : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 9.77 W/m².

1.3. Horas fuera de consigna

$$h_{fc} = 0 \text{ h/año} \leq 0.04 \cdot t_{ocu} = 269.08 \text{ h/año}$$



donde:

- h_{fc} : Horas fuera de consigna del edificio al año, h/año.
- t_{ocu} : Tiempo total de ocupación del edificio al año, h/año.

2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.

Se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los distintos servicios técnicos del edificio. Los consumos de los servicios de calefacción y refrigeración incluyen el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

EDIFICIO ($S_u = 2379.75 \text{ m}^2$)

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)	(kWh/año)	(kWh/m ² ·año)
Calefacción	15957.50	6.71	35674.79	14.99	28161.93	11.83
Refrigeración	21538.98	9.05	51005.12	21.43	42088.21	17.69
Iluminación	2037.88	0.86	4826.13	2.03	3981.32	1.67
	39534.36	16.61	91503.66	38.45	74231.45	31.19

donde:

- S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².
- EF: Energía final consumida por el servicio técnico en punto de consumo.
- EP_{tot}: Consumo de energía primaria total.
- EP_{nren}: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

2.2. Resultados mensuales.

2.2.1. Consumo de energía final del edificio.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh/año)												
EDIFICIO (S _u = 2379.75 m ²)															
Demanda energética	Calefacción	2354.6	1538.5	1061.6	143.4	70.7	--	--	--	--	--	296.2	1816.0	7281.0	3.1
	Refrigeración	--	--	2.1	35.9	696.0	2291.5	4925.7	5680.2	2489.4	471.8	--	--	16592.5	7.0
	TOTAL	2354.6	1538.5	1063.7	179.3	766.8	2291.5	4925.7	5680.2	2489.4	471.8	296.2	1816.0	23873.4	10.0
Electricidad	Calefacción	1496.5	1111.4	997.6	624.9	1007.9	1254.9	1767.0	1872.8	1392.0	996.1	630.4	1261.0	14412.3	6.1
	Refrigeración	1095.9	875.7	858.2	701.3	1543.4	2411.8	3982.0	4165.1	2770.4	1522.6	628.0	984.6	21539.0	9.1
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Control de la humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Iluminación	176.9	156.2	174.6	163.1	176.9	167.7	170.0	176.9	160.8	176.9	170.0	167.7	2037.9	0.9
Medioambiente	Calefacción	563.5	324.6	213.0	9.6	4.2	--	--	--	--	--	37.7	392.6	1545.2	0.6
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
C_{ef,tot}		3332.7	2467.9	2243.4	1499.0	2732.3	3834.4	5919.0	6214.8	4323.2	2695.5	1466.1	2806.0	39534.4	16.6

donde:

S_u: Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

C_{ef,tot}: Consumo de energía en punto de consumo (energía final), kWh/m²·año.

2.2.2. Horas fuera de consigna

Se indica el número de horas en las que la temperatura del aire de los espacios habitables acondicionados del edificio se sitúa, durante los periodos de ocupación, fuera del rango de las temperaturas de consigna de calefacción o de refrigeración, con un margen superior a 1°C para calefacción y 1°C para refrigeración. Se considera que el edificio se encuentra fuera de consigna cuando cualquiera de dichos espacios lo está.

Zonas acondicionadas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
		(h)												
Hall+Sala3	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Salas 1,2,4,5	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Salas 6,7	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Edificio	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	TOTAL	--												

3. RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS

Se indica a continuación el consumo de energía final (EF) y el rendimiento estacional de los generadores que atienden los servicios de calefacción, refrigeración y producción de ACS, obtenidos de la simulación del edificio.

El rendimiento estacional expresa la relación entre la producción de energía térmica del generador y su consumo total de energía.

	Descripción	Vector energético	EF (kWh/año)	Rendimiento estacional
Generadores de calefacción				
45	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	633.54	2.44
58	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	105.25	2.06
160	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	367.01	2.21
Generadores de refrigeración				
45	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	928.91	3.28
58	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	3937.91	3.23
160	Unidad climatizadora, sistema todo aire de caudal variable	Electricidad	3365.65	3.12

donde:

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

EF: Consumo de energía final, kWh/año.

4. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.

4.1. Energía eléctrica producida in situ.

El edificio no dispone de sistemas de producción de energía eléctrica.

4.2. Energía térmica producida in situ.

El edificio no dispone de sistemas de producción de energía térmica a partir de fuentes totalmente renovables.

4.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.

Se indica la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio que procede de fuentes renovables no fósiles, como son la biomasa, la electricidad consumida que se produce en el edificio a partir de fuentes renovables y la energía térmica captada del medioambiente.

EDIFICIO ($S_u = 2379.75 \text{ m}^2$)

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año) (kWh/m ² ·año)	
Electricidad autoconsumida de origen renovable	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medioambiente	563.5	324.6	213.0	9.6	4.2	--	--	--	--	--	37.7	392.6	1545.2	0.6
Biomasa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Biomasa densificada (pellets)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

donde:

S_u : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m².

5. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación del consumo energético HE 0, corresponde a la suma de la energía demandada de calefacción, refrigeración y ACS del edificio según las condiciones operacionales definidas.

5.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio se obtiene mediante el procedimiento de cálculo descrito en el apartado 6.3, determinando para cada hora el consumo energético de un sistema ideal con potencia instantánea e infinita con rendimiento unitario.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m ²)	D_{cal} (kWh/año)	D_{cal} (kWh/m ² ·año)	D_{ref} (kWh/año)	D_{ref} (kWh/m ² ·año)
Hall+Sala3	337.73	950.11	2.81	6479.23	19.18
Salas 1,2,4,5	1308.61	2942.76	2.25	8084.58	6.18
Cocina	417.20	--	--	--	--
Salas 6,7	316.22	3388.10	10.71	2028.66	6.42
	2379.75	7280.98	3.06	16592.47	6.97

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/año.

D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m²·año.

5.2. Demanda energética de ACS.

El edificio proyectado no tiene demanda de agua caliente sanitaria.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

6. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

6.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Benicarló (provincia de Castellón), con una altura sobre el nivel del mar de 10.000 m. Le corresponde, conforme al documento reconocido CTE-DR/056/22, la zona climática B3.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el procedimiento de cálculo, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

6.2. Definición de los espacios del edificio.

6.2.1. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio.

	S (m ²)	V (m ³)	ren _n (1/h)	SQ _{ocup,s} (kWh/año)	SQ _{ocup,l} (kWh/año)	SQ _{equip,s} (kWh/año)	SQ _{equip,l} (kWh/año)	SQ _{ilum} (kWh/año)	Perfil de uso	Condiciones operacionales
Hall+Sala3 (Zona habitable acondicionada)										
Hall	222.85	806.70	4.23	36281.19	24187.46	--	--	--	Personalizado	
Sala3	114.88	415.75	3.60	2445.98	1544.20	1834.10	--	2037.89	Media, Otros usos 12h	Otros usos 12 h
	337.73	1222.46	4.01/2.16'	38727.17	25731.66	1834.10	--	2037.89		

Salas 1,2,4,5 (Zona habitable acondicionada)

Sala1.1	175.40	725.26	--	--	--	--	--	--		
Sala2.1	137.92	570.66	--	--	--	--	--	--		
Sala4.1	140.94	328.41	--	--	--	--	--	--		
Sala5.1	137.36	348.90	--	--	--	--	--	--		
Sala1	357.64	1660.01	3.10	58225.19	38816.79	--	--	--	Personalizado	Otros usos 8 h
Sala2	279.01	1298.10	3.10	45424.58	30283.05	--	--	--		
Sala4	41.45	848.05	0.70	6748.76	4499.17	--	--	--		
Sala5	38.88	824.45	0.68	6329.84	4219.89	--	--	--		
	1308.61	6603.85	1.56/0.90'	116728.36	77818.91	--	--	--		

Cocina (Zona habitable no acondicionada)

VESTIB	14.06	50.87	--	--	--	--	--	--		
Baño 3	4.23	15.31	--	--	--	--	--	--		
Baño 4	4.66	16.85	--	--	--	--	--	--		
Baño 1	27.10	98.08	--	--	--	--	--	--		
Escalera	10.88	39.37	--	--	--	--	--	--	Personalizado	Oscilación libre
Preparacion Aperitivos	22.30	80.72	--	--	--	--	--	--		
Baño2	27.18	98.37	--	--	--	--	--	--		
Uso Privado	147.14	682.18	--	--	--	--	--	--		
Distribuidor	159.65	660.16	--	--	--	--	--	--		
	417.20	1741.90	0.00/0.00'	--	--	--	--	--		

Salas 6,7 (Zona habitable acondicionada)

Sala6.1	149.81	349.05	--	--	--	--	--	--		
Sala7.1	121.19	246.02	--	--	--	--	--	--		
Sala6	11.26	753.03	2.60	22141.43	14760.95	--	--	--	Personalizado	Otros usos 8 h
Sala7	33.95	725.86	2.70	22141.43	14760.95	--	--	--		
	316.22	2073.95	1.89/1.07'	44282.85	29521.90	--	--	--		

donde:

- S: Superficie útil interior del recinto, m².
- V: Volumen interior neto del recinto, m³.
- ren_n: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

- *: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.
- $Q_{ocup,s}$: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- $Q_{ocup,l}$: Sumatorio de la carga interna latente debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- $Q_{equip,s}$: Sumatorio de la carga interna sensible debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- $Q_{equip,l}$: Sumatorio de la carga interna latente debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q_{illum} : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, kWh/año.

6.2.2. Condiciones operacionales

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Otros usos 12 h (uso no residencial)																									
Temp. Consigna Alta (°C)																									
Laboral	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--	25	25	25	25	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--	25	25	25	25	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Temp. Consigna Baja (°C)																									
Laboral	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--	20	20	20	20	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--	20	20	20	20	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Perfil: Otros usos 8 h (uso no residencial)

Temp. Consigna Alta (°C)																									
Laboral	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Temp. Consigna Baja (°C)																									
Laboral	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Media, Otros usos 12 h (uso no residencial)																									
Ocupación sensible (W/m²)																									
Laboral	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminación (%)																									
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m²)																									
Laboral	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilación (%)																									
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.2.4. Carga interna media

Se muestran los resultados del cálculo de la carga interna media de las zonas habitables del edificio.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

Zonas habitables	S_u (m ²)	C_{Fi} (W/m ²)
Hall+Sala3	337.73	14.4
Salas 1,2,4,5	1308.61	10.2
Cocina	417.20	0
Salas 6,7	316.22	16.0
	2379.75	9.8

donde:

S_u : Superficie habitable del edificio, m².

C_{Fi} : Carga interna media, W/m². Carga media horaria de una semana tipo, repercutida por unidad de superficie del edificio o zona del edificio, teniendo en cuenta la carga sensible debida a la ocupación, la carga debida a la iluminación y la carga debida a los equipos (Anejo A, CTE DB HE).

6.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía renovables y no renovables. Para ello, se ha empleado el documento reconocido CYPETHERM HE Plus. Mediante dicho programa, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo térmico zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ versión 23.1, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico para mantener las condiciones operacionales definidas, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada y la energía final consumida, desglosando el consumo energético por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado.

El cálculo de la energía primaria que corresponde a la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio, teniendo en cuenta la contribución de la energía producida in situ, se realiza mediante el programa CteEPBD integrado en CYPETHERM HE Plus, desarrollado por IETcc-CSIC en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento, que implementa la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios descrita en la norma EN ISO 52000-1:2017.

La metodología descrita considera los aspectos recogidos en el apartado 4.1 de CTE DB HE 0.

6.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables y no renovables corresponden a los publicados 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', conforme al apartado 4.1.5 de CTE DB HE0. Los valores empleados se han obtenido a través del programa CteEPBD.

Para las fuentes de energía utilizadas en el edificio que no se encuentran definidas en dicho documento, se han considerado los factores de conversión correspondientes a los vectores energéticos "Red 1" y "Red 2".

Vector energético	$f_{cep,nren}$	$f_{cep,ren}$
Medioambiente	0	1.000
Electricidad obtenida de la red	1.954	0.414

donde:

$f_{cep,nren}$: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

$f_{cep,ren}$: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1:
Condiciones para el control de la demanda energética

ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Condiciones de la envolvente térmica.....	3
1.1.1. Transmitancia de la envolvente térmica.....	3
1.1.2. Control solar de la envolvente térmica.....	3
1.1.3. Permeabilidad al aire de la envolvente térmica.....	3
1.2. Limitación de descompensaciones.....	4
1.3. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica.....	4
2. INFORMACIÓN SOBRE EL EDIFICIO.....	4
2.1. Zonificación climática.....	4
2.2. Agrupaciones de recintos.....	4
3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA DEL MODELO DE CÁLCULO.....	4
3.1. Caracterización de los elementos que componen la envolvente térmica.....	4
3.1.1. Cerramientos opacos.....	4
3.1.2. Huecos.....	6
3.1.3. Puentes térmicos.....	6

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

1.1. Condiciones de la envolvente térmica

1.1.1. Transmitancia de la envolvente térmica

Transmitancia de la envolvente térmica: Ninguno de los elementos de la envolvente térmica supera el valor límite de transmitancia térmica descrito en la tabla 3.1.1.a del DB HE1. 

Coefficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)

$$K = 0.57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \leq K_{\text{lim}} = 0.84 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$


donde:

K: Valor calculado del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica, W/(m²·K).

K_{lim}: Valor límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica, W/(m²·K).

	S (m ²)	L (m)	K _i (W/(m ² ·K))	% K
Área total de intercambio de la envolvente térmica = 2425.39 m ²				
Fachadas	660.14	--	0.15	25.76
Suelos en contacto con el terreno	1351.86	--	0.16	28.08
Suelos con el paramento inferior expuesto a la intemperie	359.57	--	0.08	13.55
Huecos	53.82	--	0.05	8.21
Puentes térmicos	--	364.869	0.14	24.40

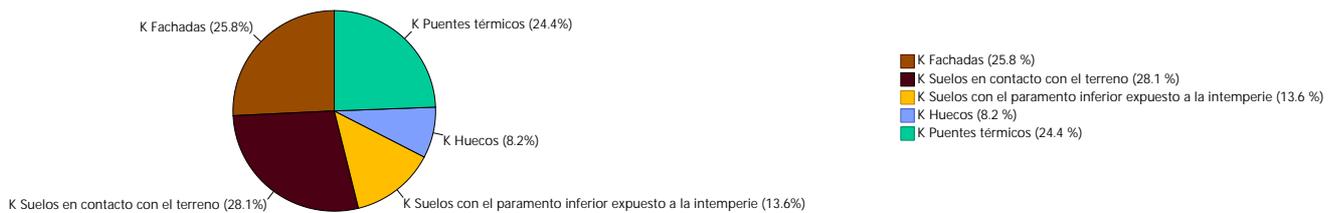
donde:

S: Superficie, m².

L: Longitud, m.

K_i: Coeficiente parcial de transmisión de calor, W/(m²·K).

%K: Porcentaje del coeficiente global de transmisión de calor., %.



1.1.2. Control solar de la envolvente térmica

$$q_{\text{sol,Jul}} = 0.66 \text{ kWh}/\text{m}^2 \leq q_{\text{sol,Jul,lim}} = 4.00 \text{ kWh}/\text{m}^2$$


donde:

q_{sol,Jul}: Valor calculado del parámetro de control solar, kWh/m².

q_{sol,Jul,lim}: Valor límite del parámetro de control solar, kWh/m².

1.1.3. Permeabilidad al aire de la envolvente térmica

$$n_{50} = 1.37096 \text{ h}^{-1}$$

donde:

n₅₀: Valor calculado de la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa, h⁻¹.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

1.2. Limitación de descompensaciones

Limitación de descompensaciones: La transmitancia térmica de las particiones interiores no supera el valor límite descrito en la tabla 3.2 del DB HE1. 

1.3. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica

Limitación de condensaciones: en la envolvente térmica del edificio no se producen condensaciones intersticiales que puedan producir una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. 

2. INFORMACIÓN SOBRE EL EDIFICIO

2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Benicarló (provincia de Castellón), con una altura sobre el nivel del mar de 10.000 m. Le corresponde, conforme al documento reconocido CTE-DR/056/22, la zona climática B3.

La pertenencia a dicha zona climática, junto con el tipo y el uso del edificio (Obra nueva - Otros usos), define los valores límite aplicables en la cuantificación de la exigencia, descritos en la sección HE1. Control de la demanda energética del edificio, del Documento Básico HE Ahorro de energía, del CTE.

2.2. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de la envolvente térmica del edificio, así como la de cada una de las zonas que han sido incluidas en la misma:

	S (m ²)	V (m ³)	V _{inf} (m ³)	Q _{sol,jul} (kWh/mes)	n ₅₀ (h ⁻¹)	q _{sol,jul} (kWh/m ² /mes)	V/A (m ³ /m ²)
HALL+DISTR+Tienda	380.84	1504.22	1460.38	896.50	1.417	-	-
Salas	971.02	4379.80	4288.89	0	1.355	-	-
Envolvente térmica	1351.86	5884.03	5749.27	896.50	1.4	0.66	2.4

donde:

S: Superficie útil interior, m².

V: Volumen interior, m³.

V_{inf}: Volumen interior para el cálculo de las infiltraciones, m³.

Q_{sol,jul}: Ganancias solares para el mes de julio de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica, con sus protecciones solares móviles activadas, kWh/mes.

n₅₀: Relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa, h⁻¹.

q_{sol,jul}: Control solar, kWh/m²/mes.

V/A: Compacidad (relación entre el volumen encerrado y la superficie de intercambio con el exterior), m³/m².

3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA DEL MODELO DE CÁLCULO

3.1. Caracterización de los elementos que componen la envolvente térmica

3.1.1. Cerramientos opacos

Los cerramientos opacos suponen el 67.39% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	Tipo	S (m ²)	U (W/(m ² .K))	U _{lim} (W/(m ² .K))	a	O. (°)	S·U (W/K)	
HALL+DISTR+Tienda								
Fachada		4.84	0.36	0.56	0	Oeste(262)	1.76	
Fachada		14.64	0.36	0.56	0	Este(82)	5.32	
Fachada		12.56	0.36	0.56	0	Sur(172)	4.56	
Fachada		91.74	0.56	0.56	0.60	Oeste(262)	51.01	
Fachada		16.63	0.56	0.56	0.60	Este(82)	9.25	
Fachada		3.78	0.56	0.56	0.60	Norte(352)	2.10	

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

	Tipo	S (m ²)	U (W/(m ² ·K))	U _{lim} (W/(m ² ·K))	a	O. (°)	S·U (W/K)	
Solera		380.84	0.29	0.75	-	-	109.49	✓
Forjado expuesto		304.86	0.52	0.56	0.40	-	159.01	✓
Partición interior vertical		6.05	0.16 (b = 0.46)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		28.95	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		6.65	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		6.89	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		32.97	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		16.05	0.26 (b = 0.74)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		4.06	0.12 (b = 0.33)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		2.47	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		6.63	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		12.00	0.16 (b = 0.46)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		12.55	0.12 (b = 0.33)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior horizontal		65.49	0.46 (b = 0.91)	0.75	0.40	-	-	✓
							342.50	

	Tipo	S (m ²)	U (W/(m ² ·K))	U _{lim} (W/(m ² ·K))	a	O. (°)	S·U (W/K)	
Salas								
Fachada		8.96	0.36	0.56	0	Oeste(262)	3.25	✓
Fachada		13.63	0.36	0.56	0	Norte(351)	4.95	✓
Fachada		58.68	0.56	0.56	0.60	Oeste(262)	32.63	✓
Fachada		186.23	0.56	0.56	0.60	Sur(172)	103.56	✓
Fachada		118.47	0.56	0.56	0.60	Norte(352)	65.88	✓
Fachada		129.99	0.56	0.56	0.60	Este(82)	72.28	✓
Solera		971.02	0.29	0.75	-	-	279.16	✓
Forjado expuesto		54.71	0.52	0.56	0.40	-	28.53	✓
Partición interior vertical		16.99	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		37.24	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		2.34	0.26 (b = 0.74)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		3.00	0.26 (b = 0.74)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		5.40	0.25 (b = 0.72)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		10.46	0.32 (b = 0.91)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		2.50	0.12 (b = 0.33)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		26.97	0.12 (b = 0.33)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		16.52	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		36.85	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior vertical		0.54	0.2 (b = 0.57)	0.75	-	-	-	✓
Partición interior horizontal		64.45	0.46 (b = 0.91)	0.75	0.40	-	-	✓
							590.24	

donde:

- S: Superficie, m².
- U: Transmitancia térmica, W/(m²·K).
- U_{lim}: Transmitancia térmica límite aplicada, W/(m²·K).
- b: Coeficiente de reducción de temperatura.
- a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte), °.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

3.1.2. Huecos

Los huecos suponen el 8.21% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	S (m ²)	O. (°)	F _F (%)	U (W/(m ² ·K))	U _{lim} (W/(m ² ·K))	S·U (W/K)	g _{gl,n}	g _{gl,sh,wi}	Q _{sol,jul} (kWh/mes)	%q _{sol,jul}
HALL+DISTR+Tienda										
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	Sur(172)	1.00	0.76	5.70	1.40	0	0	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.56 (b = 0.74)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.25 (b = 0.33)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
Vidriera [1]	25.44	-	-	0.7 (b = 0.33)	2.30	53.42	-	0.68	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.43 (b = 0.57)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.43 (b = 0.57)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
DOBLE Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	3.78	Este(82)	1.00	2.25	5.70	8.52	0	0	0	0 ✓
Vidriera [2]	31.99	Norte(352)	-	2.10	2.30	67.17	0.76	0.68	896.50	100.00 ✓
						136.11			896.50	100.00

	S (m ²)	O. (°)	F _F (%)	U (W/(m ² ·K))	U _{lim} (W/(m ² ·K))	S·U (W/K)	g _{gl,n}	g _{gl,sh,wi}	Q _{sol,jul} (kWh/mes)	%q _{sol,jul}
Salas										
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Sur(172)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Sur(172)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
DOBLE Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	3.61	Norte(352)	1.00	2.25	5.70	8.14	0	0	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.56 (b = 0.74)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
Puerta de paso interior, de acero galvanizado	1.84	-	1.00	0.25 (b = 0.33)	5.70	1.40	-	0	0	0 ✓
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Sur(172)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Norte(352)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Este(82)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
Puerta cortafuegos, de acero galvanizado	2.10	Este(82)	1.00	2.25	5.70	4.73	0	0	0	0 ✓
						39.35			0	0

donde:

- S: Superficie, m².
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte), °.
- F_F: Fracción de parte opaca, %.
- U: Transmitancia térmica, W/(m²·K).
- U_{lim}: Transmitancia térmica límite aplicada, W/(m²·K).
- b: Coeficiente de reducción de temperatura.
- g_{gl}: Factor solar.
- g_{gl,sh,wi}: Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados.
- Q_{sol,jul}: Ganancia solar para el mes de julio con las protecciones solares móviles activadas, kWh/mes.
- %q_{sol,jul}: Repercusión en el parámetro de control solar de la envolvente térmica, %.

3.1.3. Puentes térmicos

Los puentes térmicos suponen el 24.40% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	Tipo	L (m)	Y (W/(m·K))	L·Y (W/K)
HALL+DISTR+Tienda				
Hueco de ventana		23.994	0.500	12.0
Encuentro de fachada con forjado		26.389	0.838	22.1
Esquina saliente de fachadas		4.250	0.092	0.4
Encuentro de fachada con forjado		15.607	0.511	8.0
Pilar		8.500	1.216	10.3
Pilar		34.000	1.224	41.6
				94.4

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

Salas	Tipo	L (m)	Y (W/(m·K))	L·Y (W/K)
Encuentro de fachada con forjado		113.721	0.838	95.3
Esquina saliente de fachadas		13.500	0.092	1.2
Pilar		4.250	1.216	5.2
Pilar		112.000	1.224	137.1
Encuentro de fachada con forjado		8.658	0.511	4.4
				243.2

donde:

L: Longitud, m.

Y: Transmitancia térmica lineal, W/(m·K).

8.3 Cálculo de la renovación mínima del aire interior

Parámetros geométricos				
Zona	Superficie (m2)	h (m)	Volumen (m3)	Ocupación(pers.)
Hall	173,3	4,25	736,525	85
Distr.	163,34	4,25	694,195	102
Sala1	356,2	4,49	1599,338	174
Sala2	274	4,49	1230,26	148
Sala3	114,4	4,25	486,2	63
Sala4	182,7	4,5	822,15	55
Sala5	178,5	4,5	803,25	83
Sala6	157,5	4,5	708,75	68
Sala7	154,8	4,5	696,6	68
Baño 1	25,9	4,25	110,075	
Baño 2	26	4,25	110,5	
Baño 3	3,8	4,25	16,15	
Baño 4	4,3	4,25	18,275	
			7083,073	Vol. Total Habitable (m3)

Caudal mínimo aire exterior m3/h					
Normativa	Zona	m3/h pers	Ocupación	m3/h	Adoptada (m3/h)
IDA3	Hall	28,8	85	2448	2450
l/s-pers. 8	Distr.	28,8	102	2937,6	2940
	Sala1	28,8	174	5011,2	5015
	Sala2	28,8	148	4262,4	4265
	Sala3	28,8	63	1814,4	1815
	Sala4	28,8	83	2390,4	2395
	Sala5	28,8	83	2390,4	2395
	Sala6	28,8	68	1958,4	1960
	Sala7	28,8	68	1958,4	1960
	Baño 1	28,8		28,8	30
	Baño 2	28,8		28,8	30
	Baño 3	28,8		28,8	30
	Baño 4	28,8		28,8	30
		Total Habitable			

8.4 Cálculo del espesor de aislante

h Ext. DUCTO (W/m ² k)		h Int. DUCTO	Dimensiones(m)		Deq (m)	Longitud tramo	v-D
Ext.EDIF.	Int. EDIF.		Altura	0,4			
37,6772	-	25,2390	Base exterior	1,5	0,6316	9	6,3158
-	3,5	17,7333	Base interior	1,86	0,6584	78	4,2796

			Temp.ambiente(°C)	29,9			
	Req. Ext	Req. Int.	Temp. ext. Ducto	29,43		Velocidad viento(m/s)	4,7222
	0,0135	0,0016	Temp fluido	17,4		Velocidad imp. tramo e	10
Pérdidas admisibles(W)	8480,0000	7552,4653	Temp.ext.Ducto.Int.	22,36		Velocidad imp. tramo i	6,5
Pérdidas ext.	927,5347	-	T int edif.	27	espesorEXT aislante	0,015	
Pérdidas int.	-	6124,4707	K Aisl.(W/mk)	0,038	espesorINT aislante	0,008	

8.5 Cálculo de la geometría simplificada para modelizado

Se ha calculado el área de perfil que generaría la “escalera” formada por las gradas, para igualarla a el área de perfil que tendría un único peldaño que ocupara toda la superficie del suelo, para así determinar su altura y simplificar la geometría, según se mostraba en el apartado [Modelizado del edificio para simulación y cálculo de cargas](#)

Se muestra la plantilla para cuantificar dicha altura de escalón, para una única sección del edificio.

Cálculo área perfil A-A' grada		
nº peldaños	huella(m)	contrahuella(m)
1	1,85	0,8
2	Long. PB(m)	h tramo inicial(m)
3	13,15	0,8
4	Long. PP(m)	Área (m2)
5	27,25	56,03
6	Altura PB	
7	4,5	
8		Área simplificada
9		Contrahuella PB(m)
10		4,260836502