



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

DISEÑO DE UN EDIFICIO EFICIENTE COMO CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL MAR MENOR

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Autor: Ignacio Pascual Gómez
Director: Ana María Nieto Morote

Cartagena, 1 de Septiembre de 2020



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

ÍNDICE

ÍNDICE DE IMÁGENES	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	2
ÍNDICE DE GRÁFICAS	3
RESUMEN.....	4
AGRADECIMIENTOS	4
1. Definición y presentación de la metodología.....	5
1.1. Introducción y descripción del problema.....	5
1.2. Motivaciones por parte del autor.....	5
1.3. Organización del trabajo.....	5
1.4. Objetivo.....	5
2. Estudio de la eficiencia energética y normativa en edificación.....	6
2.1. Tipos de edificios eficientes.....	6
2.2. Ventajas e inconvenientes.....	6
2.3. Normativa que regula la eficiencia energética en edificación.....	7
2.4. Ayudas y subvenciones para la edificación.....	14
3. Estudio de medidas.....	16
3.1. Medidas pasivas.....	16
3.1.1. Medidas relacionadas con la construcción del edificio.....	16
3.1.2. Estrategias de climatización enfocadas en el ahorro de calefacción.....	22
3.1.3. Estrategias de climatización enfocadas en el ahorro de refrigeración.....	23
3.2. Medidas activas.....	25
3.2.1. Medidas activas en calefacción, climatización y ACS.....	25
3.2.2. Medidas activas en iluminación.....	27
3.2.3. Otras medidas.....	27
3.2.4. Uso de energía renovable.....	28
4. Entorno del proyecto.....	32
5. Descripción detallada del edificio actual.....	37
6. Diseño del edificio.....	41
7. Medidas a implementar.....	47
8. Solución al problema.....	58
9. Bibliografía	63
ANEXO I.....	64

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 3.1.1. 1. Orientación del edificio.....	17
Imagen 3.1.1. 2. Puentes térmicos en un edificio.....	17
Imagen 3.1.1. 3. Ejemplo de cristal doble.....	20
Imagen 3.1.1. 4. Tragaluz solar.....	21
Imagen 3.1.1. 5. Fachada ventilada.....	21
Imagen 3.1.1. 6. Suelo técnico o flotante.....	22
Imagen 3.1.2. 1. Invernadero adyacente a la fachada.....	22
Imagen 3.1.2. 2. Funcionamiento de un muro trombe.....	23
Imagen 3.1.3. 1. Ejemplo de ventanas batientes con estores.....	24
Imagen 3.1.3. 2. Ejemplo de patio interior.....	24
Imagen 3.1.3. 3. Esquema de un alero.....	25
Imagen 3.2.1. 1. Suelo radiante.....	26
Imagen 3.2.1. 2. Recuperador de calor.....	27
Imagen 3.2.4. 1. Colector solar térmico.....	28
Imagen 3.2.4. 2. Instalación de energía geotérmica.....	29
Imagen 3.2.4. 3. Ejemplo de una instalación de aerotermia.....	30
Imagen 3.2.4. 4. Panel solar fotovoltaico.....	31
Imagen 5. 1. Local comercial en La Manga.....	37
Imagen 5. 2. Modelo de aire acondicionado actual.....	38
Imagen 5. 3. Precio por unidad de aire acondicionado.....	38
Imagen 6. 1. Prototipo de fachada ventilada con placas solares.....	45
Imagen 6. 2. Resultado de la combinación de fachada ventilada con placas solares.....	45
Imagen 6. 3. Patio interior acristalado.....	46
Imagen 6. 4. Ejemplo de techo verde.....	46
Imagen 7. 1. Cálculo de la potencia térmica por planta.....	47
Imagen 7. 2. Equipo de aerotermia.....	48
Imagen 7. 3. Configuración equipo de aerotermia.....	49
Imagen 7. 4. Modelo fancoil cassette i-CKW 2T 1102.....	50
Imagen 7. 5. Fachada ventilada.....	52
Imagen 7. 6. Placas fotovoltaicas Lledó.....	52
Imagen 7. 7. Techos verdes.....	53
Imagen 7. 8. Equipo downlight Lledó.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.3. 1. HE0. Valor límite del consumo de energía primaria no renovable para uso distinto del residencial privado, $Cep, nren, lim$ [kW·h/m ² ·año].....	9
Tabla 2.3. 2. HE0. Valor límite del consumo de energía primaria total para uso distinto del residencial privado, Cep, tot, lim [kW·h/m ² ·año].	9
Tabla 2.3. 3. HE1. Valores límite de transmitancia térmica, $Ulim$ [W/m ² K].....	9
Tabla 2.3. 4. HE1. Valor límite $Klim$ [W/m ² K] para uso distinto del residencial privado.....	10
Tabla 2.3. 5. HE1. Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol}; jul, lim$ [kWh/m ² ·mes].	10
Tabla 2.3. 6. HE1. Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q_{100}, lim [m ³ /h·m ²].	10
Tabla 2.3. 7. HE1. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, $Ulim$ [W/m ² K].	11
Tabla 2.3. 8. Condiciones interiores de diseño.....	13
Tabla 3.1.1. 1. Tipos de aislantes.	18
Tabla 3.1.1. 2. Tipos de aislantes.	19
Tabla 3.1.1. 3. Porcentaje de ocupación.....	20
Tabla 4. 1. Variables que afectan al proyecto	32
Tabla 4. 2. Variable humedad relativa media (%).....	35
Tabla 5. 1. Materiales de las fachadas.....	37
Tabla 5. 2. Potencia eléctrica ventilador de techo según “Copelco”.....	39
Tabla 5. 3. Potencia eléctrica actual de nuestro edificio	39
Tabla 5. 4. Consumo anual del edificio actual	40
Tabla 6. 1. Medidas a implementar	41
Tabla 6. 2. Medidas a implementar	42
Tabla 6. 3. Medidas a implementar	43
Tabla 6. 4. Medidas a implementar	44
Tabla 7. 1. Potencia eléctrica actual modificada de nuestro edificio	56
Tabla 7. 2. Comparación de consumos anuales.....	57
Tabla 7. 3. Consumo anual del nuevo edificio.....	57
Tabla 8. 1. Zonas climáticas.....	58
Tabla 8. 2. Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante, en función de la actividad.	59
Tabla 8. 3. Nivel de carga interna	60
Tabla 8. 4. Materiales fachadas	61

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4. 1. Velocidad del viento media (m/s)	32
Gráfica 4. 2. Horas de sol (h)	33
Gráfica 4. 3. Temperatura media (°C).....	33
Gráfica 4. 4. Radiación media (W/m ²).....	34
Gráfica 4. 5. Precipitación (mm).....	34
Gráfica 4. 6. Humedad relativa media (mm).....	35

RESUMEN

En este proyecto se realiza el diseño de un edificio eficiente dentro de la Región de Murcia, concretamente en La Manga (Cartagena). Su principal funcionalidad será utilizarlo como "Centro de interpretación del Mar Menor". Se procede a estudiar la normativa que afecta a este tipo de edificios. En el diseño se van a implementar un conjunto de medidas cuya aplicación ayudará a reducir el consumo de energía incluyendo sistemas basados en la utilización de energía renovable.

Entre los objetivos del trabajo cabe destacar que se quiere rehabilitar un edificio para que éste pase a ser considerado de energía cero, y esto se logrará gracias al empleo de diferentes medidas pasivas y activas. Finalmente, se realizará una comparación del consumo actual que tiene el edificio con el consumo que se tendría una vez implementadas estas medidas.

SUMMARY

In this project, the design of an efficient building is carried out within the Region of Murcia, specifically in La Manga (Cartagena). Its main function will be to use it as a "Mar Menor Interpretation Centre". The regulations affecting this type of building are being studied. In the design, a set of measures will be implemented whose application will help to reduce energy consumption including systems based on the use of renewable energy.

Among the objectives of the work, it should be noted that the aim is to rehabilitate a building so that it will be considered as zero energy, and this will be achieved thanks to the use of different passive and active measures. Finally, a comparison will be made between the current consumption of the building and the consumption that would be reached once these measures are implemented.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no hubiese sido posible sin la colaboración y asesoramiento de mi tutora D^a Ana Nieto Morote. Agredecer también a la Universidad Politécnica de Cartagena la formación adquirida a lo largo de la carrera universitaria. Una dedicatoria especial a mi familia por su perseverancia y comprensión en todo momento. También a mis compañeros de Promoción.

1. Definición y presentación de la metodología.

1.1. Introducción y descripción del problema.

El desarrollo de estructuras sostenibles tiene como objetivo ahorrar en costes energéticos y recursos a largo plazo.

La eficiencia energética en edificios es una práctica que abarca desde la interacción del edificio con el entorno, recursos y sistemas constructivos empleados, hasta la utilización y mantenimiento de dichas construcciones.

En este trabajo, se ha estudiado cómo diseñar un “Centro de interpretación del Mar Menor (CIMM)”.

1.2. Motivaciones por parte del autor.

El autor muestra un cierto interés en la sostenibilidad y desarrollo energético de los edificios, ya que en el futuro todas las edificaciones deberán cumplir con las exigencias básicas de eficiencia energética.

Por tanto, vio que sería una oportunidad realizar una investigación sobre este tipo de edificios, planteando a su tutora el diseño de un edificio eficientemente energético y así poder desarrollar su trabajo fin de grado.

1.3. Organización del trabajo.

Este proyecto se puede dividir en tres partes:

- En la primera parte se define qué es la eficiencia energética y se lleva a cabo una revisión de la normativa sobre ésta. Al mismo tiempo se mostrarán las ayudas y subvenciones disponibles para este tipo de construcciones.
- En la segunda parte se realiza una revisión de las diferentes medidas que existen a la hora de diseñar un edificio eficiente. En el diseño de estos edificios intervienen diferentes medidas de construcción entre las que diferenciamos dos grupos: medidas pasivas, como por ejemplo medidas bioclimáticas puntuales, y medidas activas, como puede ser la utilización de fuentes de energías renovables.
- En la tercera parte se realizará un análisis del entorno y el clima, estudiando diversas variables que puedan afectar a la estructura del edificio. Y finalmente, se desarrolla el diseño, mencionando las distintas instalaciones que contiene y el consumo energético que se quiere conseguir. Al encontrarnos ante una rehabilitación, se realizará una descripción del edificio actual, incluyendo información sobre su consumo actual y cuál sería su consumo una vez aplicadas e instaladas las propuestas de todas las actuaciones que se llevaran a cabo en dicho edificio. Finalmente, se realizará un resumen del presupuesto total que se adjuntará en el ANEXO I.

1.4. Objetivo.

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de un edificio que cumpla con los requisitos básicos de ahorro de energía. Como objetivos secundarios se encuentran la adquisición de conocimientos en el ámbito legislativo de eficiencia energética y la identificación de las diversas medidas a implementar. Al tratarse de una rehabilitación, se buscará reducir el consumo actual del edificio.

2. Estudio de la eficiencia energética y normativa en edificación.

Se define la eficiencia energética como el uso eficiente de la energía, lo que significa reducir el consumo del edificio, y mediante energía renovable cubrir la demanda energética necesaria.

2.1. Tipos de edificios eficientes

En la actualidad, se diferencian varios tipos de edificios eficientemente energéticos. Entre estos se encuentran:

- Edificios de baja energía. Estos edificios consumen menos energía que los edificios convencionales. Es un tipo de edificio que ofrece máximo confort a sus habitantes en cualquier estación del año. Estos edificios cumplen además con unos requisitos mínimos o nulos de calefacción tradicional y sin refrigeración activa. Se caracterizan por un buen aislamiento térmico, utilizan el menor número de puentes térmicos y la calidad del aire interior es óptima ya que utilizan sistemas de ventilación que constan de recuperadores de calor.
- Edificios de energía cero. Un edificio de energía cero es un edificio cuyo consumo es casi nulo. Esto se consigue al existir un balance entre el consumo y la generación de energía, lo que da lugar a la reducción considerable de la demanda energética del edificio. Cuando se habla de demanda energética, de forma general se habla de tres tipos de demanda entre los cuales se destacan la térmica, la eléctrica y la luminosa.
El consumo de un edificio de energía cero se ve compensado con el uso de las medidas pasivas y activas.
- Edificios de energía plus. En este tipo de edificios la energía que se genera es superior a la energía consumida. El “plus” de energía obtenido puede ser utilizado para alimentar a vehículos eléctricos, edificios adyacentes o inyectar esta energía a la red eléctrica, convirtiéndose este edificio en una pequeña planta de energía. Mencionar que esta energía plus se suele obtener de manera regenerativa, generalmente solar.

2.2. Ventajas e inconvenientes

A la hora de diseñar este tipo de edificios catalogados como eficientes, cabe destacar las ventajas e inconvenientes más importantes que nos encontraremos.

Entre las ventajas cabe mencionar:

- **Reducción significativa de la demanda energética.** Este es el principal objetivo del diseño de este tipo de edificios. Obtener un ahorro en el consumo energético, reflejándose esta reducción de consumo en las facturas energéticas del edificio.
- La **utilización de energías renovables** ayudará a cubrir el consumo energético del edificio.
- El uso de energías renovables ayudará a la **reducción del impacto climático y ambiental.**
- Al disponer de las ventajas mencionadas anteriormente, es lógico que se produzca una **revalorización de la vivienda.**

Y entre los inconvenientes:

- **Inversión inicial elevada.** La instalación de fuentes de energía renovables, la utilización de material de alta calidad, ya sea utilizado por ejemplo en el aislamiento del edificio, y muchas más medidas empleadas, elevarán el coste de construcción.

- Para un desarrollo eficiente del edificio se deberá seguir un **mantenimiento de las instalaciones** riguroso, puesto que este método ayudará a que el edificio cumpla con los objetivos de eficiencia.

2.3. Normativa que regula la eficiencia energética en edificación.

En esta sección se muestran las diferentes normativas por las que se regula la eficiencia energética de nuestros edificios, ya sean existentes o de nueva construcción. Entre ellas encontramos dos niveles de regulación normativa: normativa europea y normativa española.

Entre las normativas europeas que regulan la eficiencia energética en edificación se encuentran:

- La Directiva 2010/31/UE cuyo objetivo consiste en promover la eficiencia energética de los edificios ubicados en la Unión Europea. Dicha directiva establece que se debe tener en cuenta todo lo relativo a las condiciones climáticas externas y todas las peculiaridades específicas del entorno local, también se deben valorar las matizaciones vinculadas al ambiente del interior de los edificios, y todo ello debe ser analizado y valorado en términos económicos, estableciendo la repercusión del coste inicial en la inversión y la eficacia en la aplicación de todas estas medidas.

Esta directiva define la eficiencia energética de un edificio como la cantidad de energía medida o calculada que satisface la demanda del uso normal de una edificación, en ella se incluye el consumo de calefacción, ventilación, iluminación, refrigeración y calentamiento de agua.

En esta directiva se menciona que los estados miembros de la Unión Europea serán los encargados de regular y aplicar las exigencias básicas relacionadas con la eficiencia energética (establecidas en la normativa de cada país) en cada uno de los edificios construidos o que estén por construir.

- La Directiva 2012/27/UE. Esta directiva establece una serie de medidas que se deberán aplicar en todo el ámbito comunitario cuyo objetivo es fomentar la eficiencia energética, estableciendo la consecución de un 20% para el 2020, así como establecer criterios adheridos a mecanismos para ir progresando en este ámbito de forma continuada en los años venideros, estableciendo al mismo tiempo la eliminación de los obstáculos que impiden el cumplimiento de los objetivos planificados.

Esta directiva define la eficiencia energética como la consecución de un rendimiento y la optimización al máximo del gasto de energía. También se define el ahorro de energía como la energía que se ahorra, esta energía se controla comparando la estimación del consumo antes y después de aplicar alguna de las medidas de eficiencia energética, y se deben valorar también las condiciones externas ambientales y climatológicas que influyen en el consumo.

En esta directiva se menciona que cada país perteneciente a la Unión Europea tendrá un objetivo nacional de eficiencia energética orientativo, basado en tres conceptos

que son el consumo, el ahorro y la intensidad. Al igual que en la directiva 2010/31/UE, se establece que los estados miembros serán los encargados de establecer las normativas relacionadas con la eficiencia energética y comprobarán que estas normativas se cumplan.

- Y la directiva 2018/44/UE que modifica alguno de los artículos de las Directivas 2010/31/UE y 2012/27/UE e inserta algunos nuevos. El objetivo principal de esta nueva directiva es impulsar la renovación en materia energética en edificios existentes, incorporar todas las medidas, indicadores e introducir avances tecnológicos para evaluar la implantación y resultados de la aplicación de medidas destinadas a alcanzar la máxima eficiencia energética.

Mencionar que los objetivos de ambas directivas (2010/31/UE y 2012/27/UE) se mantienen y permanecen vigentes en la directiva 2018/44/UE.

Una vez revisada la normativa europea, se procede a revisar la normativa española la cual afectará a los edificios de nuestro país. Existen varios documentos que regulan la eficiencia energética en edificación en España:

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el texto normativo, encargado de determinar todos los requisitos básicos exigidos a los edificios en materia de seguridad y habitabilidad que establece la Ley 38/1999. Esta ley tiene como objetivo regular los aspectos esenciales y requisitos que deben cumplir las edificaciones, exigiendo el cumplimiento de calidad así como la protección del usuario.

El CTE regula la eficiencia energética gracias a unos Documentos Básicos (DB), en concreto el documento básico que hace referencia al ahorro de energía (DB-HE).

El DBHE es el Documento Básico de Ahorro de Energía cuyo objetivo es conseguir la utilización racional de la energía en los edificios aplicando todas las medidas adecuadas para lograr un consumo sostenible, considerando que este proceda de fuentes de energía renovable.

Las exigencias que este documento menciona vienen también recogidas en el RD 732/2019, en el Artículo 15 y son seis: limitación del consumo energético (HE 0), condiciones para el control de la demanda energética (HE 1), condiciones de las instalaciones térmicas (HE 2), condiciones de las instalaciones de iluminación (HE 3), contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria (HE 4), y generación mínima de energía eléctrica (HE 5).

Se define como edificio de energía cero aquel que cumpla con las exigencias reglamentarias establecidas en el DBHE.

Las exigencias reglamentarias son:

- Exigencia básica HE 0, la cual trata sobre la limitación del consumo energético. Esta exigencia menciona que el consumo energético de los edificios vendrá limitado en función de la zona climática de invierno de la ubicación del edificio. Se realiza una cuantificación de la exigencia, donde el consumo de energía primaria no renovable límite y el consumo de energía primaria total límite vienen recogidos en la siguiente tabla (este consumo varía en función de la zona horaria):

Tabla 2.3. 1. HE0. Valor límite del consumo de energía primaria no renovable para uso distinto del residencial privado, $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año].

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$70 + 8 \cdot C_{FI}$	$55 + 8 \cdot C_{FI}$	$50 + 8 \cdot C_{FI}$	$35 + 8 \cdot C_{FI}$	$20 + 8 \cdot C_{FI}$	$10 + 8 \cdot C_{FI}$	

Tabla 2.3. 2. HE0. Valor límite del consumo de energía primaria total para uso distinto del residencial privado, $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año].

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Zona climática de invierno						
α	A	B	C	D	E	
$165 + 9 \cdot C_{FI}$	$155 + 9 \cdot C_{FI}$	$150 + 9 \cdot C_{FI}$	$140 + 9 \cdot C_{FI}$	$130 + 9 \cdot C_{FI}$	$120 + 9 \cdot C_{FI}$	

- Exigencia básica HE 1, la cual trata sobre las condiciones para el control de la demanda energética. La caracterización de la exigencia sirve para controlar la demanda energética. Los edificios se compondrán de una envolvente térmica cuyas características limitarán las necesidades de energía primaria, alcanzando de esta manera el objetivo de bienestar térmico. La cuantificación de dicha exigencia viene en función de la envolvente térmica, donde deberá cumplir las siguientes condiciones:
 - No superar el valor límite de transmitancia térmica. No superar el valor límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio.

Tabla 2.3. 3. HE1. Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K].

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

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 envolvente térmica (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		

Tabla 2.3. 4. HEI. Valor límite K_{lim} [W/m^2K] para uso distinto del residencial privado.

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

	Compacidad V/A [m^3/m^2]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Nota*:

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

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Las unidades de uso con actividad comercial cuya compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

- No superar el valor límite del parámetro de control solar.

Tabla 2.3. 5. HEI. Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ [$kWh/m^2 \cdot mes$].

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

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

- No superar el valor límite de permeabilidad al aire de la envolvente térmica.

Tabla 2.3. 6. HEI. Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,lim}$ [$m^3/h \cdot m^2$].

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

Nota*:

*La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .

La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

- No superar el valor límite de la transmitancia térmica de las particiones interiores.

Tabla 2.3. 7. HE1. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, $U_{lim}[W/m^2K]$.

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

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

- Limitar en caso de que se produzcan, las condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, para que estas no den lugar a degradaciones o pérdidas de vida útil de la envolvente.
- Exigencia básica HE 2, donde se recogen las condiciones de las instalaciones térmicas. Se debe conseguir el bienestar térmico de los ocupantes. Esta exigencia se desarrollará más tarde en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), el cual viene recogido tras enumerar las exigencias básicas, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
- Exigencia básica HE 3, la cual trata sobre las condiciones de las instalaciones de iluminación. Los edificios deben disponer de instalaciones de iluminaciones adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control y de regulación.
No se deberá superar el valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI) de iluminación, no se deberá superar la potencia máxima por superficie iluminada recogida en dicha exigencia, se establecerán unos sistemas de control y regulación de cada zona que incluya:
 - a) un sistema donde se determinará de forma manual el encendido y el apagado, y será externo al cuadro eléctrico.
 - b) también se establecerá como sistema de control un sistema de encendido por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.

En las zonas menos transitables como pueden ser pasillos, aseos, zonas de tránsito, aparcamientos, espacios comunes, el sistema descrito en el apartado b), se puede sustituir por algunas de las siguientes opciones que describo:

- Un sistema de control de encendido y apagado temporizado, por detección de presencia.
- O un sistema de pulsador temporizado.

También se establecerán sistemas de aprovechamiento de la luz natural.

- Exigencia básica HE 4, se recoge la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria. En la caracterización de esta exigencia se menciona que los edificios saciarán sus necesidades de ACS utilizando energía facilitada por fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables. En la cuantificación de esta exigencia se destaca la contribución renovable mínima para ACS. *“La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.”*
- Exigencia básica HE 5, que recoge la generación mínima de energía eléctrica. Se incorporarán en los edificios sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red. Existe una potencia a instalar mínima. *“La potencia obligatoria a instalar, en todo caso, no será inferior a 30 kW ni superará los 100 kW”*

Mencionar que las exigencias tratadas se aplicarán en edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes y/o en edificios existentes que sean rehabilitados o reformados.

El RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, Versión Consolidada 2013) se trata de una exigencia básica de ahorro de energía, concretamente la exigencia básica HE 2 recogida en el DBHE. Dicha exigencia viene recogida en el RD 1027/2007.

El RD 1027/2007 se trata de: *“una medida de desarrollo del Plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética en España (2005-2007) y contribuirá a alcanzar los objetivos establecidos por el Plan de fomento de las energías renovables (2000-2010)”* promoviendo el uso de energía solar térmica sobre todo en la producción de agua caliente sanitaria.

El objetivo del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios es:

“...establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios”

Las medidas que este reglamento reúne tienen como objetivo una dimensión ambiental.

También se recoge la importancia de la instalación de calderas que reduzcan las emisiones de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes.

Entre estas instalaciones se pueden diferenciar entre instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria.

Este reglamento se aplicará tanto en edificios de nueva construcción como en edificios ya existentes.

Respecto a las exigencias técnicas recogidas en este reglamento cabe destacar:

- **Bienestar e higiene**, donde el edificio debe proporcionar una buena calidad térmica del ambiente, del aire interior y del ambiente acústico y una buena higiene.

Tabla 2.3. 8. Condiciones interiores de diseño.

Fuente: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Además de las condiciones interiores de diseño, se debe tener en cuenta la velocidad media del aire dentro del local (siendo este calculado) y otras condiciones como molestias debidas a corrientes de aire, diferencias verticales de temperatura, suelos calientes y fríos...

También se deben tener en cuenta las exigencias de calidad del aire interior y del aire exterior.

- **Eficiencia energética.** Hay que buscar que las instalaciones térmicas reduzcan su consumo de energía convencional. Entre los requisitos a cumplir encontramos:
 1. **Rendimiento energético:** se buscará que las prestaciones en todos los equipos destinados a la generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos tengan un rendimiento máximo.
 2. **Distribución de calor y frío:** se aislarán todos los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.
 3. **Regulación y control:** para intentar mantener las condiciones de diseño estudiadas en los locales climatizados se trabajará con instalaciones dotadas de sistemas de regulación y control, y se ajustarán los consumos de energía a las variaciones de la demanda eléctrica, así como la interrupción del servicio en caso necesario.
 4. **Contabilización de consumos:** se deberá disponer de sistemas capaces de contabilizar el consumo energético para que el usuario conozca en todo momento su consumo y en caso de ser varios usuarios permitir el reparto de gastos de explotación en función del consumo de cada uno.
 5. **Recuperación de energía:** las instalaciones térmicas dispondrán de subsistemas que faciliten la recuperación de energía, el ahorro y el aprovechamiento de energías residuales.
 6. **Utilización de energías renovables:** las energías renovables serán aprovechadas por las instalaciones térmicas con el objeto de cubrir una parte de las necesidades del edificio.

En el RITE encontramos un apartado, concretamente el punto IT 1.2.4 en el cual se recoge la caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética. Se dan a conocer los criterios generales tanto para generadores de calor como de frío.

A lo largo de este punto se abordan las especificaciones técnicas que se deben ir cumpliendo a la hora de realizar las respectivas instalaciones térmicas en los edificios, para que de esta forma cumplan con los requisitos de eficiencia energética. Se debe mencionar que queda totalmente prohibido el uso de combustibles sólidos de origen fósil en las instalaciones térmicas de los edificios.

Con estas normativas se pretende avanzar en la mejora de la eficiencia energética. Destacar que la normativa europea también persigue que los países que pertenecen a la Unión Europea establezcan unas estrategias a largo plazo, las cuales permitan renovar el parque edificado nacional (público o privado). Estas medidas se emplazan en el Plan Nacional de Acción y Eficiencia Energética 2017-2020.

“Este Plan, que da continuación al Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, se configura como una herramienta central de la política energética, cuya ejecución está permitiendo alcanzar los objetivos de ahorro y eficiencia energética que se derivan de la Directiva 2012/27/UE”

Todos los edificios de nueva construcción en España y demás países europeos, a partir de 2020, deberán cumplir con la mayoría de estas normativas citadas anteriormente, consiguiendo de esta manera tener un consumo de energía casi nulo.

2.4. Ayudas y subvenciones para la edificación.

El mayor inconveniente que existe a la hora de construir un edificio eficiente es la inversión económica inicial que se requiere tanto para edificios de nueva construcción como para la rehabilitación de edificios ya construidos. Para ello en este punto, se citan varias ayudas y subvenciones las cuales están enfocadas en facilitar la construcción de nuevos edificios y mejorar la eficiencia de los edificios que ya existen.

Entre las ayudas encontramos el programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes (Programa PAREER). El objetivo de este programa es disminuir las emisiones de CO₂ y el consumo de energía de nuestros edificios. El fin de este programa es mejorar al menos en una letra la calificación energética de nuestro edificio.

También mencionar el Programa PAREER-CRECE que está dotado con 200 millones de euros donde las actuaciones deben enfocarse en la mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica, la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación, la sustitución de energía convencional por biomasa en las instalaciones térmicas y la sustitución de energía convencional por energía geotérmica en las instalaciones térmicas. Según el IDAE, podrán ser beneficiarios de las ayudas de este programa: los propietarios de edificios existentes destinados a cualquier uso, las comunidades de propietarios o las agrupaciones de comunidades de propietarios de edificios residenciales de uso vivienda (constituidos como Propiedad Horizontal), los propietarios que de forma agrupada sean propietarios de edificios y no hubiesen otorgado el título constitutivo de propiedad horizontal, las empresas de servicios energéticos y las empresas explotadoras, arrendatarias o concesionarias de edificios.

En el [Programa PAREER-CRECE](#) encontramos los distintos tipos de ayudas (IDAE) que se ofrecen. Este programa ofrece dos modalidades de ayuda: una entrega dineraria sin contraprestación, donde se ofrece una ayuda base en función del tipo de actuación y una ayuda por criterio social, eficiencia energética o actuación integrada; y un préstamo reembolsable, que también viene condicionado por el tipo de actuación (entre el tipo de actuación se encuentra la mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica y de las instalaciones térmicas y de iluminación, y la sustitución de energía convencional por energía renovable).

Las condiciones del préstamo son las siguientes:

- a) Tipo de interés: Euribor + 0,0%.
- b) Un plazo máximo de amortización de 12 años.

- c) Garantías: Aval bancario, contrato de seguro de caución, o depósito en efectivo a favor del IDAE en la Caja General de Depósitos del Ministerio de Economía y Competitividad, por importe del 20% de la cuantía del préstamo.

En la siguiente página, se muestran los programas de ayudas convocados por el IDAE para edificios que pertenecen al Estado: <https://www.idae.es/gl/node/12680>.

Destacar que el Ministerio de Fomento lanzó un nuevo Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2018/21 que recoge las ayudas a la rehabilitación y regeneración urbana y rural. Con este programa se busca mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de las viviendas, la regeneración y renovación urbana o rural... Para solicitar una subvención nos deberemos dirigir a la consejería o departamento de vivienda correspondiente a nuestra Comunidad Autónoma ya que es competencia suya.

3. Estudio de medidas.

Los edificios consumen una parte importante de los recursos energéticos de nuestro país; por lo que si se racionaliza este uso de energía, se aumentará la eficiencia y el ahorro de nuestro edificio. Se estudiarán dos medidas fundamentales que se tendrán en cuenta a la hora de diseñar el edificio:

- Medidas pasivas: son medidas que afectan al diseño y construcción del edificio, como aislamientos de mayor calidad, orientación del edificio...
- Medidas activas: fundamentalmente son medidas manifiestas en las instalaciones, como por ejemplo, la utilización de calderas eficientes. Dentro de estas medidas cabe destacar el uso de energías renovables, donde destacan la energía fotovoltaica y la energía solar térmica.

3.1. Medidas pasivas.

Son métodos utilizados en arquitectura con el fin de lograr un acondicionamiento ambiental óptimo del edificio utilizando únicamente procedimientos o estrategias naturales. Entre estas medidas se destaca la utilización del sol, del viento, la orientación que debe tener el edificio, los materiales utilizados en la construcción...

El objetivo del diseño pasivo es garantizar el confort en el interior del edificio, minimizando el uso de sistemas de refrigeración o calefacción y la energía que este tipo de sistemas consumen.

Para mejorar la autonomía del edificio y disminuir su consumo energético nos enfocaremos en un mayor aprovechamiento solar del edificio. Este aprovechamiento energético se puede clasificar en dos partes: aprovechar el potencial del sol en invierno y días con temperaturas bajas, evitando el uso de calefacción, y en verano utilizar ciertas medidas, como por ejemplo protecciones solares, para evitar el calentamiento provocado por el sol.

Entre las medidas pasivas destacamos:

3.1.1. Medidas relacionadas con la construcción del edificio.

- ***Orientación correcta del edificio.*** Si el edificio no está bien orientado influirá en el confort dentro de él y en el ahorro de la demanda energética y climatización. Los edificios están expuestos al impacto directo de los rayos del sol. Se debe saber que Cartagena se encuentra en el hemisferio norte, y en este hemisferio en invierno el sol sale del este, pero su orientación está al norte, la puesta de sol en esta época se hace por el oeste manteniéndose la misma orientación. En verano es diferente, ya que el sol sigue el mismo movimiento que en invierno, sin embargo, en esta época está orientado hacia el sur. En Cartagena, la fachada donde menos incide el sol es en la fachada norte, por lo que las principales zonas de ventilación se colocan en esta zona, reduciéndose el impacto solar. Para un mayor aprovechamiento solar, las placas fotovoltaicas en la región de Murcia suelen orientarse en dirección sur.

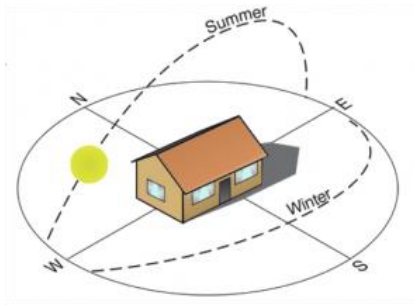


Imagen 3.1.1. 1. Orientación del edificio.

Fuente: <https://certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/construir-casa-orientacion-optima-eficiente-energia/>

- **Factor de forma (relación entre la superficie de la envolvente del edificio y el volumen que alberga).** Se requiere de un buen factor de forma ya que el objetivo de esta medida consiste en reducir la superficie en contacto con el exterior disminuyendo de esta forma las necesidades de climatización. Entre sus principales características encontramos la superficie de la envolvente y el volumen. La superficie de la envolvente tiene relación directa con el intercambio de calor entre exterior e interior, mientras que el volumen del edificio se relaciona con la capacidad de almacenar energía del edificio. El edificio ideal es el que dispone de una mínima superficie de pérdidas conservando el mismo volumen de almacenaje de calor. No es una de las medidas más importantes, pero se debe tener en cuenta a la hora de la construcción.
- **Puentes térmicos.** En las construcciones de los edificios surgen ciertas irregularidades en el proceso constructivo, estas irregularidades se tratan de puntos débiles o discontinuidades en diferentes zonas como pueden ser ventanas, huecos de escalera, suelos, forjados, tejados, paredes... Debido a estas debilidades el edificio sufre grandes pérdidas de energía térmica, ya que, por ejemplo los cerramientos pierden gran parte de sus propiedades aislantes. Los puentes térmicos se originan en los cambios de la geometría de la envolvente o cambios de materiales o resistencia térmica. Se debe reducir el número de puentes térmicos si se quiere reducir las pérdidas de calor.

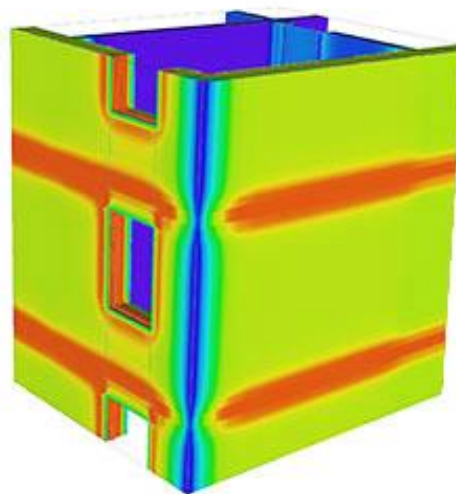


Imagen 3.1.1. 2. Puentes térmicos en un edificio.

Fuente: <http://eco-logicos.es/2012/04/que-son-puentes-termicos-tipos-y-caracteristicas/>

- **Aislamientos.** El aislamiento térmico es la capacidad que ofrece un material para oponerse al paso del calor por conducción. Se clasifican en función de la resistencia térmica que poseen. La resistencia térmica se expresa en el Sistema Internacional de Unidades en m^2K/W . Un material se considera aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad es inferior a $0,085 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ medido a 20°C ó $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. El espesor de dicho aislamiento dependerá del clima donde se encuentre el edificio, con lo que se deberá optimizar dicho espesor en función del coste y de la mejora de la eficiencia energética. En cuanto al uso de este tipo de materiales y según las nuevas técnicas adoptadas en la bioclimatización de un edificio se ha regresado a la utilización de materiales naturales entre los que encontramos lana de oveja, fibra de madera, corcho, fibra de cáñamo... También encontramos materiales más avanzados pero a su vez más caros como son los paneles con cámara de aire incluida y las termoarcillas. En la siguiente imagen se recogen diferentes aislamientos térmicos, clasificados en función de sus propiedades:

Tabla 3.1.1. 1. Tipos de aislantes.

Fuente: <https://ovacen.com/materiales-aislantes/>

Denominación		Origen	Conductividad $W/(m \cdot K)$	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	Inflamable	Precio aproximado $\text{€}/m^2$	Formato	Medidas de protección en su instalación	Coste energético de producción MJ/kg^2	Biodegradable
Lanas minerales	Lana de roca (SW)	Mineral	0,03-0,05	1	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15-25	NO
	Lana de vidrio (GW)	Mineral	0,03-0,05	1-1,3	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15-50	NO
Poliestireno expandido (EPS)		Sintético	0,029-0,053	20-40	SI	<5	Panel y a granel	NO	75-125	NO
Poliestireno extruido (XPS)		Sintético	0,025-0,04	100-220	SI	<15	Panel	Guantes	75-125	NO
Poliuretano o Polisocianurato (PUR)		Sintético	0,019-0,040	60-150	SI	<10	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	70-125	NO
Perlita Expandida (EPB)		Mineral	0,040-0,060	3-8	NO	<5	Panel, rollo, espuma y a granel	Protección frente al polvo	5-20	NO
Vidrio celular (CG)		Mineral	0,035-0,055	Infinita	NO	<60	Panel y espuma	NO	10-75	SI
Lana de oveja (SHW)		Animal	0,035-0,050	1-2	SI	<25	Rollo y a granel	NO	10-40	SI

Tabla 3.1.1. 2. Tipos de aislantes.

Fuente: <https://ovacen.com/materiales-aislantes/>

Denominación	Origen	Conductividad W/(m K)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (u)	Infamable	Precio aproximado €/m ²	Formato	Medidas de protección en su instalación	Coste energético de producción MJ/kg ²	Biodegradable
Algodón (CO)	Vegetal	0,029-0,040	1-2	Autoextinguible	<10	Rollo	NO	40-50	SI
Cáñamo (HM)	Vegetal	0,037-0,045	1-2	NO	<25	Panel, rollo, proyectado y a granel	NO	1-40	SI
Celulosa (CL)	Vegetal	0,034-0,069	1-2	Autoextinguible	<25	Panel, rollo, proyectado y a granel	Protección frente al polvo	1-25	SI
Corcho (ICB)	Vegetal	0,034-0,100	5-30	NO	<25	Panel, rollo y a granel	NO	1-25	SI
Fibras de coco (CF)	Vegetal	0,043-0,047	1-2	NO	<40	Panel y rollo	NO	1-10	SI
Lino (FLX)	Vegetal	0,037-0,047	1-2	NO	<25	Panel, rollo y proyectado	NO	25-40	SI
Virutas de madera (WF)	Vegetal	0,038-0,107	1-10	SI	<40	Panel, proyectado y a granel	NO	5-25	SI

- **Vidrios.** En el mercado encontramos cristales de alta eficiencia. Estos dejan pasar un gran porcentaje de luz visible y radiación solar, y además rechazan el calor. Encontramos cristales laminados que se suelen utilizar como cristales de seguridad y aparte están fabricados con una película plástica llamada polivinil butiral. Esta película contiene un filtro capaz de retener los rayos ultravioleta, dejando pasar el calor y la luz y evitando que materiales se vean dañados por estos rayos. Por último, también encontramos cristales dobles o triples, estos disponen de espacios de aire intermedios entre cada capa de cristal. Estas capas disminuyen la transmisión de frío, de calor y el ruido en el interior de la zona donde se instalen. Estos últimos ofrecen un buen aislamiento minimizando las pérdidas de calor del edificio. Para ahorrar en calefacción se deben aprovechar y dimensionar los huecos con ventanas, con *vidrios aislantes* los cuales vendrán condicionados por la orientación de la fachada.

En nuestra Región al disponer de un clima mediterráneo, se dispone de los siguientes valores:

Tabla 3.1.1. 3. Porcentaje de ocupación.

Fuente: http://oa.upm.es/22394/1/BEATRIZ_ARRANZ_ARRANZ.pdf

Orientación fachada	Porcentaje de ocupación de la fachada con vidrios aislantes
SUR	40-60%
NORTE	10% (evitar pérdidas)
ESTE/OESTE	20% o menos

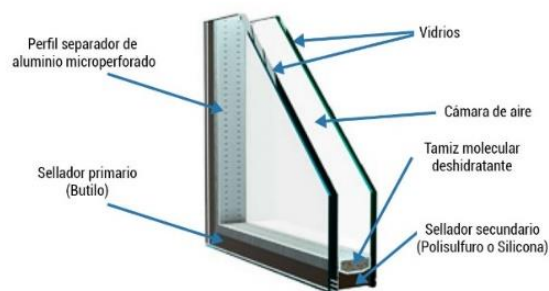


Imagen 3.1.1. 3. Ejemplo de cristal doble.

Fuente: <https://www.gutigar.es/guias-y-ayudas/tipos-de-acristalamiento/>

- El estudio de la **estanqueidad del aire** a la hora de diseñar el edificio permite disminuir pérdidas térmicas y el aporte necesario de energía, puesto que si tenemos un mal diseño de los cerramientos, esto permitirá la penetración de corrientes de aire en el interior del edificio dando lugar a una clara disminución de la eficiencia de los sistemas de climatización, enfriándose los espacios o calentándose sin necesidad. Para ello encontramos materiales capaces de sellar los diferentes cerramientos entre los que cabe destacar: latex natural para juntas, cintas adhesivas universales...
- **Ventilación natural.** Existen diversos sistemas, ya sean mecánicos y/o naturales, diseñados para el control de la ventilación. El control de la ventilación influye en la necesidad de refrigeración del edificio, reduciendo esta hasta un 60%. Esta medida se basa en aprovechar la convección del aire y los vientos para así crear corrientes en el interior del edificio. Esta estrategia debe utilizarse junto con ambientes sombreados y una envolvente que disponga de una temperatura superficial semejante a la ambiente. Esta medida se debe mencionar que funcionará mientras la temperatura exterior no sea superior a 30°C con una humedad relativa entre 70 y 90%.
- **Iluminación natural.** Esta es una de las medidas más importantes a tener en cuenta, tanto desde el punto de vista de confort visual que esta proporciona como desde el punto de vista del consumo energético. Además de la utilización de vidrios, se disponen de otras soluciones avanzadas para alumbrar espacios cerrados o de difícil acceso. Claro ejemplo de estos son los tragaluces con espejo, estos aprovechan el fenómeno de la refracción de la luz y a través de tubos inyectan luz natural en sótanos o zonas semienterradas.



Imagen 3.1.1. 4. Tragaluz solar.

Fuente: <https://reformacoruna.com/tubo-luz-solar/>

- **Fachada ventilada.** Se trata de un sistema constructivo que ofrece numerosas posibilidades estéticas y además beneficia el aislamiento térmico y acústico del edificio. Consta de un muro de soporte, de una capa de aislante el cual se ancla o proyecta sobre el soporte, y de una capa de revestimiento, generalmente de aluminio, unida mediante una estructura de anclaje al edificio. Entre el aislante y el revestimiento se crea una especie de cámara de aire la cual permite, por “efecto chimenea”, la ventilación natural, manteniéndose de esta forma el aislamiento seco y produciéndose un ahorro en el consumo energético. De esta forma se reduce el número de puentes térmicos y se evitan problemas por condensación.

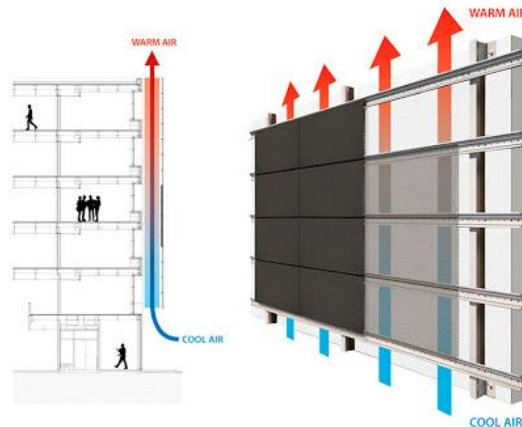


Imagen 3.1.1. 5. Fachada ventilada.

Fuente: <http://www.mercavidrio.com.mx/fachadas-ventiladas/>

- **Suelo técnico o flotante para cubiertas.** Este tipo de suelo se coloca en cubiertas exteriores, terrazas o azoteas del edificio. Su principal función consiste en asegurar la estanqueidad del edificio, facilitando una rápida evacuación de aguas procedentes de lluvias. Además ofrece otras ventajas como instalación sencilla y limpia (dispone de soportes regulables o plots), mantenimiento simple, permite mejorar la impermeabilización y ofrece un mayor aislamiento térmico y acústico.



Imagen 3.1.1. 6. Suelo técnico o flotante.

Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=Ohyqoabd8_8

3.1.2. Estrategias de climatización enfocadas en el ahorro de calefacción.

- ***Galerías acristaladas e invernaderos adosados.*** Se tratan de espacios no acondicionados los cuales están formados por cerramientos exteriores y constan de un porcentaje alto de superficie acristalada. Se suelen colocar colindantes a las fachadas de un edificio. A esta categoría cabe mencionar que también pertenecen los balcones acristalados. En estos recintos es posible que exista cierta circulación de aire generalmente forzada a través de dicho recinto, bien en forma de recirculación del aire interior o de precalentamiento de aire exterior que se usa para ventilación.



Imagen 3.1.2. 1. Invernadero adyacente a la fachada.

Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767262/edificio-de-oficinas-intesa-sanpaolo-renzo-piano-building-workshop>

- **Muros trombe.** Estos tipos de muros se colocan estratégicamente. Están situados entre una zona exterior y una zona del edificio que se desea climatizar. Su función consiste en absorber la energía solar. En la parte superior e inferior del muro se dispone de orificios los cuales facilitan la circulación de aire caliente de unos espacios a otros. El muro está compuesto por dos hojas separadas entre sí por una cámara de aire. La hoja que está en contacto con el exterior es un material transparente (plástico, vidrio...) y suele ser de color oscuro, lo que permite una mayor absorción de energía solar. La hoja que está en contacto con la zona interior suele estar compuesta por un material de alta inercia térmica como puede ser piedra o ladrillo. El trabajo de estos muros es captar la energía solar a través de la hoja exterior, que por transmitancia se produce un calentamiento del aire en la cámara interior. Los orificios de la parte superior del muro, permiten la distribución del aire, y este por convección se introduce en el interior del edificio, expulsándose el aire frío por los orificios inferiores. Además, el muro interior se calienta por conducción lo que también calienta el espacio interior.

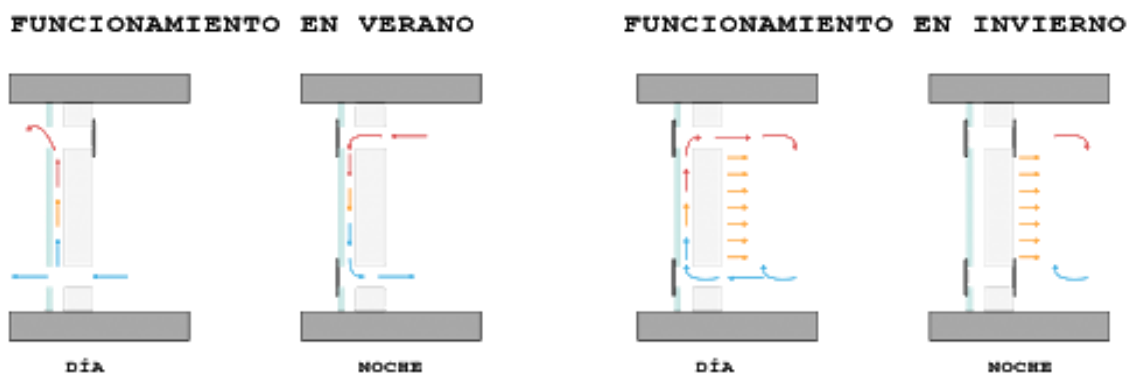


Imagen 3.1.2. 2. Funcionamiento de un muro trombe.

Fuente: <http://grupoalzado.com/climatizacion-pasiva-muros-trombe/>

- **Masa térmica.** El objetivo que persigue esta medida es utilizar materiales que posean una gran inercia térmica y sean capaces de almacenar la radiación solar recibida a lo largo del día, y en horas de baja o nula insolación, ceder este calor lentamente al edificio.

3.1.3. Estrategias de climatización enfocadas en el ahorro de refrigeración.

- **Control de la radiación.** Esta estrategia consiste en cubrir los huecos o cristales cuya misión es la captación solar en invierno con elementos opacos. Para ello se utilizan ventanas batientes, persianas, estores...



Imagen 3.1.3. 1. Ejemplo de ventanas batientes con estores.

Fuente: <https://dormitoriomueblesmodernos.blogspot.com/2014/09/estor-para-ventana.html>

- **Patios interiores.** Se trata de patios compuestos esencialmente por muros, suelos y drenajes y otros elementos básicos (mobiliarios, cubiertas, vegetación...), y que se encuentran dentro del edificio. En la mayoría de casos funciona como punto central y respecto a este recinto se organizan las demás zonas. Su principal ventaja es que aporta aire y luminosidad natural al edificio cuando las aberturas en la fachada no son suficientes.



Imagen 3.1.3. 2. Ejemplo de patio interior.

Fuente: <https://casaydiseno.com/patio-interior-cincuenta-ideas.html>

- **Arquitectura enterrada.** La gran ventaja de esta medida es su comportamiento térmico, ya que se consigue el confort en el interior de manera sencilla, sin consumir nada de energía. El terreno también facilita una inercia térmica la cual mantiene la temperatura constante a lo largo del año, sin necesidad de climatizar espacios interiores.
- La utilización de **protecciones solares** dificultan sobrecalentamientos en la edificación. Entre ellas encontramos las pérgolas que se tratan de sistemas que se instalan en las zonas más vulnerables del edificio, zonas afectadas por la radiación solar, y permiten regular dicha radiación y la temperatura en esa zona, además de proteger de los vientos, lluvias... Otra protección, este caso natural, que encontramos son los árboles de hoja caduca, los

cuales protegerán de la radiación solar en verano y en invierno al perder sus hojas beneficiarán el calentamiento de la zona del edificio donde estén plantados.

- Los **aleros** se tratan de prolongaciones de las partes superiores de las ventanas cuyo objetivo es bloquear la máxima radiación directa en verano. En invierno no se tiene ese problema puesto que los rayos inciden en el edificio con menor altura solar e inclinación, permitiendo recoger la radiación del sol.

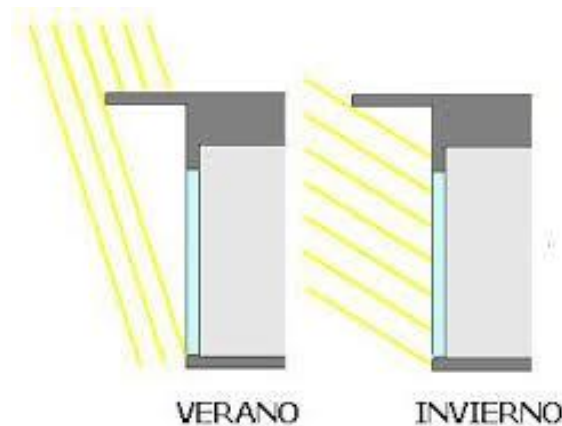


Imagen 3.1.3. 3. Esquema de un alero.

Fuente: <https://nergiza.com/foro/threads/toldo-o-alero.735/>

- **Implementación de techos verdes.** Para el diseño de la fachada se construirá un edificio basado en la implementación de techos verdes. Éstos se están convirtiendo en una iniciativa de diseño para todos los edificios de nueva construcción y rehabilitación de otros. Entre las ventajas que se encuentran a la hora de utilizar esta medida se tiene: una significativa disminución en los costos de calefacción y ventilación artificial; se trata de un filtro natural para el agua procedente de la lluvia; un aumento en la esperanza de vida de la cubierta de nuestro edificio; un hábitat natural para animales y plantas; y una reducción de los niveles de contaminación y polvo.

3.2. Medidas activas.

Las medidas activas son medidas que tienen asociado un consumo energético y se necesita una actuación directa para poder llevarlas a cabo. En comparación con las medidas pasivas, la mayoría de medidas activas implican una mayor inversión económica. Existen varias medidas activas las cuales vamos a clasificar en tres grupos distintos:

3.2.1. Medidas activas en calefacción, climatización y ACS.

- **Ventilación forzada.** Es un tipo de ventilación generada mediante ventiladores, impulsores... Los edificios que disponen de un buen aislamiento térmico son capaces de ahorrar en necesidades de refrigeración hasta un 50%. Un sistema muy conocido es el freecooling cuya función es refrigerar las zonas del edificio introduciendo de forma directa el aire del exterior en el interior siempre y cuando la temperatura del aire exterior sea menor que la temperatura del aire interior. Para ello solo se utilizan ventiladores. Es

muy útil en locales públicos en los que es necesario refrigerar en invierno cuando se dispone en el interior de una carga térmica elevada y las temperaturas exteriores son bajas.

- **Suelo radiante.** Se trata de un sistema de climatización que consta de una red de tuberías de plástico las cuales son instaladas bajo el pavimento y capa de mortero, haciendo circular agua caliente o fría a través de ellas, lo que provoca que el calor o el frío se irradie desde el suelo. Si este sistema trabaja como sistema de calefacción, al calentarse el suelo, se obtiene una mayor temperatura en los pies, y al ser esta temperatura superior a la de la cabeza mejora la sensación de confort. Mencionar que el suelo refrescante se recomienda en zonas donde la humedad no sea muy alta.



Imagen 3.2.1. 1. Suelo radiante.

Fuente: <https://blog.caloryfrio.com/suelo-radiante-ventajas-e-inconvenientes/>

- La **mejora del aislamiento de las redes hidráulicas.** Esta medida permite reducir las pérdidas de calor en las redes hidráulicas destinadas al reparto de ACS lo que conlleva un ahorro energético importante.
- La **utilización de sistemas de enfriamiento de alto rendimiento.** El tipo de edificio que se está estudiando estará abierto a un grupo grande de personas por lo que se debe incluir unas instalaciones de climatización óptimas las cuales ayudaran a mantener una temperatura idónea en una zona concreta del edificio. Estas instalaciones pueden trabajar en modo enfriamiento como en modo calefacción. Esta tecnología facilitará el ahorro en el consumo eléctrico de nuestro edificio. Estos sistemas se pueden ver beneficiados si añadimos sistemas de incorporación de evaporación a condensadores de aire (los cuales aumentarán la eficiencia energética de los sistemas de enfriamiento) o si empleamos un aporte de aire exterior (el cual facilitará un ahorro de energía en estos sistemas).
- **Recuperadores de calor.** Los recuperadores de calor son equipos que facilitan recuperar parte de energía del aire climatizado del interior del edificio mediante un intercambiador que pone en contacto ambas corrientes de aire (aire interior extraído y aire exterior introducido) sin mezclarlas. En invierno funcionará calentando el aire exterior que se introduce en el interior y en verano enfriará el aire caliente introducido del exterior. Además estos sistemas disponen de filtros que permiten reducir la concentración de partículas contaminantes en el aire, lo que mejorará la calidad o título del aire. Los recuperadores de calor ofrecen diversas ventajas entre las que encontramos una clara mejora en la eficiencia energética del edificio, son sistemas económicos cuyo coste de

inversión puede ser amortizado en poco tiempo y funcionan tanto en invierno como en verano. Cabe mencionar que cuanto mayor sea el gradiente térmico mayor será su eficiencia, y que a mayor caudal de paso menor eficiencia tendrá.

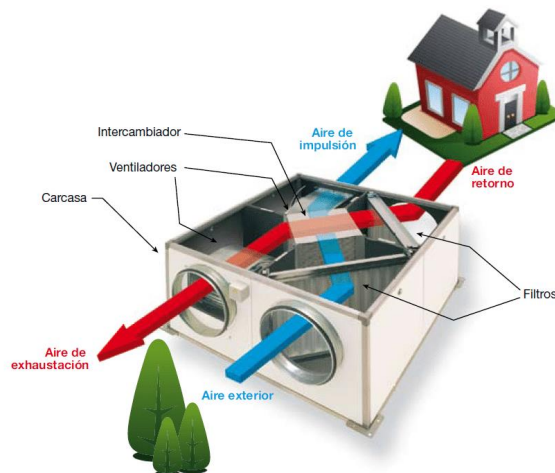


Imagen 3.2.1. 2. Recuperador de calor

Fuente: <https://ovacen.com/recuperadores-de-calor-conceptos-basicos-y-definicion/>

3.2.2. Medidas activas en iluminación.

En iluminación se puede destacar la reducción de la potencia instalada. Con esta medida lo que se pretende es disminuir la potencia absorbida por los sistemas que conforman la iluminación de nuestro edificio.

- **Automatización de lucernarios, ventanas e invernaderos.** En estos equipos se engloban todos los elementos móviles cuyo objetivo es maximizar el impacto bioclimático natural. Los lucernarios móviles disponen de un sistema de giro automático, siguen el movimiento solar y de esta forma captan la mayor cantidad de luz natural posible. Las ventanas disponen de persianas automáticas con sensores de luz solar, las cuales regulan de forma automática la radiación que pasa al interior del edificio. Los invernaderos automáticos son capaces de regular la temperatura de su interior registrada en los sistemas de control, para ello abren y cierran su cerramiento acristalado de forma automática.

3.2.3. Otras medidas

- **Aleros móviles y toldos.** En este caso al disponer estos elementos de una cierta movilidad se puede aprovechar mejor la energía solar tanto térmica como lumínica, retirándose o girando el alero en invierno por completo; y extendiéndolo en verano para así cubrir el cerramiento.
- **Viviendas automatizadas.** Se basa en la domótica o casa informatizada para aumentar el rendimiento eficiente del edificio. Si se realiza un control automatizado de los sistemas que componen el edificio tales como iluminación, calefacción o circuitos de enchufes, se puede controlar su funcionamiento automáticamente. Una ventaja que ofrece esta medida es que podemos instalar sensores de luz y calor los cuales permiten controlar la

climatización e iluminación del edificio de forma selectiva. A parte se pueden controlar elementos como toldos, persianas...

3.2.4. Uso de energía renovable.

La energía renovable se define como la energía que utiliza recursos virtualmente inagotables de la naturaleza. Para aprovechar al máximo dicha energía se debe estudiar el entorno del edificio y la zona climática donde nos encontramos, debido a que no todas estas energías son aplicables en el sector que ocupan. En edificación estas energías se pueden clasificar en:

- Tecnologías empleadas en la generación de calor:
 - **Energía solar térmica.** Esta energía tiene como objetivo principal transformar la radiación solar en calor calentando un fluido, que suele ser agua o aire. Esta energía es absorbida mediante captadores solares los cuales son de color oscuro facilitando de esta forma una mayor absorción de radiación solar. Para evitar fugas de energía, estos sistemas de captación imitan lo que se conoce como efecto invernadero. Los captadores disponen de un cristal el cual tiene la propiedad de ser atravesado por las ondas cortas de los rayos solares, al mismo tiempo que impide el paso de radiaciones de onda larga. Este actúa como una trampa de calor la cual impide que la energía calorífica pueda salir al exterior. El principio fundamental de estas instalaciones es absorber la energía del sol mediante un conjunto de captadores solares y conservarla en un sistema de almacenamiento el mayor tiempo posible, pudiéndose abastecer el consumo cuando sea necesario. Se debe evitar el enfriamiento del fluido que circula por el interior del sistema utilizando un aislamiento térmico lo más eficaz posible (en caso de aire se suele hacer circular el aire por tuberías rodeadas de piedras, las cuales son capaces de devolver el calor al aire frío, y en caso de ser agua se suele utilizar tanques aislados. Cabe mencionar, que no siempre se dispondrá de esta energía por lo que estos sistemas disponen de sistemas de apoyo los cuales utilizan gas, electricidad o gasóleo para su funcionamiento.



Imagen 3.2.4. 1. Colector solar térmico

Fuente: https://suelosolar.com/guiasolares/colectores_solares.asp

- **Energía geotérmica.** La energía geotérmica se almacena debajo de la superficie terrestre. Se encuentra en forma de calor y está ligada a las zonas magmáticas del planeta como volcanes, aguas termales o géiseres. Esta energía se puede aplicar tanto en la generación de electricidad (zonas cercanas a yacimientos con temperaturas superiores a los 100°C) como en los sectores industrial, servicios y residencial (zonas con temperaturas inferiores a los 100°C). El uso de este tipo de energía permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo. El sistema de climatización geotérmico es compatible con cualquier instalación actual de calefacción. Este sistema se puede dividir en tres partes:
 - Un circuito primario que consta de un equipo de bombeo y un acondicionamiento del agua geotérmica situado en la boca del pozo de extracción, un intercambiador de placas y un sistema de reinyección.
 - Una red de distribución encargada de distribuir agua caliente a los usuarios a través de un sistema de tuberías cerrado (ida y retorno), además cuenta con un equipo de bombeo y una centralita de conexión con el particular.
 - Y un circuito de distribución privado que se desglosa en dos circuitos: en un circuito cerrado de calefacción y en un circuito abierto para distribuir el agua caliente sanitaria.

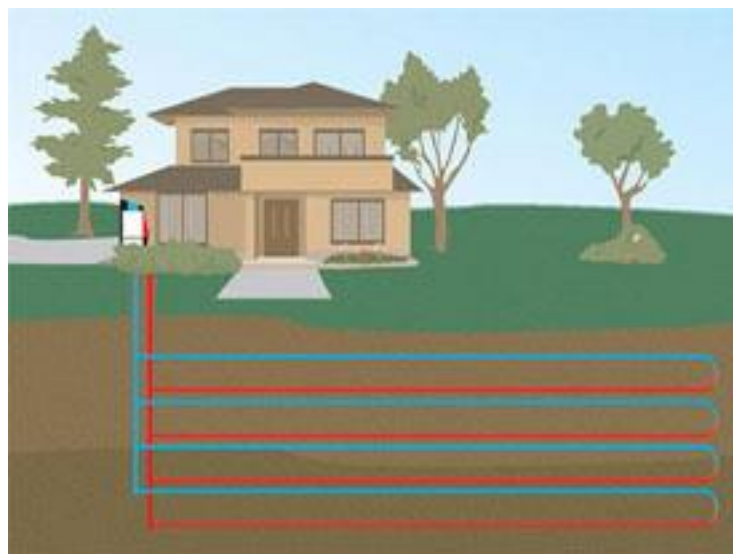


Imagen 3.2.4. 2. Instalación de energía geotérmica

Fuente: <http://www.argisun.com/soluciones/geotermica.html>

- **Aeroterminia.** La aeroterminia es una tecnología que utiliza principalmente energía renovable. Esta energía renovable es el aire (utiliza en torno al 70% de aire, el resto es electricidad) y se utiliza para climatizar las diferentes zonas de un edificio. Esta tecnología destaca por ser uno de los sistemas más eficientes del mercado. Su principal uso es la climatización (tanto calefacción como refrigeración) y la producción de agua caliente sanitaria. Se trata de una bomba de calor la cual funciona a partir de energía renovable. En nuestro caso, será una alternativa a las calderas que utilizan combustibles fósiles, disminuyendo así la contaminación ambiental. Las bombas de calor con aeroterminia cabe mencionar que presentan un COP (Coeficiente de operación) muy alto (alrededor de 3, según el fabricante), lo que significa que por cada kW de electricidad absorbido, se generan 3 kW térmicos. También suelen presentar un EER significativo, en

torno a un 2,5. Se debe especificar que el COP se aplica cuando el equipo trabaja en modo calefacción y EER cuando el equipo trabaja en modo refrigeración.

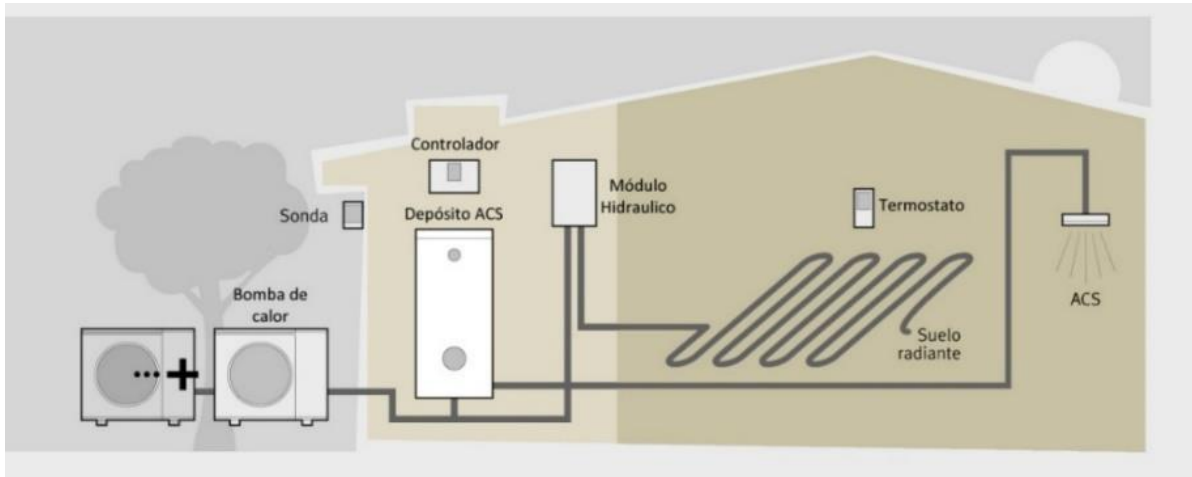


Imagen 3.2.4. 3. Ejemplo de una instalación de aerotermia

Fuente: <https://www.saunierduval.es/downloads/tarifa-saunier-duval/2020/sd-tarifa-2020-1635314.pdf>

- **Biomasa.** Esta energía utiliza como combustible productos obtenidos por fotosíntesis, como pueden ser los residuos industriales. Este combustible es suministrado a calderas de biomasa, éstas no producen humos y sus emisiones son comparables a los sistemas modernos de gasóleo y gas. Estas emisiones cuentan con una baja presencia de compuestos de nitrógeno y cantidades nulas de azufre. La gran ventaja que ofrece el uso de esta energía es el balance neutro de emisiones de CO₂, lo que significa, lograr un resultado de cero emisiones de carbono.
- Tecnologías empleadas para la generación de electricidad:
- **Energía solar fotovoltaica.** Esta energía se obtiene de los rayos del sol gracias a una lámina de material semiconductor y a su efecto fotoeléctrico. Esta lámina se trata de una célula fotovoltaica o una deposición de metales sobre un sustrato llamada capa fina. Los paneles fotovoltaicos se componen de un cristal o lámina transparente superior y un cerramiento inferior. Entre la lámina superior y el cerramiento inferior queda encapsulado el sustrato conversor y las conexiones eléctricas. La lámina inferior mencionada anteriormente suele ser un plástico de tedlar. Para encapsular se suele añadir laminas finas y transparentes de EVA que se funden para crear un sellado transparente y robusto cuya función es evitar la humedad y actuar como aislante. Estas instalaciones se pueden conectar a la red eléctrica y así vender la energía que generan o por el contrario pueden ser usadas en lugares aislados de la red.

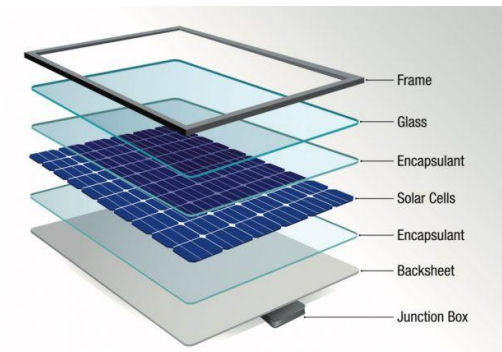


Imagen 3.2.4. 4. Panel solar fotovoltaico

Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/818599669749541116/>

- ***Fachada solar.*** Cabe mencionar que esta tecnología se emplea tanto para la generación de calor como para la generación de electricidad. Este método se basa en colocar placas solares en la fachada con mayor incidencia solar, utilizando entre el 40-60% de esta fachada. Esto además de aprovecharse para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica, se aprovecha también para generar calor, ya que al calentarse dichas placas, se transmite calor por conducción a la pared donde están ancladas.

- ***Energía minieólica.*** El funcionamiento de la energía minieólica consiste en producir electricidad a través de la transformación de energía cinética producida por el viento en energía mecánica, y de la transformación de esta en electricidad, mediante el uso de un generador o alternador eléctrico. A diferencia de la energía eólica, estas turbinas producen una potencia inferior a los 10kW. Aunque la producción de esta energía no sea muy elevada puede bastar para cubrir pequeños consumos, aparte de que su mantenimiento es escaso, el impacto visual es menor en comparación con los molinos de viento, no necesita obra civil, su instalación es sencilla, no requiere de estudios de viabilidad complicados, genera electricidad junto a los puntos de consumo por lo que se reducen las pérdidas...

4. Entorno del proyecto.

Nuestro edificio quiere ser diseñado en la zona de La Manga (Cartagena, Murcia), esta zona se caracteriza por un clima mediterráneo. Este clima resulta idóneo para un aprovechamiento bioclimático debido a la tasa de radiación. En nuestra Región se dispone de una gran insolación durante la mayor parte del año. A continuación, se recogen algunos de los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar el edificio. Para ello y gracias a la información que nos proporciona el Sistema de Información Agrario de la Región de Murcia, se ha realizado un estudio de las diferentes variables desde el año 2016 al año 2019. Estos datos se recogen a continuación:

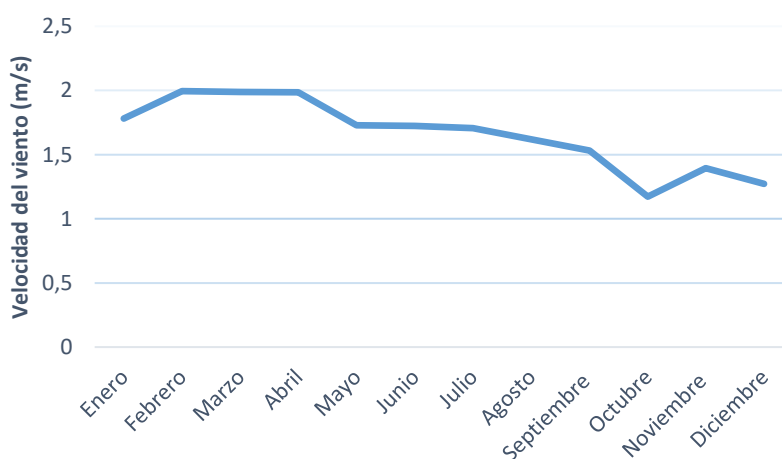
Tabla 4. 1. Variables que afectan al proyecto

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

PARÁMETROS QUE AFECTAN A UN EDIFICIO EN CARTAGENA						
MEDIA AÑOS 2016-2019						
MES	Velocidad del viento media (m/s)	Temperatura media (°C)	Radiación media (w/m ²)	Precipitación (mm)	Horas de sol (h)	Dirección del viento
Enero	1,7825	11,2325	113,3325	27,575	201,25	O
Febrero	1,995	12,2	147,5925	5	235,25	NO
Marzo	1,9875	13,8175	206,6175	31,95	292	SO
Abril	1,985	15,9725	248,025	32,35	316,25	SE
Mayo	1,73	18,9625	314,2	1,9	361,75	SE
Junio	1,725	23,0325	337,5975	3,7	360,75	SE
Julio	1,7075	25,8025	317,8325	1,05	369,25	E
Agosto	1,62	26,2425	271,2525	12,55	343,5	E
Septiembre	1,5325	23,7625	221,28	74,85	283,75	E
Octubre	1,1725	19,6425	165,6125	25,6	274,5	EO
Noviembre	1,395	14,6025	123,725	39	227,5	O
Diciembre	1,2725	12,415	95,0175	34,9	186	O

Velocidad del viento media

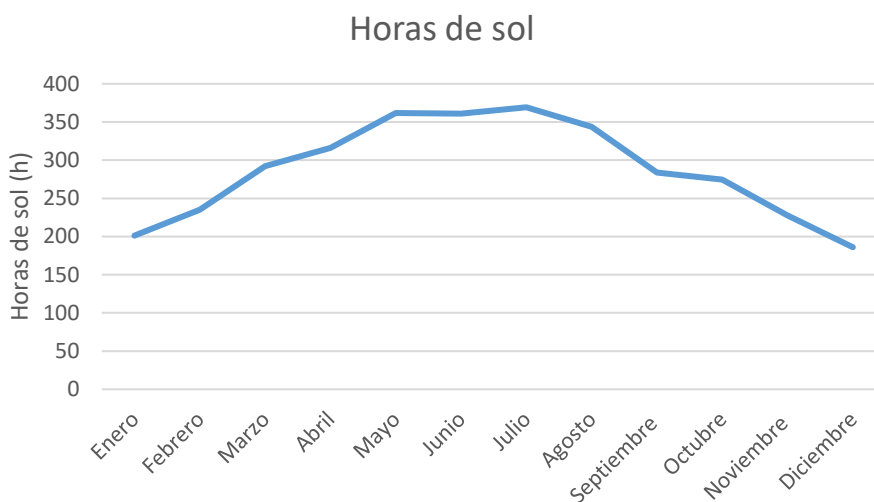


Gráfica 4. 1. Velocidad del viento media (m/s)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

Como se puede observar, la velocidad media del viento es superior en los primeros meses del año y desciende en los últimos meses. Esta velocidad no supera los 2'5 m/s en todo el año, es decir, no supera los 9 Km/h. Si nos fijamos en la **tabla 4.1**, en los meses de invierno el viento circula en dirección oeste, sin embargo, durante el verano tiende a circular en dirección este. Este suceso se debe tener en cuenta a la hora de instalar sistemas de ventilación natural, e impedir que se generen corrientes de aire perjudiciales dentro del edificio.

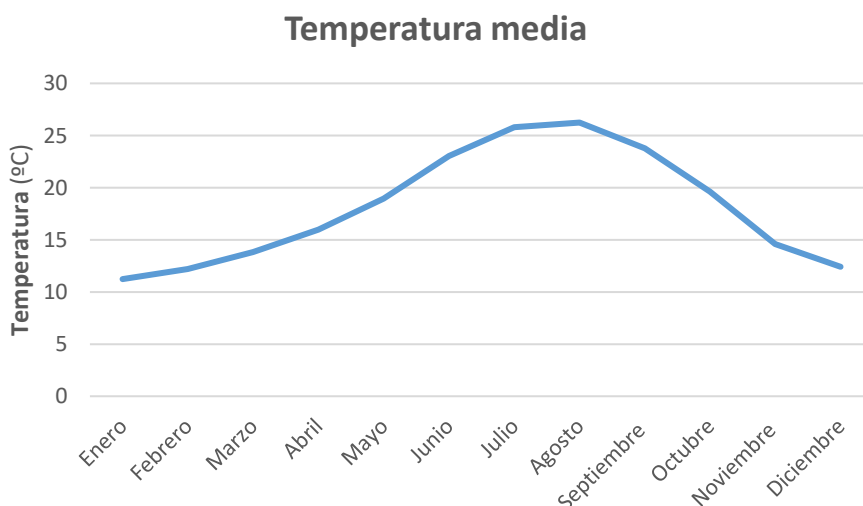


Gráfica 4. 2. Horas de sol (h)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

Como es lógico, las horas de sol tienen relación directa con la temperatura y la radiación solar. Las horas de sol serán superiores en verano, superando en los meses de Mayo, Junio y Julio las 350 horas de media. En los meses de invierno, también se dispone de elevadas horas de sol (200 horas de media).

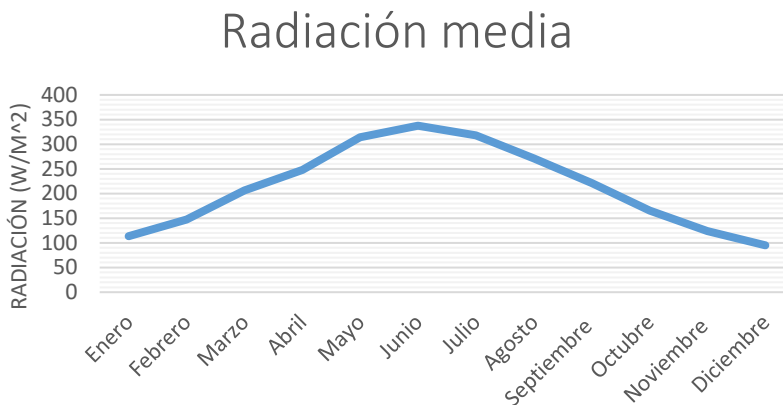


Gráfica 4. 3. Temperatura media (°C)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

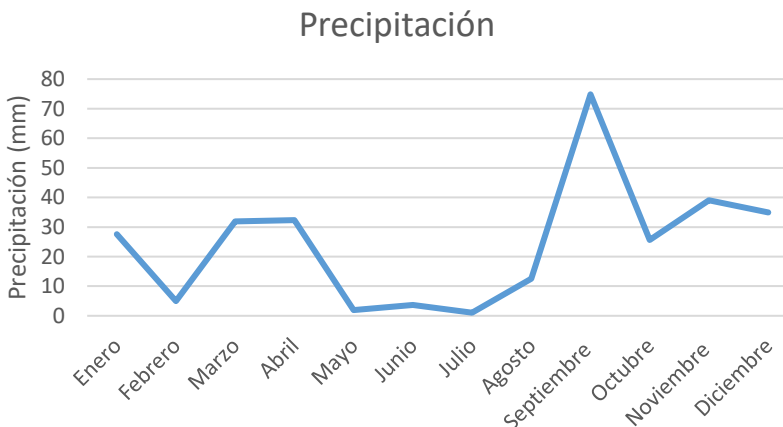
Respecto a la temperatura media, observando la **gráfica 4.3**, se observa que la temperatura es mayor en los meses de verano que en los meses de invierno. Como se puede observar, la temperatura no desciende de los 10 grados de media en todo el año, por lo que esto será un aspecto positivo a la hora de utilizar sistemas de calefacción, ya que estos no consumirán altos niveles de potencia en los meses de invierno. Sin embargo, en los meses de verano será un factor a tener en cuenta debido a que el nivel de refrigeración será elevado (la temperatura media no desciende de los 20°C), por lo que el consumo de potencia de sistemas relacionados con la refrigeración será elevado.



Gráfica 4. 4. Radiación media (W/m²)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.
<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

Observando la **gráfica 4.4**, se puede observar que la radiación a la que estará sometida el edificio es superior en los meses de verano que en los meses de invierno, esto está directamente relacionado con la temperatura y las horas de sol a lo largo del año. También se puede apreciar que dicha radiación apenas desciende de los 100 W/m² a lo largo del año, por lo que esto será un aspecto a tener en cuenta y que beneficiará al edificio ya sea en el uso de energías renovables como puede ser la energía fotovoltaica o la energía solar térmica.



Gráfica 4. 5. Precipitación (mm)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.
<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

Respecto a las precipitaciones, la probabilidad de días mojados en Cartagena varía durante el año. Se puede apreciar que en los meses de invierno la media es de unos 30mm, y en marzo y abril también se superan los 30 mm. Las precipitaciones no siguen una tendencia lineal, encontrándonos una temporada seca en los meses de verano y un pico el cual supera los 70mm en el mes de septiembre.

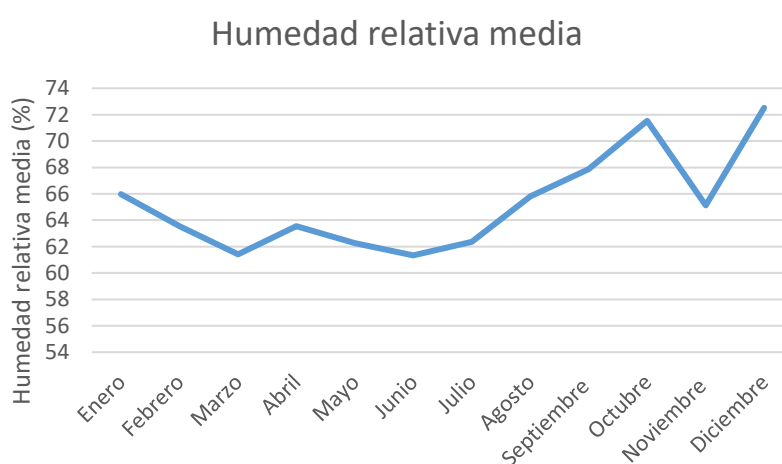
Por último, cabe mencionar una variable que también afectaría al edificio y es la humedad. Al igual que con las otras variables y gracias al Sistema de Información Agrario de la Región de Murcia, se ha realizado un estudio del porcentaje de humedad a la que estaría expuesto nuestro edificio, haciendo una media mensual desde el año 2016 hasta el año 2019, obteniendo lo siguiente:

Tabla 4. 2. Variable humedad relativa media (%)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

MES	Humedad relativa media (%)
Enero	65,97
Febrero	63,54
Marzo	61,4125
Abril	63,5475
Mayo	62,2725
Junio	61,335
Julio	62,37
Agosto	65,8125
Septiembre	67,855
Octubre	71,52
Noviembre	65,1375
Diciembre	72,5175



Gráfica 4. 6. Humedad relativa media (mm)

Fuente: datos obtenidos del Sistema de Información Agrario de Murcia.

<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:4326318433226142>

Se observa una tendencia muy irregular, siendo el porcentaje de humedad relativa inferior en los meses de verano, y aumentado éste en los meses de invierno. En noviembre se observa un dato atípico, ya que se observa un descenso significativo de la humedad relativa. Mencionar que la humedad relativa no desciende del 60% a lo largo del año.

5. Descripción detallada del edificio actual.

El edificio actual se ubica en La Manga, Cartagena (Murcia). Se trata de un centro de interpretación, y dispone de dos plantas (250 m² por planta).



Imagen 5. 1. Local en La Manga

Fuente: Ficha facilitada por una inmobiliaria privada

Tras visitar el edificio y realizar un análisis visual de las instalaciones, ya que se encuentra actualmente cerrado, se debe mencionar que estructuralmente:

- No consta de aislamientos térmicos, lo que da lugar a la formación de puentes térmicos y pérdidas de energía.
- No consta de particiones verticales interiores, lo que disminuye el número de equipos de refrigeración y calefacción a utilizar.
- La estructura del edificio es de hormigón lo que mejora su inercia térmica. El hormigón es capaz de absorber energía térmica y expulsarla progresivamente. La estructura se combina con fachadas de ladrillo. Estas fachadas están construidas mediante los siguientes materiales:

Tabla 5. 1. Materiales de las fachadas

Fuente: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103422/Pastor%20-%20C3%81LCULO%20DE%20LA%20TRANSMITANCIA%20T%20C3%89RMICA%20DE%20UN%20MURO%20DE%20FACHADA.pdf?sequence=1>

Material
Capa aire exterior
Enfoscado mortero de cemento
Ladrillo Hueco 1/2 pie
Embarrado de m. de cemento
Poliuretano proyectado
Cámara de aire sin ventilar
Tabique de LH sencillo
Enlucido de yeso
Capa de aire interior

- Dispone de numerosas cristalerías en la planta inferior y superior. Esto beneficia la iluminación natural del edificio pero perjudica al aislamiento térmico, dando lugar a la formación de puentes térmicos.

- No dispone de patio interior, por lo que la luz natural solo la facilitan las cristaleras. El problema lo encontramos en el interior del edificio, debido a que cuando el sol se posiciona justo encima del tejado, la iluminación natural disminuye y se requiere el uso de luz artificial.
- La fachada principal está orientada al sur, la fachada lateral está orientada al oeste, y el resto de fachadas colindan con otros edificios.
- El tejado no dispone de ningún aislamiento térmico, lo que también genera puentes térmicos. Se trata de un forjado reticular de 30 cm de espesor (hormigón).

El edificio actual consta de los siguientes equipos:

- Seis aires acondicionados apoyados por 24 ventiladores de techo. Estos equipos abastecen la demanda térmica del edificio tanto en invierno como en verano. Los equipos de aire acondicionado se ven apoyados por ventiladores de techo, los cuales se encargan de mover el aire interior del edificio y ayudan a cubrir dicha demanda térmica del edificio. El modelo de aire acondicionado es el modelo (2010) 130B Split cassette 40KMC N/NYK de la empresa Carrier, el cual dispone de características térmicas como una capacidad frigorífica de 12,2kW y calorífica de 14,8kW y un consumo eléctrico de 4,6kW (se elige el más alto).

40KMC_N / 40NYK Unidades split cassette 1x1

EXPERIENCE ALPINE (BOMBA CALOR)		30B	50B	60B	80B	85B	90B	100B	130B
Capacidad frigorífica	kW	3,52	4,92	6,23	7,2	7,9	8,5	10,8	12,2
Capacidad frigorífica	kCal/h	3027	4231	5358	6192	6794	7310	9288	10492
Consumo eléctrico (Frio)	W	1160	2000	2380	2560	2810	3020	3840	4340
E.E.R.	W/W	3,03	2,46	2,62	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
Clase Energética (Frio)		B	E	D	C	C	C	C	C
C.EA (Consumo eléctrico anual) (Frio)Kwh		580	1000	1190	1280	1405	1510	1920	2170
Capacidad calorífica	kW	3,78	5,38	7,02	7,8	9	9,1	11,1	14,8
Capacidad calorífica	kCal/h	3251	4627	6037	6708	7740	7826	9546	12728
Consumo eléctrico (calor)	W	1280	2160	2580	2430	2800	2830	3460	4610
C.O.P.	W/W	2,95	2,49	2,72	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21

Imagen 5. 2. Modelo de aire acondicionado actual

Fuente: <https://es.slideshare.net/Rooibos13/catalogo-carrier-rlc-2010>

El precio de un equipo de aire acondicionado con estas características es de unos 3.805€:

EXPERIENCE ALPINE		30B	50B	60B	80B	85B	90B	100B	130B
Unidad Interior	Código	40KMC012N	40KMC018N	40KMC024N	40NYK085	40NYK085	40NYK090	40NYK100	40NYK130
	Precio €	936	940	945	950	950	1.079	1.314	1.393
Unidad Exterior	Código	38YP012	38YY018G-7	38YY024G-7	38NY080H-7	38NY085H-7/9	38NY090H-7	38NY100H-7/9	38NY130H-9
	Precio €	696	1.194	1.400	1.472	1.816	1.890	2.056	2.412
TOTAL SISTEMA	Precio €	1.632	2.134	2.345	2.422	2.766	2.969	3.370	3.805

Imagen 5. 3. Precio por unidad de aire acondicionado

Fuente: <https://es.slideshare.net/Rooibos13/catalogo-carrier-rlc-2010>

No se dispone de los modelos de los ventiladores de techo, por lo que se hace una estimación de su potencia eléctrica según “Copelco”.

Tabla 5. 2. Potencia eléctrica ventilador de techo según “Copelco”.

Fuente: <https://copelnet.com.ar/informacion-de-interes/energia/consumo-de-artefactos-electricos>

Artefacto	Potencia eléctrica	Consumo por hora
Ventilador de Techo	60 W	Wh: 60 - kWh: 0,060

Cada ventilador tiene una potencia de 60 W lo que se traduce en una potencia eléctrica de 0,06 kW, teniendo una potencia total de **1,44 kW**. Estos ventiladores también se utilizan en invierno para mejorar los flujos de aire caliente proporcionados por los aires acondicionados, según indica el propietario.

Si aparte añadimos el coste medio de un ventilador de techo (70€/unidad según Amazon) al coste de los equipos de aire acondicionado, en total tendríamos un coste de equipos de 24.510€.

- Sesenta y cuatro equipos downlight de la marca zumtobel. Cada equipo está formado por una reactancia magnética y dos tubos compactos fluorescentes (TC) de 18W y 800 lúmenes cada lámpara. Los equipos tienen una potencia eléctrica total de 2,3 kW. No se comercializan en la actualidad. La ficha técnica de estos equipos la podemos encontrar en el catálogo de productos 2007/2008, Innovadores de sistemas de iluminación y control de luz para soluciones profesionales de Zumtobel. En este catálogo también encontramos el precio de cada equipo que está alrededor de 100€. Teniendo todos los equipos un coste total de 6.400€.

En resumen, la potencia eléctrica actual del edificio sería la siguiente:

Tabla 5. 3. Potencia eléctrica actual de nuestro edificio

Fuente: elaboración propia

Potencia eléctrica actual del edificio	kW
Potencia en máquinas de frío y calor (aire acondicionado, ventiladores de techo eléctricos)	29,04
Potencia en iluminación (equipos de iluminación compactos)	2,30
POTENCIA ELECTRICA TOTAL	31,34

Esta potencia es la potencia eléctrica total que necesitan los equipos para trabajar simultáneamente. Esta potencia es igual a 31,34 kW.

Ahora bien, una vez conocida dicha potencia, se procede a calcular el consumo anual de los equipos actuales. Para ello debemos suponer que el edificio se ha estado abriendo durante 8 horas al día, 5 días a la semana. Ha estado abierto todo el año. También debemos saber que no todos los equipos trabajan a todas horas por lo que se aplica un coeficiente de simultaneidad de 0,8 al consumo anual de cada equipo. Para conocer la factura anual de consumo del edificio actual, se ha seleccionado una media del precio del kW·h, teniendo en cuenta factores como la tarifa y la discriminación horaria. Se ha seleccionado a la empresa Iberdrola. Este precio está en torno a unos 0,1147 €/kWh de media.

- Consumo en máquinas de frío y calor (aire acondicionado y ventiladores de techo eléctricos):

$$29,04 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 60.403,2 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Los equipos de frío y de calor suponemos que trabajan durante todo el año. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo actual en máquinas de frío y calor pasa a ser de unos 48.322,56 kWh/año. Lo que supone un coste de 5.542,60 €/año.

- Consumo en iluminación (bombillas incandescentes):

$$2,30 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 4.784 \text{ kWh/año}$$

Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo actual en iluminación pasa a ser de unos 3.827,2 kWh/año. Lo que supone un coste de 438,98 €/año.

En la siguiente tabla, se recoge el consumo anual de los equipos actuales:

Tabla 5. 4. Consumo anual del edificio actual

Fuente: Elaboración propia

Equipos actuales	kWh/año	€/año
Aire acondicionado y ventiladores de techo eléctricos	48.322,56	5.542,60 €
Equipos de iluminación compactos	3.827,2	438,98 €
Consumo del edificio actual	52.149,76	5.981,58 €

6. Diseño del edificio.

Ahora bien, una vez que conocemos el consumo del edificio actual y la función que desempeña se deben tener en cuenta varios puntos:

1. Tras la rehabilitación, el edificio seguirá manteniendo la misma actividad ejercida hasta ahora (centro de interpretación).
2. Se hará un análisis de todas las medidas activas y pasivas planteadas anteriormente, y en función de factores como puede ser el entorno, se valorará que medidas implementar y cuáles no.
3. Se realizará una comparación entre las medidas que ya existen en el edificio actual y las medidas a implementar escogidas, calculando el ahorro energético que suponen estas nuevas medidas. En caso de mantener una medida actual, esta deberá cumplir la normativa vigente de eficiencia energética.
4. Finalmente, se realizará un resumen del presupuesto estimado con las medidas a implementar que se adjuntará en el **ANEXO I**.

Una vez analizados los puntos, se procede al diseño de nuestro edificio. En primer lugar, se llevará a cabo una selección de medidas y posteriormente, se realizará una comparación con respecto a las ya existentes, teniendo en cuenta el ahorro energético que suponen y su rentabilidad.

Tabla 6. 1. Medidas a implementar

Fuente: Elaboración propia

Medida a implementar	Tipo	Aplicada	Criterios de selección
Orientación del edificio	Pasiva	NO	No se aplica debido a que el edificio ya está construido y al tratarse de una rehabilitación no se puede modificar su orientación.
Factor de forma	Pasiva	SÍ	Este factor se modifica puesto que se hará uso de aislante térmico, reduciendo así la superficie en contacto con el exterior lo que supone una disminución de las necesidades de climatización.
Puentes térmicos	Pasiva	SÍ	Con la aplicación de determinadas medidas se busca disminuir el número de puentes térmicos que posee el actual edificio, contribuyendo de esta manera a una mejora de la eficiencia energética de este.
Aislamientos	Pasiva	SÍ	Se hará uso de aislamientos para disminuir las pérdidas por calor y el número de puentes térmicos, mejorando el factor de forma del edificio. Se trata de una de las medidas más utilizadas para mejorar la eficiencia energética de los edificios y su aplicación ayudará a no superar el valor límite de transmitancia térmica del edificio.
Vidrios aislantes	Pasiva	SÍ	Se sustituirán los cristales actuales por vidrios aislantes (cristales dobles o triples) minimizando las pérdidas de calor y evitando de esta forma superar el valor límite de transmitancia térmica.
Estanqueidad del aire	Pasiva	SÍ	Se hará uso de juntas y marcos para sellar las ventanas y puertas, y evitar la penetración de corrientes que den lugar a una disminución de la eficiencia.
Ventilación natural	Pasiva	SÍ	El uso de ventanas facilita un control de la ventilación natural.
Iluminación natural	Pasiva	SÍ	Se quiere mejorar la iluminación natural. Para ello se hará uso de ventanas y se construirá un patio interior. De esta forma, se obtendrá un confort visual y se conseguirá un ahorro energético.
Fachada ventilada	Pasiva	SÍ	Se procede a mejorar la eficiencia energética de la fachada actual, mejorando su aislamiento térmico y acústico, reduciendo de esta forma el número de puentes térmicos. Además se pretende combinar dicha fachada con placas fotovoltaicas. Al combinar ambas medidas se obtendrá una mejora considerable, ya que se estarán aprovechando las ventajas que nos ofrecen ambas medidas.

Tabla 6. 2. Medidas a implementar

Fuente: Elaboración propia

Medida a implementar	Tipo	Aplicada	Criterios de selección
Suelo técnico o flotante para cubiertas	Pasiva	SÍ	Se quiere hacer uso de un suelo técnico para cubiertas puesto que se quiere reducir el número de puentes térmicos que encontramos en el tejado del edificio actual, el cual no dispone de ningún tipo de aislamiento y está expuesto durante la mayoría del año a una elevada radiación solar.
Galerías acristaladas o invernaderos adosados	Pasiva	NO	No se hará uso de estas medidas puesto que se quiere aprovechar el máximo espacio interior posible. La aplicación de estas medidas conlleva una modificación de la estructura del edificio. Además, el ahorro energético que suponen no sería significativo puesto que las temperaturas en Cartagena son elevadas, y este factor afecta directamente a la cristalería, requiriendo el uso de una estructura de vidrios aislantes y numerosos protectores solares.
Muros trombe	Pasiva	NO	Como el edificio ya está construido, se mantendrán los muros de ladrillo existentes para ahorrar en gastos. Se mejorará la eficiencia energética actual tras el uso de aislantes térmicos. Derrumbar los muros actuales, e instalar este tipo de muros elevaría la inversión inicial considerablemente.
Masa térmica	Pasiva	SÍ	Se aprovechará la estructura actual. El hormigón ofrecerá estabilidad térmica al edificio.
Control de la radiación	Pasiva	SÍ	Se hará uso de persianas, batientes, estores... para disminuir la radiación a la que se expone el edificio.
Patios interiores	Pasiva	SÍ	Se hará uso de un patio interior para mejorar la iluminación natural interior del edificio, ya que este dispone de puntos muertos. La construcción disminuirá el espacio útil del edificio, pero se obtendrá un ahorro energético considerable en el consumo por iluminación artificial del edificio.
Arquitectura enterrada	Pasiva	NO	Esta medida se valoraría en un edificio de nueva construcción, pero no es nuestro caso.
Protectores solares	Pasiva	SÍ	Se hará uso de protectores solares para reducir la exposición a la radiación solar del edificio y evitar de esta forma sobrecalentamientos
Aleros	Pasiva	NO	No se hará uso de esta medida puesto que habría que modificar las fachadas del edificio. En vez de esta medida, se hará uso de protectores solares cuya instalación se hace más sencilla.
Implementación de techos verdes	Pasiva	SÍ	Esta medida, al igual que el suelo técnico, disminuirá el número de puentes térmicos situados en el tejado del edificio, ya que se mejora el aislamiento térmico, dando lugar a una disminución en los costos de calefacción y ventilación natural. Sin embargo, su construcción es dificultosa lo que conlleva una mayor inversión inicial.

Tabla 6. 3. Medidas a implementar

Fuente: Elaboración propia

Medida a implementar	Tipo	Aplicada	Criterios de selección
Ventilación forzada	Activa	SÍ	Si se plantea la instalación de un equipo de aerotermia, se hará uso de equipos de ventilación forzada como puede ser los fancoils.
Suelo radiante	Activa	SÍ	Al igual que los fancoils, si se plantea el uso de un equipo de aerotermia, se hará uso de suelo radiante para abastecer la demanda térmica del edificio. El equipo de aerotermia requiere el uso de equipos encargados de distribuir el calor y el frío generado por su bomba de calor interior, estos equipos serían los mencionados: fancoils y suelo radiante.
Mejora del aislamiento de las redes hidráulicas	Activa	NO	Puesto que no se va a hacer uso de instalaciones de ACS, no se mejorará el aislamiento de las redes hidráulicas actuales.
Utilización de sistemas de enfriamiento de alto rendimiento	Activa	SÍ	Si se plantea la instalación de un equipo de aerotermia se estaría haciendo uso de un sistema de enfriamiento de alto rendimiento, ya que dicha instalación puede trabajar en modo calefacción y en modo refrigeración, reduciendo el consumo energético de nuestro edificio.
Recuperadores de calor	Activa	SÍ	Para que el edificio cumpla con la normativa del RITE, se hará uso de recuperadores de calor, debido a que nuestro aforo es elevado y el caudal de aire por persona estará cerca de 0,5 m ³ /s.
Automatización de lucernarios, ventanas e invernaderos	Activa	SÍ	Se hará uso de sensores los cuales se encargarán de regular los protectores solares teniendo así un control de la temperatura interior y de la demanda energética por iluminación.
Aleros móviles y toldos	Activa	NO	Como se ha dicho anteriormente, se hará uso de protectores solares, no incluyendo aleros ni toldos, los cuales se regularán de forma automática mediante la ayuda de sensores térmicos y fotoeléctricos.
Viviendas automatizadas	Activa	SÍ	Como se mencionaba anteriormente, se hará uso de sensores fotoeléctricos y térmicos o de movimiento que controlarán los protectores solares, para tener un control de la demanda energética y mejorar la eficiencia del edificio.
Energía solar térmica	Activa	NO	Puesto que el edificio no consta de ACS se evitará el uso de esta energía para ahorrar en costes, además si se hace uso de un equipo de aerotermia, este equipo es capaz de abastecer la demanda térmica del edificio en cuanto a refrigeración y calefacción, y en un supuesto de necesitar ACS, esta instalación también estaría capacitada para abastecer dicho uso.
Energía geotérmica	Activa	NO	Puesto que la zona está a una cota de 0m, lejos de focos de calor como volcanes, zonas termales... y no se está diseñando un edificio de nueva construcción, se evitará el uso de esta medida.

Tabla 6. 4. Medidas a implementar

Fuente: Elaboración propia

Medida a implementar	Tipo	Aplicada	Criterios de selección
Aeroterminia	Activa	SÍ	Se valorará el uso de esta medida puesto que es un equipo capaz de abastecer las demandas térmicas de refrigeración y calefacción, lo que supondrá una disminución del consumo energético. Además emplea energía renovable como es el aire (en torno a un 70%), contribuyendo de esta forma a una disminución del impacto medioambiental de nuestro edificio (disminuyendo el uso de electricidad).
Biomasa	Activa	NO	Puesto que para el funcionamiento de equipos de energía de biomasa se necesitan residuos industriales, se evitará el uso de esta medida ya que se quiere diseñar un edificio capaz de autoabastecerse y no estar pendientes de gastos extra como puede ser la adquisición de estos residuos cada cierto tiempo.
Energía solar fotovoltaica	Activa	SÍ	Para disminuir la demanda eléctrica del edificio se hará uso de esta tecnología.
Fachada solar	Activa	SÍ	Las placas fotovoltaicas, se combinarán con una fachada ventilada, mejorando el aislamiento térmico de ésta y aportando electricidad a nuestras instalaciones, disminuyendo la demanda eléctrica del edificio.
Energía minieólica	Activa	NO	Tras realizar un estudio del entorno y comprobar que la velocidad media del viento en La Manga (Cartagena) no supera los 2m/s, se evita instalar aerogeneradores, ya que su rendimiento será mucho menor del esperado, y no supondrá un ahorro energético a considerar. Además de tener un coste elevado.

A continuación, se muestra un resumen de las medidas a implementar seleccionadas, analizando en que zonas del edificio serán aplicadas. La orientación del edificio no se puede modificar. La fachada principal está orientada en dirección sur, uno de los laterales está orientado al oeste y los otros laterales colindan con otros edificios. La orientación de la fachada principal es idónea tanto en verano como en invierno ya que se aprovecharán al máximo las horas de sol tanto por la mañana como por la tarde. Para un mayor aprovechamiento energético se va a realizar una reforma de la fachada, para ello se construirá una fachada ventilada y además a esta fachada se unirán numerosas placas solares las cuales abastecerán el consumo eléctrico y además al calentarse por radiación solar también servirán para favorecer los flujos de aire que circulan a través de la fachada ventilada. Comparando la fachada actual con la fachada ventilada con placas fotovoltaicas, son numerosas ventajas las que nos ofrece esta última. El único inconveniente que tendríamos sería el de sellar varias de las ventanas y cristalerías que encontramos actualmente en esta fachada, de esta forma dejando más espacio para la instalación de un mayor número de placas.

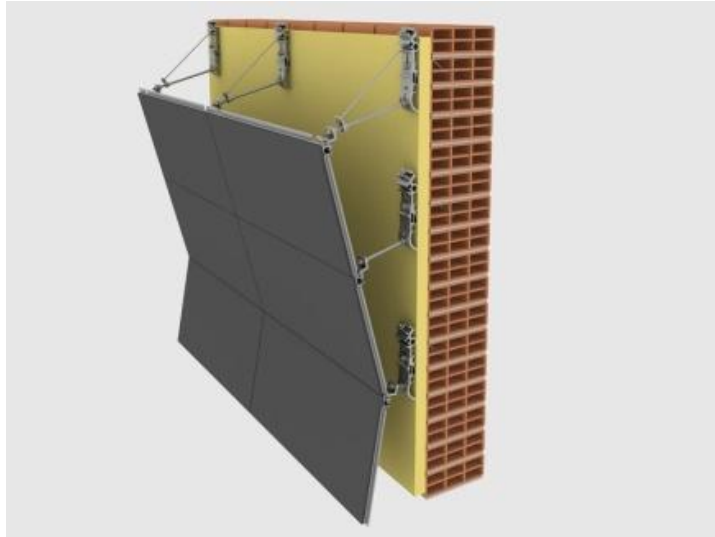


Imagen 6. 1. Prototipo de fachada ventilada con placas solares

Fuente: <http://www.lineaprevencion.com/ProjectMiniSites/IS32/html/cap-2/db-prl-re/seccion-prl-re2/seccion-prl-re2.htm>



Imagen 6. 2. Resultado de la combinación de fachada ventilada con placas solares

Fuente: <https://www.dparquitectura.es/noticias/20190711/fachada-ventilada-casamayor>

En el lateral orientado hacia el oeste, se hará uso de las cristaleras ya existentes pero se cambiarán los cristales simples por cristales dobles, obteniendo de esta forma una mejora en la iluminación natural del edificio y disminuyendo así las pérdidas térmicas. Este lateral es el más perjudicado en verano, ya que es el que más horas está expuesto a la radiación solar. Como solución, estas cristaleras se combinarán con batientes, estores o persianas para evitar sobrecargas térmicas en el lateral oeste del edificio.

Para tener un mayor control de la temperatura interior, estos protectores solares se regularán de forma automática con ayuda de sensores de movimiento, fotoeléctricos y térmicos. A parte, en el interior del edificio se construirá un patio interior acristalado que favorecerá la iluminación natural del edificio.



Imagen 6. 3. Patio interior acristalado

Fuente: <http://nuevo-estilo.micasarevista.com/ideas-decoracion/patios/patio-estilo-andaluz>

Se plantea la instalación de un equipo de aerotermia. Para climatización, se instalarán suelos radiantes y fancoils abastecidos por el equipo de aerotermia, a parte se hará uso de recuperadores de calor. Las placas solares solo se utilizaran para energía fotovoltaica, abasteciendo de esta forma la energía destinada exclusivamente a electricidad. El tejado dispondrá de un suelo técnico o flotante para cubiertas y se destinarán pequeñas zonas de éste a implementación de techos verdes.

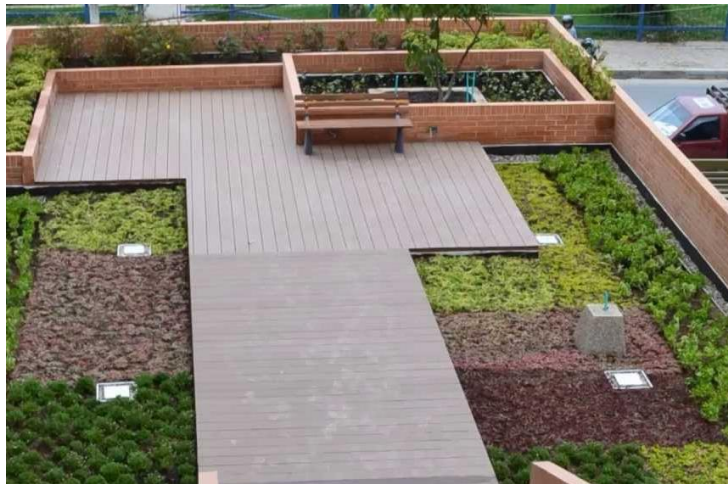


Imagen 6. 4. Ejemplo de techo verde.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=9q11w4BkS9o>

Las paredes que colindan con otros edificios, se les añadirá una capa de aislante térmico para evitar la formación de puentes térmicos y mejorar la eficiencia energética de nuestro edificio.

Para la colocación de los fancoils y los recuperadores de calor se instalará un falso techo en ambas plantas.

7. Medidas a implementar.

Una vez realizado el diseño se procede a seleccionar las medidas más eficientes que encontramos en el mercado. Se valorará el ahorro energético que suponen las medidas activas seleccionadas y se mencionarán las medidas pasivas seleccionadas y los beneficios que aportarían al edificio.

- Equipo de aerotermia.

Se estima que al disponer de 250 m² por planta y que en función al documento básico de Seguridad en caso de Incendio habrá un máximo de 60 personas por planta, y que cada planta tiene una altura de 3 metros (se dispone de una altura total de 10m pero se pierde altura en la separación de las correspondientes plantas y tejado), la demanda térmica a cubrir de nuestro edificio estará en torno a 40kW por planta (1000W es igual a 860 frigorías), según <https://www.calculadorafrigorias.com/> (calculadora de frigorías de Mitsubishi):

Anchura superficie a refrigerar (en metros) *	Profundidad superficie a refrigerar (en metros) *
<input type="text" value="15,81"/>	<input type="text" value="15,81"/>
Altura superficie a refrigerar (en metros) *	Total superficie habitación a refrigerar (metros cúbicos)
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="750"/>
<small>Si la superficie contiene decimales hay utilizar una coma para separar el número de los mismos. Por ejemplo si la habitación mide dos metros y medio de alto hay que poner: 2,5</small>	
¿Es una vivienda o es un bajo comercial? *	Personas que habitualmente están en la estancia *
<input type="text" value="Bajo comercial"/>	<input type="text" value="60"/>
<small>Seleccionar si en una vivienda, una vivienda muy calurosa o un bajo comercial</small>	<small>Por favor, escribe un número menor o igual a 100. Introduce el número de personas que habitualmente están en la estancia</small>
FRIGORÍAS NECESARIAS	
34.553	

***Nota:** se elige bajo comercial puesto que es la única opción más parecida a nuestro edificio.

Imagen 7. 1. Cálculo de la potencia térmica por planta

Fuente: <https://www.calculadorafrigorias.com/>

Una vez que se conoce la estimación de la demanda térmica del actual edificio, se procede a elegir los equipos de aerotermia junto con sus correspondientes configuraciones. Para compensar las cargas térmicas en el edificio se ha optado por un equipo de aerotermia capaz de producir frío y calor en función de lo demandado por los residentes. Este no hará uso de ACS. Mencionar que la demanda térmica actual cumple con la demanda recomendada por Mitsubishi, aunque los equipos actuales (aires acondicionados) trabajan muy limitados. Si se quiere mejorar su rendimiento haría falta instalar un equipo más por planta. A la hora de seleccionar los equipos de aerotermia se debe tener en cuenta que las potencias térmicas por planta deben ser superiores a 40 kW, tanto en refrigeración como calefacción. El equipo de aerotermia elegido es el modelo ECODAN (tecnología bomba de calor aerotérmica) power inverter PUAZ-SW200YKA de la empresa Mitsubishi.

Unidades exteriores "Power Inverter"



Unidades exteriores

			11,2 kW	16 kW	22 kW	25 kW
Modelo	Monofásico 1φ	Estándar Protección salina	PUNZ-SW100VAA PUNZ-SW100VAA-BS	PUNZ-SW120VHA PUNZ-SW120VHA-BS	-- --	-- --
	Trifásico 3φ	Estándar Protección salina	PUNZ-SW100YAA PUNZ-SW100YAA-BS	PUNZ-SW120YHA PUNZ-SW120YHA-BS	PUNZ-SW160YKA PUNZ-SW160YKA-BS	PUNZ-SW200YKA PUNZ-SW200YKA-BS

Especificaciones unidades exteriores

		7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C	
Capacidad nominal	Calefacción	Temperatura exterior	7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C	7°C	2°C	-7°C
		Agua: Capacidad	11,20	10,00	8,90	16,00	12,00	11,20	22,00	16,00	13,42	25,00	20,00	15,32
		Agua: CDP	4,46	3,32	3,20	4,10	3,24	2,85	4,20	3,11	2,80	4,00	2,80	2,67
	Refrigeración	Temperatura agua	7°C	18°C	7°C	18°C	7°C	18°C	7°C	18°C	7°C	18°C	7°C	18°C
		Agua: Capacidad	11,20	10,00	8,90	15,21	12,00	11,20	22,00	16,00	11,79	25,00	20,00	13,60
		Agua: CDP	2,71	2,13	1,79	2,52	1,86	1,68	2,47	1,87	1,76	2,45	1,73	1,69
Datos eléctricos	Alimentación (V, Hz)	Consumo	4,13	4,69	4,97	6,04	6,45	6,67	8,91	8,56	6,70	10,20	11,56	8,05
		Consumo	3,53	2,11	2,11	5,39	3,43	5,80	3,95	8,09	5,37			
		EER	2,83	4,74	2,32	4,08	5,80	2,76	4,56	2,25	4,10			
	Corriente máx.	Al. x An. x Fo.	1φ: 230, 50	3φ: 400, 50	1φ: 230, 50	3φ: 400, 50	400, 50	400, 50	19,0	19,0	21,0			
		Tamaño PIA	1φ: 28,0	3φ: 13,0	1φ: 29,5	3φ: 13,0	25	25	32	32	32			
		Peso	1020 x 1050 x 480	1020 x 1050 x 480	1350 x 950 x 330	1350 x 950 x 330	1338 x 1050 x 330	1338 x 1050 x 330	136	136	136			
Tuberías frigoríficas	Ø Líquido / Gas	9,52mm (3/8") / 15,88mm (5/8")	9,52mm (3/8") / 15,88mm (5/8")	9,52mm (3/8") / 15,88mm (5/8")	9,52mm (3/8") / 15,88mm (5/8")	9,52mm (3/8") / 25,4mm (1")	9,52mm (3/8") / 25,4mm (1")	12,7mm (1/2") / 25,4mm (1")	12,7mm (1/2") / 25,4mm (1")	12,7mm (1/2") / 25,4mm (1")				
	L.máx./Altura máx.	75 / 30	75 / 30	75 / 30	75 / 30	80 / 30	80 / 30	62 / 78	62 / 78	62 / 78				
Sonido	SPL / PWL	47 / 60	47 / 60	54 / 72	54 / 72	62 / 78	62 / 78	62 / 78	62 / 78	62 / 78				
	Compressor	Hermetic	Hermetic	Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll				
Rango operativo	Modelo	1φ:DNB28FBAMT	3φ:DNB28FBAMT	1φ:ANB42FNEMT	3φ:ANB42FNEMT	ANB52FRNMT	ANB52FRNMT	ANB52FRNMT	ANB52FRNMT	ANB52FRNMT				
	Calor	-20 — +24	-20 — +24	-20 — +21	-20 — +21	-20 — +21	-20 — +21	-20 — +21	-20 — +21	-20 — +21				
	ACS	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35	-20 — +35				
Frio	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46	+10 — +46					

Imagen 7. 2. Equipo de aerotermia

Fuente: <https://catalogo.lowcostclima.es/download/lista-precios-enero-2020-mitsubishi-electric.pdf>

Este modelo tendrá una potencia térmica de unos 25 kW debido a que en Cartagena la temperatura media no suele descender a menos de 10 grados. Dispone de un COP de 4 en caso de funcionar a una temperatura de distribución de 35°C (temperatura del agua) y un EER de 4,10 trabajando el equipo a una temperatura de distribución de 18°C (temperatura del agua). Se hará uso de dos equipos por planta. Debido a la aplicación de medidas pasivas y al rango de temperaturas exigidas por normativa, la potencia eléctrica de cada equipo se medirá cuando el equipo trabaje a una temperatura de distribución de 35°C en modo calefacción y a una temperatura de distribución de 18°C en modo refrigeración. Para estos valores la potencia eléctrica es de 5,37 kW. El equipo mencionado se compone por una bomba de calor reversible, que como bien se ha dicho, permite la generación de frío o de calor. El hecho de que un mismo elemento sea capaz de cubrir ambas demandas permite ahorrar espacio físico. Se instalarán cuatro equipos que trabajaran de forma individual (dos para la planta inferior y otros dos para la planta superior). De esta forma eliminaríamos los equipos actualmente instalados entre los que encontramos aire acondicionado y ventiladores de techo. Mejoramos la eficiencia energética, ya que disminuimos el consumo de los equipos y mejoramos la potencia térmica. Los nuevos equipos conllevan un ahorro energético de unos 15 kW con respecto a los equipos actuales (teniendo en cuenta el aire acondicionado que faltaría por planta), puesto que la potencia eléctrica total de los cuatro equipos de aerotermia es de unos 21,5 kW según la ficha técnica de "Mitsubishi". Además, como se ha dicho anteriormente, supone un ahorro de espacio físico y sus potencias térmicas se ven incrementadas significativamente con respecto a las actuales (la potencia térmica actual es de unos 25 kW térmicos por equipo). Como el local será un centro de interpretación se busca mejorar la potencia térmica ya que el aforo (se estima de unas 120 personas) será superior tras la rehabilitación. El precio de cada equipo sería de unos 7.518€.

La configuración elegida es la siguiente:

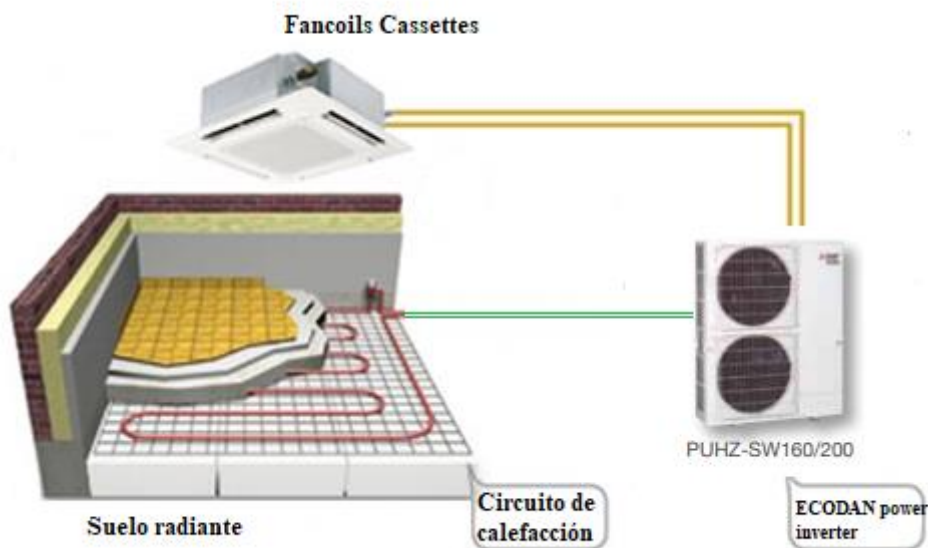


Imagen 7. 3. Configuración equipo de aerotermia

Fuente: Elaboración propia

- Suelo radiante.

A la bomba de calor seleccionada (equipo ECODAN power inverter) habrá que acoplarle los equipos que permitan la transferencia de calor con el ambiente. Para ello, el fabricante considera adecuados la utilización de suelo radiante y fancoils.

Otra opción sería la utilización de radiadores convencionales en lugar de suelo radiante, sin embargo, el suelo radiante presenta una serie de ventajas tales como:

- Ahorro energético de hasta el 20 % en comparativa con otros sistemas de calefacción. El agua impulsada no necesita un calentamiento tan elevado.
- Mayor confort y mayor uniformidad en el reparto de calor.
- Posibilidad de usar el sistema para hacer circular agua fría y enfriar las estancias.
- Ahorro de espacio al ir todas las conducciones soterradas.

En su contra, se puede decir que la instalación es más cara, sin embargo, puede rentabilizarse en un período de tiempo relativamente corto debido al ahorro energético.

Para el suelo radiante se ha elegido el sistema de calefacción por suelo radiante canaletas "UPONOR IBERIA", compuesto por canaleta adhesiva de fijación para tubo de 14 a 20 mm de diámetro, modelo Fix, banda de espuma de polietileno (PE), de 200x10 mm, modelo Magna, tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), de 5 capas según el método UAX, con barrera de oxígeno (EVOH) y capa de protección de polietileno (PE) modificado, de 20 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, modelo Comfort Pipe PLUS y mortero autonivelante, CA - C20 - F4 según UNE-EN 13813, de 40 mm de espesor. El precio por m² según el generador de precios "cype": http://uponor.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion_climatizacion_y_A/ICE_Emisores_por_agua_para_climati/ICE140_Sistema_de_calefaccion_por_suelo_ra.html#gsc.tab=0 es de unos 64,68€, por lo que al disponer de 500 m², se necesita una inversión inicial de 32.340 €. Este suelo no requiere de una potencia eléctrica, solo se encarga de la distribución

de agua, la cual proviene de la bomba de calor. Su consumo es de 0 kW·h/año. El uso del mismo sólo elevaría el coste del equipo de aerotermia.

- Fancoils

El modelo elegido es i-CKW 2T 1102 (cassette) que también se encuentra en el catálogo de Mitsubishi. Este modelo tiene una potencia eléctrica máxima de 108 W según su ficha técnica. Un fancoil trabaja como distribuidor, no como generador, su funcionamiento es un simple ventilador y unas baterías por las cuales circula el agua caliente y agua fría (refrigerante). Cada fancoil es capaz de ofrecer una potencia térmica media de 8kW, la cual es ofrecida por la bomba de calor. Puesto que estos equipos son inverter (capaz de trabajar en modo refrigeración y calefacción) y se combinan con el suelo radiante, se estima que se hará uso de 4 fancoils por planta. En total se tendría una potencia eléctrica de 864 W. El precio de cada fancoil es de unos 2.000€.



Imagen 7. 4. Modelo fancoil cassette i-CKW 2T 1102

Fuente: <https://catalogo.lowcostclima.es/download/lista-precios-enero-2020-mitsubishi-electric.pdf>

Consumo anual de los equipos que componen el sistema de aerotermia

Respecto al consumo anual que tendríamos de la demanda térmica (refrigeración y calefacción) del edificio, la cual es abastecida por los cuatro equipos de aerotermia (potencia eléctrica total: 21,48 kW), el suelo radiante (potencia eléctrica: 0kW) y los fancoils (potencia eléctrica total: 864 W), se estima que el consumo anual de los equipos sería:

$$22,344 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 46.467,2 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo que tendría este equipo pasa a ser de unos 37.173,76 kWh/año. Lo que supone un coste de 4.263,83 €/año.

- Recuperadores de calor.

Respecto a los recuperadores de calor se ha debido estudiar la ocupación de la que puede disponer nuestro edificio. En base al documento básico de seguridad en caso de incendio (SI), sección 3, evacuación de ocupantes y fijándonos en la tabla 2.1, se va a considerar una superficie útil por planta de 120 m², nuestro local será de pública concurrencia, concretamente se puede relacionar con salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc., la ocupación sería de una persona por cada 2 m², lo que supone 60 personas por planta. También se supone que el local se abrirá una vez pasada la

pandemia, pero en caso negativo, se tomarían las medidas sanitarias pertinentes, reduciendo este aforo a la mitad. Estudiando el caso de 120 personas, se procede a calcular la ventilación necesaria, basándonos en el caudal de aire necesario por persona del RITE, en la sección IDA 3 (salones de actos, cines...) se tiene un caudal de 8 l/s por persona. Por planta, el caudal necesario sería de 960 l/s, lo que en m³ equivale a 1728 m³/h. Por lo tanto el caudal de aire es de unos 0'48 m³/s y al estar cerca de 0,5 m³/s, se ha considerado según la IT 1.2.4.5.2 recuperación de energía, la instalación necesaria de un recuperador de calor. Se ha elegido el modelo REB-180 perteneciente a la empresa "Sodeca". Se ha seleccionado una unidad por planta. El equipo dispone de características como un caudal máximo de 1770 m³/h, un peso de 150 kg, un nivel sonoro irradiado a 5 metros de 53 dB, una eficiencia de recuperación del 73% y una potencia eléctrica de 750 W. El recuperador de calor no genera energía térmica, sino que se encarga de renovar el aire interior del edificio, lo que da lugar a un ahorro energético significativo. El modelo elegido tiene un precio de 3.980,20€/unidad.

Consumo anual de los recuperadores de calor

La potencia eléctrica total es de 1,5kW. Se estima que el consumo anual de los recuperadores de calor sería:

$$1,5 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 3.120 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo que tendría este equipo pasa a ser de unos 2.496 kWh/año. Lo que supone un coste de 286,29 €/año.

- Fachada ventilada con placas fotovoltaicas.

Rehabilitación energética de la fachada. Se realizará un aislamiento térmico con panel de lana mineral, según UNE-EN 13162, de 40 mm de espesor, revestido por una de sus caras con un velo negro, resistencia térmica 1,25 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), colocado a tope, fijado mecánicamente sobre fachada existente. Considerando la fachada de 150 m² y utilizando el valor de la resistencia térmica mencionado se puede deducir que por cada incremento de 1 Kelvin que se produzca en el interior del recinto estaremos evitando unas pérdidas de 120 W (ahorro energético por fachada) que se producirían en el conjunto de la fachada [(1/1,25) x 150 = 120 W/K].

Seguidamente se procederá a un revestimiento exterior de la fachada ventilada mediante el uso de placas fotovoltaicas. Estas placas pertenecen a la empresa Lledó. Se procede a utilizar el modelo estándar LB0 que pertenece a la sección de paneles fotovoltaicos de fachada BIPV. Estos paneles disponen de características como 212W y 40 células por placa. Tiene unas medidas de 165 cm de largo por 70 cm de ancho. Para su instalación se ha dejado 1cm de separación entre placas. Los paneles pueden fabricarse con marco o sin marco. En nuestro caso se ha elegido la opción más común que es sin marco, más conocida como glass-glass. Se trata de un panel vidrio-vidrio con las células encapsuladas entre los dos vidrios. Sin marco, sin remate en las aristas. Su espesor es de unos 9 mm. La instalación fotovoltaica de autoconsumo es capaz de generar unos 21 kW, ya que se hará uso de unas 100 placas. Estos 21 kW permiten cubrir casi toda la demanda eléctrica requerida por los equipos de aerotermia, lo cual supone un ahorro energético considerable y muy a tener en cuenta. A ese ahorro energético debe sumarse el ahorro que también generaría el uso de aislante térmico en la fachada. Cada placa ronda un precio de 450 €/m² (panel y anclaje). El precio no incluye la preparación de la superficie soporte ni la resolución de puntos singulares. Si a esto se le añade el coste del aislamiento y la preparación de la fachada, en total dicha fachada tendría un coste de unos **80.000 €**. En este precio se incluye sellado de ventanas y

cristaleras, una estructura coplanar para 100 paneles, canalización, cuadros y cableado. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas entre paneles aislantes y tirafondos y anclajes mecánicos de expansión de acero inoxidable A2, para la fijación de la subestructura soporte.

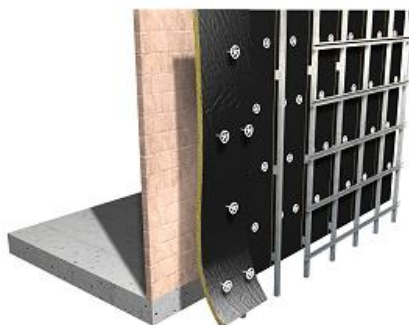


Imagen 7. 5. Fachada ventilada

Fuente:

http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZV_Cerramientos_verticales_facha/ZVP_Sistemas_de_fachadas_ventilada/ZVP010_Sistema_de_fachada_ventilada_de_pie.html#gs.tab=0

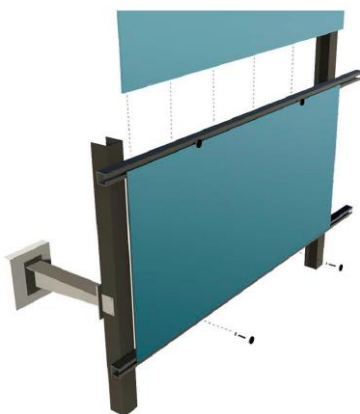


Imagen 7. 6. Placas fotovoltaicas Lledó

Fuente:

<https://lledogrup.com/documents/es/Lledo%20Energia%20BIPV%20Datasheet%2020181016.pdf>

Ahorro energético anual de la fachada solar ventilada

En este caso, no se habla de consumo sino generación de energía. Cada placa es capaz de generar 212W, lo que supone un ahorro energético máximo de unos 21,2kW. Se estima que su rendimiento no será máximo ya que este depende de factores como el tiempo (días nublados o precipitaciones). Debido a estas condiciones, se estima que el ahorro energético real sería un 30% inferior al ahorro energético máximo, pasando a tener un ahorro de unos 14,84kW. Se estima que el ahorro energético anual de las placas solares sería de:

$$14,84 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 30.867,20 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, ya que el rendimiento de las placas no será siempre máximo debido a posibles días nublados y precipitaciones, estaríamos hablando de un ahorro energético de unos 24.693,76 kWh/año. Lo que supone un ahorro en la factura eléctrica de unos 2.832,37 €/año.

- Aislante térmico.

Respecto al aislante térmico se ha elegido un aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior, en fachada de doble hoja de fábrica cara vista, formado por panel flexible de lana de vidrio, según UNE-EN 13162, revestido por una de sus caras con un complejo de papel kraft con polietileno que actúa como barrera de vapor, de 50 mm de espesor, resistencia térmica 1,25 m² K/W, conductividad térmica 0,04 W/(m²K), colocado a tope y fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas. Se elige este aislante en función a su calidad-precio. Al igual que el aislante colocado en la fachada ventilada, este permitirá un ahorro energético de unos 120W/K por fachada (se dispone de dos fachadas de 150 m²). Este aislante mejoraría las características técnicas de las actuales fachadas de ladrillo visto con cámara de aire y ladrillo interior, mejorando su transmitancia térmica y disminuyendo las pérdidas energéticas. El m² tiene un coste de unos 9 € según el programa “Cype”, por lo que al tener que rellenar dos fachadas de 150 m², tendrá un coste total de **2.700 €**.

- Techos verdes.

A la hora de implementar en techos verdes, cabe mencionar que en nuestra región la flora es característica de un clima seco y mediterráneo. Para ello habrá que hacer uso de plantas características de nuestra región como pueden ser árboles como el olivo, el ciprés, el almendro o el limonero, palmeras como el palmito o la datilera, plantas aromáticas como la lavanda o el romero... Se instalará una cubierta plana transitable, no ventilada, ajardinada intensiva, sistema Jardín "ZINCO", tipo convencional. A priori, la instalación de techo verde en la cubierta puede parecer dificultosa en su construcción en comparación con una cubierta plana transitable convencional, así como más cara en su instalación y en su mantenimiento. Sin embargo, tratándose de un edificio de uso público resulta importante el impacto visual que este puede llegar a generar en una ciudadanía cada vez más concienciada con el medio ambiente. Cabe mencionar que dicha cubierta tiene un efecto regulador de la temperatura (mayor en los meses de verano), además de regular la temperatura de la cubierta o techo del edificio también se trata de un buen aislante acústico. El ahorro energético que supone una cubierta de estas características tiene relación directa con las temperaturas estudiadas en el entorno, su efecto regulador se debe tener en cuenta. Tras conocer su precio se valorará su instalación. Según el cype el m² ronda los 185€, por lo que al combinarse el techo verde con el suelo técnico, solo habrá que cubrir 120 m², lo que tendrá un coste total de unos **22.200€**.



Imagen 7. 7. Techos verdes

Fuente:

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cubiertas/Sistemas_de_cubiertas_verdes/Intensivas/QVI010_Cubierta_verde_intensiva_transitabl.html#gsc.tab=0

- Patio interior acristalado.

Para el patio interior acristalado se debe realizar una demolición en la zona central del edificio. El patio ocupará 9 m², una vez realizada la demolición se deberá reforzar la estructura del edificio mediante perfiles metálicos tipo HEB y finalmente se acristalará. Dicho patio permitirá una mayor iluminación natural, siempre preferible a la iluminación artificial y además, permitirá un ahorro en el consumo de electricidad. Se asegurará que la tipología de ventanales elegidos sea la adecuada para evitar pérdidas de calor fuera del recinto, buscando siempre maximizar la eficiencia energética del edificio y favoreciendo el ahorro energético de éste. Consultando una empresa de fabricación se estima que el coste rondará los **25.000 €**.

- Suelo técnico o flotante para cubiertas.

Junto con el techo verde se instalará suelo técnico registrable "Butech", para exterior. Compuesto por panel autoportante para el sistema de suelo técnico registrable "BUTECH", de 443x443 mm y 24 mm de espesor, clasificación 2/2/A/2, según UNE-EN 12825, formado por un soporte base de material porcelánico, de 10,5 mm de espesor, una capa de acabado de gres porcelánico Porcelanosa, serie Arizona, color Antracita, acabado antideslizante, "BUTECH", "PORCELANOSA GRUPO", de 443x443 mm y 10,5 mm de espesor, y una malla de fibra ignífuga dispuesta entre ambas piezas, adherida con resinas sintéticas, para garantizar la rigidez del conjunto, apoyados sobre pies regulables de polipropileno con carga mineral, de color negro, con base redonda, para alturas entre 55 y 75 mm. La instalación de un suelo con estas características influye en el ahorro energético, se mejora el aislamiento térmico del tejado, ya que combinando suelo técnico para cubiertas y el forjado reticular de 30 cm de espesor (hormigón) ya existente se mejora la eficiencia energética del edificio, disminuyendo los puentes térmicos. El precio del m² es de 108 € según el cype, por lo que al combinarse con los techos verdes solo se hará uso de 120 m², teniendo un coste total de **13.000 €**.

- Otras medidas

Respecto a la rehabilitación del edificio, se deben tener en cuenta otras medidas que elevarían la inversión inicial, aunque contribuyen a un ahorro energético como son:

- Utilización de luces leds. Puesto que la instalación actual consta de sesenta y cuatro equipos downlight con tubos fluorescentes compactos, se quiere sustituir estos equipos por equipos led, lo cual disminuiría el consumo eléctrico del edificio. Lo primero que se debe tener en cuenta son los lúmenes que se necesitarán. Para ello, se hace uso de la normativa europea UNE 12464-1 sobre iluminación para interiores y según la tabla de niveles de iluminación de dicha normativa, escogemos los lux que tendríamos en nuestro caso. Nuestro edificio se trata de un lugar de pública concurrencia, donde las áreas comunes como pueden ser salones deben disponer de un valor mínimo de iluminancia mantenida (Em) de 200 lux. Sabiendo que 1 lux es igual a 1 lumen/m² (según: <http://www.enkalux.es/?id=148:niveles-luz-segun-los-espacios>), se necesitará un total de 50.000 lúmenes por planta. Actualmente nuestro edificio dispone de 51.200 lúmenes por planta, utilizándose un total de 64 equipos. Ahora bien, si sustituimos estos equipos por equipos downlight led de empotrar para uso en interior, modelo OD-3652 QM4 UGR 22, acabado en color blanco mate, RAL 9016, referencia 3652M408400HOBM "LLEDÓ". Lámpara LED 840, flujo luminoso de 2072 lm, potencia 19 W y eficacia luminosa de 109.1 lm/W. Tensión de entrada de 220-240 V, protección contra impactos IK 04, índice de protección IP 20 y clasificación energética A++, pasamos a hacer uso de 25 equipos

por planta (actualmente se tienen 32 equipos por planta). Además de disminuir el número de equipos se mejora el flujo luminoso 600 lúmenes y se pasa a tener una potencia eléctrica total de 950W. El precio de estos equipos es de unos 120 € (tras consultar asesoramiento profesional de la empresa Lledó).



Imagen 7. 8. Equipo downlight Lledó

Fuente: https://lledogrup.com/documents/es/LLEDO_3652M408400HOBM.pdf

Consumo anual de iluminación con bombillas led

La potencia eléctrica total es de 950W. Se estima que el consumo anual de las bombillas led sería:

$$0,95 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 1.976 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo que tendría este equipo pasa a ser de unos 1.580,8 kWh/año. Lo que supone un coste de 181,32 €/año.

- Cristales de doble vidrio. Se tiene previsto cambiar los cristales ya existentes, por cristales de doble vidrio. La mayoría de estos cristales y ventanas se encuentran en el lateral oeste del edificio, ya que como se ha dicho antes en la fachada principal se vería reducido su número para facilitar la instalación de la fachada ventilada. Puesto que el lateral o fachada oeste dispone de alrededor de unos 100 m² de cristal, este cristal se sustituirá por un cristal doble con cámara de aire de 6 mm. Habría que modificar el marco. Este cristal doble pasa a tener un coeficiente de transmisión de 4 W/m²K (un cristal simple tiene un mayor coeficiente de transmitancia térmica, 6 W/m²K) según:

<https://www.aluminiosmoya.com/ventanas-de-doble-acristalamiento/>.

A mayor transmitancia peor aislamiento, por lo que el ahorro energético o las pérdidas de calor se reducen en 2 W/k por m². Las pérdidas se reducirían en un total de 200 W/K por fachada. Según el enlace que se adjunta a continuación, el precio medio se sitúa en unos 100€/m²: <https://www.fixr.es/guias-de-precios/cambiar-cristal-ventana>. Como se quiere acristalar 100 m² y se deben cambiar los marcos actuales, el precio rondaría los 15000 €.

- Sensores fotoeléctricos, de movimiento y térmicos. Estos sensores absorben potencia eléctrica y a cambio sirven para controlar la temperatura y nivel de luz existentes dentro

del edificio, lo que da lugar a un uso más eficiente del mismo, ya sea regulando la temperatura automáticamente o avisando cuando hay que regularla, y lo mismo con la luz artificial, está se utilizaría cuando el nivel de luz natural sea bajo. Esta medida contribuye a un control del ahorro energético. Se hará uso de unos 40 sensores cuyo precio está alrededor de 70€ según: <https://es.rs-online.com/web/c/automatizacion-y-control-de-procesos/sensores-y-transductores/sensores-fotoelectricos/>

- Protectores solares. Se hará uso de protectores solares tales como batientes, estores o persianas para mejorar la transmitancia térmica de nuestro edificio y evitar sobrecalentamientos en las zonas más expuestas al sol. Además se combinarán con los sensores anteriormente mencionados para tener un control de la demanda energética. Se combinarán con los cristales de doble vidrio.

La potencia eléctrica actual del edificio tras añadir un aire acondicionado por planta para mejorar el rendimiento de estos equipos debido a la nueva demanda térmica calculada, pasaría a ser la siguiente:

Tabla 7. 1. Potencia eléctrica actual modificada de nuestro edificio

Fuente: elaboración propia

Potencia eléctrica actual del edificio	kW
Potencia en máquinas de frío y calor (aire acondicionado, ventiladores de techo eléctricos)	38,24
Potencia en iluminación (equipos de iluminación compactos)	2,30
POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL	40,54

Esta potencia es la potencia eléctrica total que necesitan los equipos para trabajar simultáneamente. Esta potencia es igual a 40,54 kW.

Ahora bien, una vez conocida dicha potencia, se procede a calcular el consumo anual de los equipos actuales tras la modificación. Para ello debemos suponer que el edificio se ha estado abriendo durante 8 horas al día, 5 días a la semana. Ha estado abierto todo el año. También debemos saber que no todos los equipos trabajan a todas horas por lo que se aplica un coeficiente de simultaneidad de 0,8 al consumo anual de cada equipo. Para conocer la factura anual de consumo del edificio actual, se ha seleccionado una media del precio del kW·h, teniendo en cuenta factores como la tarifa y la discriminación horaria. Se ha seleccionado a la empresa Iberdrola. Este precio está en torno a unos 0,1147 €/kWh de media.

- Consumo en máquinas de frío y calor (aire acondicionado y ventiladores de techo eléctricos):

$$40,54 \text{ (kW)} \cdot 8 \text{ (h/día)} \cdot 5 \text{ (días/semana)} \cdot 52 \text{ (semanas/año)} = 84.323,20 \text{ kWh/año}$$

Un año dispone de unas 52 semanas de media. Los equipos de frío y de calor suponemos que trabajan durante todo el año. Aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,8, el consumo actual en máquinas de frío y calor pasa a ser de unos 67.458,56 kWh/año. Lo que supone un coste de 7.737,50 €/año.

En la siguiente tabla, se muestra el consumo que pasaría a tener el edificio una vez sustituidas las medidas actuales por las nuevas medidas:

Tabla 7. 2. Comparación de consumos anuales

Fuente: Elaboración propia

Consumo anual de los equipos actuales	kWh/año	€/año	Consumo anual de los nuevos equipos	kWh/año	€/año
Climatización (Aire acondicionado y ventiladores)	63.631,36	7.298,52 €	Climatización (Aerotermia)	37.173,76	4.263,83 €
			Recuperadores de calor	2.496	286,29 €
Iluminación	3.827,2	438,98 €	Iluminación	1.580,8	181,32 €
Consumo del edificio actual	67.458,56	7.737,50 €	Consumo del nuevo edificio	41.250,56	4.731,44 €

Se observa, que al sustituir las medidas actuales por las nuevas medidas, el edificio pasaría a tener un consumo de 41.250,56 kWh/año, por lo que se obtiene un ahorro energético de unos 26.208 kWh/año respecto al actual, lo que se traduce en un ahorro de 3.006,06 € al año sin tener en cuenta el ahorro energético de la fachada solar o de las medidas pasivas. A este ahorro energético, se añadiría el ahorro obtenido gracias a la fachada solar, pasando el edificio a tener un consumo anual de:

Tabla 7. 3. Consumo anual del nuevo edificio

Fuente: Elaboración propia

Consumo de los nuevos equipos	kWh/año	€/año
Aerotermia	37.173,76	4.263,83 €
Recuperadores de calor	2.496	286,29 €
Fachada ventilada solar	-24.693,76	- 2.832,37 €
Iluminación	1.580,8	181,32 €
Consumo del nuevo edificio	16.556,8	1.899,06 €

En este cálculo tampoco se ha tenido en cuenta el ahorro energético anual que conllevaría el uso de las medidas pasivas anteriormente mencionadas. Solo se ha estudiado el consumo eléctrico anual que pasaría a tener el nuevo edificio. Dicho consumo se ve reducido en unos 50.901,76 kWh/año con respecto al actual, lo que supone un ahorro económico de unos 5.838,43 €/año. Mencionar que el uso de las nuevas medidas pasivas reduciría aún más dicho consumo (en torno a un 30%, en la situación más desfavorable), por lo que el ahorro energético sería aún mayor. No se procede a calcular dicho ahorro puesto que se necesitarían una serie de cálculos complejos y laboriosos que no están dentro de mi alcance. Se haría uso de una herramienta conocida como Calener, la cual te calcula directamente la eficiencia que tendría nuestro edificio y el ahorro energético que suponen las medidas pasivas mencionadas.

8. Solución al problema.

En primer lugar, se debe comprobar que la rehabilitación de nuestro edificio cumple con la normativa vigente en Europa. Respecto a la normativa europea, se ha realizado un estudio del entorno, y el objetivo ha sido mejorar el aislamiento del edificio para así evitar pérdidas por calor, ya que como se ha visto en el estudio del entorno, la zona donde se sitúan las instalaciones está sometida a altas temperaturas durante los meses de verano. Cabe mencionar que nuestra zona es idónea para el uso de equipos como los de aerotermia, ya que estos rinden mejor a altas temperaturas. Como las horas de sol a la que se expone nuestro edificio son elevadas y su orientación es idónea, se aprovecha este factor para la instalación de una fachada con placas fotovoltaicas. También se ha tenido en cuenta el confort interior ya sea mejorando la iluminación natural o instalando equipos que regulen la temperatura de una forma eficiente, dando lugar a un ahorro energético considerable. Y hablando de ahorro energético, se ha realizado una comparación entre las medidas de las que dispone el edificio y las medidas a implementar y se ha estudiado el ahorro energético que supone cada una de ellas (apartado **7. Medidas a implementar**). Ahora se valorará si dichas medidas serán instaladas en su totalidad o nos desprenderemos de algunas de ellas. Para ello se ha tenido en cuenta su consumo y ahorro.

A continuación, se procede a revisar si las medidas a implementar en nuestro edificio cumplen con la normativa española. Para ello, debemos saber que nuestro edificio al hallarse en la zona de Cartagena (Murcia), y estar a una cota de 0 m de altitud, se situará según el Anexo B del documento básico de ahorro de energía, en la zona climática B3.

Tabla 8. 1. Zonas climáticas.

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Murcia	B3	C3			D3			E1																				
Navarra	C2	D2			D1			E1																				
Ourense	C3			C2			D2			E1																		
Palencia	C3			D1			E1																					
Palmas, Las	a3			A2			B2			C2																		
Pontevedra	C1			D2			D1			E1																		
Rioja, La	C2			D2			E1																					
Salamanca	C3			D2			E1																					
Santa Cruz de Tenerife	a3			A2			B2			C2																		
Segovia	B4			D2			E1																					
Sevilla	B4			C4			D1			E1																		
Soria	B3			C3			D3			E1																		
Tarragona	B3			C3			D3			E1																		
Teruel	C3			C2			D2			E1																		
Toledo	C4			D2			D3			E1																		
Valencia/València	B3			C3			D2			E1																		
Valladolid	C3			D2			E1																					
Zamora	C3			D2			E1																					
Zaragoza	C3			D3			E1																					
Provincia	≤ 50 m	51 m	101 m	111 m	201 m	251 m	301 m	351 m	401 m	451 m	501 m	551 m	601 m	651 m	701 m	751 m	801 m	851 m	901 m	951 m	1001 m	1051 m	1101 m	1151 m	1201 m	1251 m	1301 m	≥

Se ha calculado el valor de la carga interna media. Para ello será necesario calcular la carga sensible por ocupación, la carga por iluminación y la carga por equipos.

En primer lugar, se procede a calcular la carga sensible por ocupación haciendo uso de la tabla perteneciente al “Manual de Referencia de Calener GT Grandes edificios terciarios”, punto 14.17.

Tabla 8. 2. Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante, en función de la actividad.

Fuente: ASHRAE 1989 Handbook of Fundamentals, Tabla 3.p.26.7.

Grado de Actividad	Aplicación típica	OCUP-Q-SEN (W/persona)	OCUP-Q-LAT (W/persona)
Sentado en teatro	Teatro (Matinal)	65	30
Sentado en teatro	Teatro (Tarde)	70	30
Sentado, trabajo ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos	70	45
Trabajo de oficina moderado	Oficinas, hoteles, apartamentos	75	55
De pie, trabajo ligero, andando	Grandes almacenes, venta al por menor	75	55
Caminando, de pie	Farmacia, banco	75	70
Trabajo sedentario	Restaurante	80	80
Baile moderado	Pistas de baile	90	160
Andando, trabajo ligero	Fábrica	110	185
Jugar a los bolos	Boleras	170	255
Trabajo duro	Fábrica	170	255
Trabajo, maquinaria pesada	Fábrica	185	285
Atletismo	Gimnasio	210	315

Como la función de nuestro edificio está relacionada con los museos, salones de actos... Se relacionará con el grado de actividad “De pie, trabajo ligero, andando”, la cual dará lugar a un calor sensible de 75 W/persona. Una vez que conocemos dicha carga, se procede a calcular la carga sensible por ocupación según el Anejo A “Terminología” del DB HE.

Sabiendo que:

- La carga sensible es de 75 W/persona.
- El local tendrá un aforo máximo de 120 personas (esto se estudió en el apartado 7. Medidas a implementar, Recuperador de calor).
- Se estima que el local abrirá 8 horas al día durante 5 días a la semana (días y horario sin concretar). La ocupación se estudiará del 100% (caso más desfavorable en cuanto a nivel de carga interna media).

Fórmula de la densidad interna de fuentes por ocupación durante una semana:

$$\frac{(5 \text{ días} \times 1,0 \times 8\text{h/día}) \times (75 \text{ W/persona} \times 120 \text{ personas})}{500 \text{ m}^2} = \frac{360.000 \text{ W}}{500 \text{ m}^2} = 720 \text{ W/m}^2$$

Se tiene una densidad interna de fuentes por ocupación durante una semana de 720W/m².

Seguidamente, se procede a calcular la carga debida a la iluminación. Para ello, se estudia la iluminación interior, y al cambiar los equipos compactos con tubos fluorescentes por equipos led, se tiene una densidad interna de fuentes por iluminación durante una semana de 76 W/m² (Cálculo hecho según la página:<https://www.certificadosenergeticos.com/como-calcular-nivel-carga-interna-cfi-edificio>). Se estima que la iluminación led trabajará al 100%, 8 horas durante 5 días a la semana.

Fórmula de la densidad interna de fuentes por iluminación durante una semana:

$$\frac{\left(5 \text{ días} \times 1,0 \times 8 \frac{\text{h}}{\text{día}}\right) \times \left(50 \text{ equipos} \times 19 \frac{\text{W}}{\text{equipo}}\right)}{500 \text{ m}^2} = \frac{38.000 \text{ W}}{500 \text{ m}^2} = 76 \text{ W/m}^2$$

Por último, se suma la potencia de los equipos que nos encontraremos dentro del edificio. El total de la carga máxima de los equipos que hallamos en el interior es igual a 2,36 kW (fancoils y recuperadores de calor). Por lo que la densidad interna de fuentes por equipos eléctricos durante una semana es de 188,8 W/m². En el caso más desfavorable se estima, que los equipos trabajarán al 100%, 8 horas al día durante 5 días a la semana.

Fórmula de la densidad interna de fuentes por equipos eléctricos durante una semana:

$$\frac{\left(5 \text{ días} \times 1,0 \times 8 \frac{\text{h}}{\text{día}}\right) \times \left(2,360 \frac{\text{W}}{\text{todos los equipos}}\right)}{500 \text{ m}^2} = \frac{94.400 \text{ W}}{500 \text{ m}^2} = 188,8 \text{ W/m}^2$$

Tabla 8. 3. Nivel de carga interna

Fuente: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Tabla a-Anejo A. Nivel de carga interna	
Nivel de carga interna	Carga interna media, C_{FI} [W/m ²]
Baja	$C_{FI} < 6$
Media	$6 \leq C_{FI} < 9$
Alta	$9 \leq C_{FI} < 12$
Muy alta	$12 \leq C_{FI}$

Fórmula del cálculo de la carga interna media:

$$\frac{720 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 76 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} + 188,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{(24 \text{ horas} \times 7 \text{ días})} = 5,86 \text{ W/m}^2$$

Finalmente, la carga interna media del edificio (C_{FI}) es de 5,86 W/m², por lo que nuestro edificio, pasaría a ser clasificado como un espacio con un nivel de carga interna baja (es inferior a 6 W/m²).

Una vez conocido este valor, el consumo de energía primaria no renovable no debe de superar el valor límite de 98 kWh/m²·año, ni tampoco deberá superar el valor límite de consumo de energía primaria total que será de unos 204kWh/ m²· año.

Como se puede comprobar el consumo anual estimado del nuevo edificio según la **tabla 7.3. Consumo anual del nuevo edificio** es de 15.125,76 kWh/año. Si este consumo lo dividimos por el espacio de cada planta (500 m²), se tiene un consumo de energía de 30,25 kWh/m²·año, siendo este consumo muy inferior al valor límite de energía primaria no renovable (existe una diferencia de 67 kWh/m²·año) y al valor límite de consumo de energía primaria total (existe una diferencia de 173,75 kWh/m²·año).

Estos valores límite están en función de la carga interna media, por lo que al ser nuestro edificio catalogado como un edificio con nivel de carga interna baja no deberá superar en ninguna ocasión los valores límites anteriormente mencionados.

Una vez que nuestro edificio cumple con la exigencia HE0, se procede a comprobar si cumple con el resto de exigencias. Respecto a la exigencia HE1, se procede a calcular la

transmitancia de nuestro edificio. Suponemos que la mayoría de fachadas de nuestro edificio están construidas mediante los siguientes materiales:

Tabla 8. 4. Materiales fachadas

Fuente: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103422/Pastor%20-%20C3%81LCULO%20DE%20LA%20TRANSMITANCIA%20T%20C3%89RMICA%20DE%20UN%20MURO%20DE%20FACHADA.pdf?sequence=1>

MATERIAL	λ (w/mk)	e (cm)	R (m ² K/W)
Capa aire exterior			0.040
Enfoscado mortero de cemento	1.00	1.5	0.015
Ladrillo Hueco ½ pie	0.694	11.5	0.166
Embarrado de m. de cemento	1.00	2.00	0.020
Poliuretano proyectado	0.028	3.00	1.071
Cámara de aire sin ventilar		2.00	0.170
Tabique de LH sencillo	0.444	5.00	0.113
Enlucido de yeso	0.570	1.5	0.026
Capa de aire interior			0.130
RESISTENCIA TOTAL			1.711
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO M1 (U en W/m²K)			0.584

Si a estas fachadas le añadimos la capa de aislante térmico seleccionada en las medidas a implementar, el valor de transmitancia térmica de los muros pasa a ser de 0'34 m²K/W. Este valor se trata de un valor muy inferior a los valores límite de transmitancia térmica recogidos en el apartado de normativa, siendo inferior a 0,5. A parte se procede a limitar en caso de producirse, las condensaciones intersticiales de la envolvente térmica del edificio. No se dispone de particiones interiores verticales. Este cálculo sería más conciso en caso de saber utilizar la herramienta Calener, ya que además de los valores de transmitancia térmica se tendrían otros factores en cuenta como puede ser el valor límite del parámetro de control solar o el valor límite de permeabilidad al aire de la envolvente térmica.

La exigencia básica HE2 se ha tenido en cuenta a la hora de seleccionar los recuperadores de calor, proporcionando de esta forma una buena calidad del aire interior y recuperando energía. También se evita el uso de combustibles sólidos de origen fósil, haciendo uso solamente de un equipo de aerotermia, el cual se colocará en el tejado del edificio, evitando así aumentar la carga interna media del edificio y mejorando el rendimiento de dicha instalación. Gracias a este equipo y a su potencia térmica, se cumplirá con las condiciones interiores de diseño las cuales vienen exigidas en el RITE, como puede ser la temperatura interior exigida, la calidad de aire interior...

Para cumplir con la exigencia HE3 se ha optado por utilizar equipos downlight led ya que suponen un ahorro energético considerable respecto a los equipos actuales. Comparando el consumo actual de iluminación con el consumo de la nueva iluminación se comprueba el ahorro energético que supone el uso de estos nuevos equipos además de utilizar un menor número de equipos puesto que son capaces de ofrecer más lúmenes. También se ha estudiado la cantidad de lúmenes necesarios por planta, cumpliendo la nueva instalación la normativa perteneciente al reglamento electrotécnico. Además se plantea la construcción de un patio interior el cual mejore

la iluminación natural del edificio. Se hará uso de sensores fotoeléctricos para controlar la iluminación artificial, lo que supondrá un ahorro energético.

En nuestro caso, no se hará uso de ACS (HE4). Pero en el caso de necesitarla en un futuro se dispone de un equipo de aerotermia el cual se encargaría de la demanda de agua caliente sanitaria y gran parte de la demanda eléctrica de este equipo sería abastecida por la fachada de placas fotovoltaicas. Este equipo es totalmente compatible con un depósito de ACS.

Puesto que nuestro edificio dispone de 500m² y la reforma del mismo no superara los 3000m², la exigencia HE5 no se tiene por qué aplicar. Esta parte del código técnico a pesar de no afectar a nuestro edificio, se hará uso de contribución fotovoltaica mediante la fachada ventilada solar para mejorar el ahorro energético del edificio y obtener un ahorro energético aún mayor gracias al uso de placas fotovoltaicas.

Como conclusión, la rehabilitación de nuestro edificio cumple con las exigencias básicas del Documento Básico, lo que supone que nuestro edificio pasaría a ser catalogado como un edificio de energía cero. Tras comprobar esto, finalmente se evaluará si aplicar todas las medidas planteadas o en caso contrario, elegir las que suponen un ahorro energético considerable. Para ello se hará uso de las medidas planteadas en el punto 7, del consumo anual que tienen estas medidas, del ahorro energético que suponen y del presupuesto por contrata que se plantea en el ANEXO I.

Respecto a las medidas activas, tras conocer el consumo anual que tendrían y el ahorro energético que suponen con respecto a los equipos actualmente instalados, se plantea la instalación de todas y cada una de ellas. Como se indica en el punto 7, se ha estudiado el consumo eléctrico anual que pasaría a tener el nuevo edificio. Dicho consumo se ve reducido en unos 50.901,76 kWh/año con respecto al actual, lo que supone un ahorro económico de unos 5.838,43€/año. Cumpliendo de esta forma con los valores límite de uso de energías no renovables y energías primarias, y disminuyendo la carga interna media del edificio.

Al no hacer un cálculo exacto del ahorro energético de las medidas pasivas planteadas, se valorará que medidas pasivas utilizar en función de sus prestaciones y precio.

Para cumplir con la exigencia HE3, además de cumplir con la normativa de iluminación artificial, se procederá a instalar un patio interior para mejorar de esta forma la iluminación natural del edificio, y eliminar los puntos muertos que encontramos dentro de este, donde no se dispone de iluminación natural.

También se hará uso del aislante térmico mencionado puesto que mejorará la transmitancia térmica del edificio ayudando a cumplir la exigencia básica HE1. Además se mejora el factor de forma y es un factor de ahorro energético muy importante.

El resto de medidas, en mi opinión, también se llevarían a cabo, excepto la implementación en techos verdes, ya que el suelo técnico ofrece características similares como aislamiento térmico y acústico y es mucho más barato, y además los techos verdes suponen un gasto extra debido a su mantenimiento lo que eleva los gastos anuales. Dependiendo del tipo de ayuda que se nos ofrezca, se valorará si proceder a su instalación o si de lo contrario, solo instalar suelo técnico para cubiertas.

En el caso de una posible rehabilitación, se estudiaría alguna ayuda o subvención disponible para nuestra rehabilitación como pueden ser las mencionadas en el apartado **2.4. Ayudas y subvenciones para la edificación.**

9. Bibliografía

- Parlamento europeo y consejo de la Unión Europea (19 de mayo de 2010). Directiva 2010/31/UE. Recuperado de:
<https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- Parlamento europeo y consejo de la Unión Europea (25 de octubre de 2012). Directiva 2012/27/UE. Recuperado de:
<https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
- Parlamento europeo y consejo de la Unión Europea (30 de mayo de 2018). Directiva (UE) 2018/844. Recuperado de:
<https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>
- Ministerio de Fomento (20 de diciembre de 2019). Documento Básico Ahorro de Energía. Recuperado de:
<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>
- Secretaria de estado de energía (septiembre de 2013). Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Recuperado de:
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>
- Huellas de arquitectura (12 de diciembre de 2018). Medidas activas y pasivas en la arquitectura bioclimática. Recuperado de:
<https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2018/09/12/medidas-activas-y-pasivas-en-la-arquitectura-bioclimatica/>
- INELCO, servicios energéticos (12 de mayo de 2014). Medidas activas para el Ahorro Energético. Recuperado de:
<https://inelco.info/blog/?p=559>
- Óscar Redondo Rivera (mayo de 2015). Sistemas de energía renovables en edificios. Recuperado de:
<http://construye2020.eu/plataforma-sobre-formacion-profesional/recurso-de-formacion/sistema-energia-renovables-edificios/descarga>
- Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM) (Datos en tiempo real). Informe Agrometeorológico Personalizado. Recuperado de:
<http://siam.imida.es/apex/f?p=101:46:2520200062636911>

ANEXO I

RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Equipo de aerotermia	30.072,00 €
Suelo radiante	32.340,00 €
Fancoils	16.000,00 €
Recuperadores de calor	7.960,00 €
Fachada ventilada con placas fotovoltaicas	80.000,00 €
Aislante térmico	2.700,00 €
Techos verdes	22.200,00 €
Patio interior acristalado	25.000,00 €
Suelo técnico o flotante para cubiertas	13.000,00 €
Otros gastos (luces leds, protectores solares, cristales de doble vidrio, sensores...)	24.000,00 €

*En los precios anteriores se incluye el coste de mano de obra y el coste de material necesario

Total presupuesto de Ejecución Material	253.272,00 €
13% Gastos Generales	32.925,36 €
6% Beneficio industrial	15.196,32 €

TOTAL DE PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	301.393,68 €
21 % I.V.A	63.292,67 €

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA	364.686,35 €
---	---------------------