

## Resumen

Este proyecto es el estudio de la instalación de un sistema de climatización en un almacén de actividad logística. En él trabajan hasta 200 personas en un mismo turno. Este almacén está situado en la provincia de Barcelona, cerca del mar.

En verano, en el interior no se alcanzan temperaturas muy elevadas, pero la humedad sí es importante y provoca un ambiente de trabajo agobiante.

En invierno, al tener muelles de camiones abiertos, la temperatura del almacén disminuye, y es necesario abrigarse en el interior.

Por estas condiciones climáticas, se realiza el diseño de una climatización del almacén para mejorar el confort en el interior.

Además, para realizar una instalación eficiente, se realiza una instalación con la capacidad frigorífica adaptada a las necesidades del almacén. Se utilizan cortinas que disminuyen la potencia necesaria.

Para determinar la viabilidad económica, se realiza un estudio del coste de la instalación, y del coste del proyecto. También se realiza un estudio del impacto que causa la instalación sobre el medio ambiente.





# Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>Pág. 1</b>
<b>Índice</b> .....	<b>Pág. 3</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>Pág. 5</b>
1.1. Objetivo del proyecto .....	<b>Pág. 5</b>
1.2. Descripción del proyecto .....	<b>Pág. 6</b>
1.3. Análisis de antecedentes .....	<b>Pág. 8</b>
<b>2. Datos de partida</b> .....	<b>Pág. 9</b>
2.1. Descripción del almacén y de las condiciones de funcionamiento .....	<b>Pág. 9</b>
<b>3. Análisis de las necesidades del edificio</b> .....	<b>Pág. 11</b>
3.1. Especificaciones constructivas del edificio .....	<b>Pág. 11</b>
3.2. Necesidades interiores particulares .....	<b>Pág. 15</b>
<b>4. Diseño de la instalación</b> .....	<b>Pág. 18</b>
4.1. Tipo de instalación escogida .....	<b>Pág. 18</b>
4.2. Descripción de la instalación .....	<b>Pág. 18</b>
4.2.1. Unidades climatizadoras .....	<b>Pág. 18</b>
4.2.2. Distribución del aire .....	<b>Pág. 19</b>
4.2.3 Impulsión de aire por la superficie del almacén .....	<b>Pág. 21</b>
<b>5. Cálculo de la potencia necesaria</b> .....	<b>Pág. 24</b>
5.1. Cálculos realizados .....	<b>Pág. 24</b>
5.2. Cálculo de cargas térmicas .....	<b>Pág. 24</b>
5.3. Potencia necesaria en verano .....	<b>Pág. 27</b>
5.4. Potencia necesaria en invierno .....	<b>Pág. 28</b>
<b>6. Elección de materiales</b> .....	<b>Pág. 30</b>
6.1. Elección de las unidades frigoríficas.....	<b>Pág. 30</b>
6.2. Conductos de aire .....	<b>Pág. 32</b>
6.3. Multitoberas .....	<b>Pág. 33</b>
<b>7. Relación de materiales</b> .....	<b>Pág. 35</b>



<b>8. Estudio económico y presupuesto</b> .....	<b>Pág. 42</b>
<b>9. Impacto ambiental</b> .....	<b>Pág. 53</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>Pág. 54</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>Pág. 55</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>Pág. 55</b>
<b>Bibliografía complementaria</b> .....	<b>Pág. 58</b>



# 1. Introducción

## 1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es encontrar una solución económicamente viable a la climatización de un gran almacén. Así, se mejorarían las condiciones de confort de los trabajadores.

Se han tomado distintas medidas para mejorar la circulación del aire y el confort interior del almacén, pero no han dado resultado. Es un almacén de tamaño muy grande, de 40000 m<sup>2</sup>, y con unas necesidades para realizar la actividad que implican la necesidad de una climatización adaptada.

La instalación debe ser efectiva, es decir, debe poder mantener las condiciones interiores de diseño, sean cuales sean las condiciones exteriores. La instalación debe funcionar en cualquier circunstancia y mantener el confort en el interior del almacén.

Además, la instalación no debe entorpecer la producción del almacén, no debe reducir la capacidad productiva. Cualquier elemento externo añadido podría entorpecer la actividad del almacén y reducir la productividad.

Por último, la instalación debe ser económicamente viable. El coste de la instalación no puede ser extremadamente elevado. Además, el aumento del consumo eléctrico provocado por la instalación debe ser el menor posible.



## 1.2. Descripción del proyecto

El almacén de estudio de 40000 m<sup>2</sup> de superficie está compuesto por ocho naves de 5000 m<sup>2</sup> cada una, unidas y comunicadas lateralmente. Estas naves están distribuidas de forma distinta cada una, ya que el tipo de almacenamiento en cada nave es distinto, y los trabajos que se realizan en cada una de ellas también.

En el almacén se recibe la mercancía de los países de producción. La mercancía se puede descargar en cualquier nave, en un lado del almacén. Todo el stock descargado se organiza en palés en un espacio contiguo a las puertas de descarga. En este espacio, entre el lateral de las naves y la zona de estanterías, no hay estanterías ni ningún otro elemento que obstaculice el paso. Los palés permanecen en este espacio únicamente durante unas horas, antes de almacenarse en las estanterías.

La mercancía organizada en palés se almacena posteriormente en estanterías. De esta mercancía almacenada se preparan los pedidos necesarios para otros almacenes de menor tamaño y para tiendas.

Según el destino de los pedidos, la cantidad pedida de cada artículo es distinta, es decir, para los almacenes, la cantidad pedida de un mismo artículo es mayor. En cambio, la cantidad pedida por las tiendas es menor, con lo que nunca se envía una caja entera de un mismo artículo a ninguna tienda.

Por este motivo, el stock se organiza en diferentes naves dependiendo del destino al que se van a enviar los pedidos, y de cómo va a ser su preparación.

En la primera nave, se realiza la preparación de artículos directamente para tienda, con lo que los pedidos son de menor número de artículos, y los destinos son cada una de las tiendas. Por eso, en esta nave, las cajas del stock se almacenan en estanterías pequeñas, que dejan los artículos accesibles sin necesidad de maquinaria. Las estanterías tienen una altura máxima de 2,2 m, ya que deben estar accesibles por los operarios.

Los operarios circulan con carros para recoger los artículos necesarios. Como hay una gran cantidad de tiendas para las que preparar los pedidos, son necesarias una gran cantidad de horas para realizar los pedidos, con lo que el número de operarios en esta nave es elevado.



En el resto de naves, las cajas están dispuestas en palés, y estos se almacenan en estanterías a una altura de hasta 14 metros. Para el almacenaje de los palés, se utilizan carretillas retráctiles que permiten elevarlos a esas alturas.

En el suelo se colocan los palés de cajas con los artículos necesarios para preparar los pedidos para los almacenes. En estas naves, los operarios preparan los pedidos mediante transpaletas eléctricas, que permiten una circulación más rápida por el largo recorrido que deben hacer. En estos pedidos se recogen las cajas necesarias y se montan en palés que transporta la transpaleta.

Los palés preparados para cargar y enviar se organizan en un espacio entre las estanterías y las puertas de los muelles de carga. Hay muelles de carga en 6 de las naves. Este espacio es similar al que se utiliza para la mercancía descargada. Igual que en el caso de la mercancía descargada, los palés sólo permanecen unas horas en esta zona antes de ser cargados en camiones.

Es muy importante, al colocar elementos externos a la actividad industrial del almacén, que no obstaculicen el flujo de mercancía a través del espacio, y deben estar protegidos de posibles accidentes con las máquinas que transitan. Además, hay que tener en cuenta el espacio ocupado por las estanterías, ya que pueden dificultar la circulación del aire.



### **1.3. Análisis de antecedentes**

El almacén inició su actividad en el 2008, y desde entonces se ha detectado la necesidad de tomar medidas para reducir el calor en verano, y el frío en invierno.

Inicialmente, para combatir el calor, se optó por abrir puertas de los muelles, para facilitar la renovación del aire en el interior. Posteriormente se construyeron ventanas con lamas metálicas en los laterales, que eran más rápidas y seguras que abrir las puertas de los muelles. También se instalaron grandes ventiladores en una de las naves, para favorecer el movimiento del aire interior. Desde entonces no se han realizado más cambios para reducir el calor.

Por otra parte, no se han tomado medidas para reducir el frío en invierno. La única solución que se puede tomar es abrigarse para evitar el frío.

Las medidas tomadas no han sido efectivas. En verano, no se consigue la renovación del aire, los ventiladores sólo provocan el movimiento del aire caliente y únicamente debajo de ellos. En invierno no se ha mejorado nada el confort interior desde que se abrió el almacén.





## 2. Datos de partida

### 2.1. Descripción del almacén y de las condiciones de funcionamiento

El almacén está situado en la provincia de Barcelona, cerca del mar, por eso se toman las condiciones climáticas de la ciudad de Barcelona. Éstas son de 31 °C y 68% de humedad en verano, y de 2°C en invierno. [1]<sup>1</sup>

El almacén que se quiere climatizar tiene una longitud de 400 metros, una anchura de 100 metros y una altura de 15 metros. La superficie total del almacén es de 40000 m<sup>2</sup>, y el volumen total es de 600000 m<sup>3</sup>. La pared frontal tiene una superficie de 6000 m<sup>2</sup>, y las laterales de 1500 m<sup>2</sup>.

El almacén está dividido en 8 naves iguales unidas lateralmente y cada una tiene una longitud de 50 metros, una anchura de 100 metros y la altura es de 15 metros. La superficie de cada nave es de 5000 m<sup>2</sup>, y su volumen es de 75000 m<sup>3</sup>. La superficie de la pared frontal para cada nave es de 750 m<sup>2</sup> y la superficie de la pared lateral es de 1500 m<sup>2</sup>.

El edificio está construido mediante paneles de hormigón prefabricados de 12 metros de longitud, 20 centímetros de grosor, y un coeficiente de conducción de 0,5 W/°C·m<sup>2</sup>. [2] El suelo del almacén está elevado respecto al suelo para poder formar los muelles de carga, hormigonado y tiene un coeficiente de transmisión térmica de 1,2 W/K·m<sup>2</sup>. [3] El techo está formado por paneles nervados prefabricados de 5 centímetros de grosor y un coeficiente de conducción de 0,4 W/K·m<sup>2</sup> [4].

El techo del almacén dispone de 360 claraboyas, y tienen una superficie de 4,5m<sup>2</sup> cada una. La superficie total de las claraboyas es de 1620m<sup>2</sup>, y están formadas por planchas de policarbonato que tienen un coeficiente de transmisión térmica de 1,1 W/K·m<sup>2</sup> [5]. Cada nave dispone de 45 claraboyas de policarbonato, con una superficie total de 202,5 m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Referencia bibliográfica



Además, a cada lado de la nave hay 6 puertas con muelle de carga para cargar y descargar camiones, excepto en 2 de las naves, que solo tienen puertas en un lado de la nave. Las puertas están fabricadas como un panel sándwich, y tienen un coeficiente de transmisión térmica de  $0,5 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$ .**[6]**

Por un lado del almacén se descargan los contenedores con la mercancía que proviene de los países de producción. Los contenedores se descargan en cada nave, con un máximo de dos contenedores a la vez en una misma nave. El tiempo de descarga suele ser de unas 3 o 4 horas durante las que la puerta del muelle está abierta. Las descargas de contenedores se suelen realizar por la mañana.

Por el otro lado del almacén, se cargan los camiones con los pedidos preparados para cada destino. Las cargas de los camiones se realizan a partir del mediodía, y se alargan durante la tarde. La carga de cada camión dura 1,5 horas, durante las que se mantiene abierta la puerta de muelle. Se cargan un máximo de 2 camiones a la vez en una misma nave.

Se suele hacer la descarga de un contenedor por cada nave. Es posible que mientras un contenedor se está descargando, al otro lado de la nave se esté cargando un camión.



## 3. Análisis de las necesidades del edificio

### 3.1. Especificaciones constructivas del edificio

El proyecto consiste en climatizar un almacén de 40000 m<sup>2</sup> de superficie, repartidos en 8 naves de 5000 m<sup>2</sup> cada una, unidas lateralmente. El almacén está situado en la provincia de Barcelona, en la zona portuaria del Prat de Llobregat. Está construido cerca del mar, por eso se toman las condiciones climáticas de la ciudad de Barcelona. Éstas son de 31 °C y 68% de humedad en verano, y de 2°C en invierno [1].

Las condiciones climáticas son muy importantes, ya que determinan las necesidades frigoríficas y térmicas necesarias para mantener la temperatura y humedad interiores.

La climatización se realiza para aumentar el confort de las personas que trabajan en el almacén, para que se pueda trabajar más cómodamente. Por ello, con la instalación se pretende mantener una temperatura de 25 °C en verano, para no tener un ambiente agobiante, y una temperatura de 21 °C en invierno, para que se pueda trabajar con una vestimenta más ligera y cómoda.

Según el Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), esas son las temperaturas necesarias para mantener una correcta calidad del aire. Además, cumpliendo las Instrucciones Técnicas del RITE, la humedad relativa debe estar entre 45% y 60% en verano y entre 40 y 50% en invierno [7].

Este almacén está construido mediante paneles de hormigón prefabricados, con un material aislante interior. La conductividad térmica de los paneles de la pared es de 0,5W/°C·m<sup>2</sup>. El almacén está elevado respecto al suelo, para que, los camiones al acularse en las puertas de los muelles, dejen el suelo de los remolques a la misma altura que el suelo del almacén. La altura del almacén es de 15 m, y el techo está formado por paneles que tienen un buen aislante al calor del sol. La conductividad térmica de los paneles del techo es de 0,4W/°C·m<sup>2</sup>.

En el techo, dispone de claraboyas, la mitad de ellas están compuestas por lamas que se abren. Las lamas son un elemento de seguridad en caso de incendio, para permitir la extracción del humo con la apertura de éstas. Todas las claraboyas, tanto las de lamas como las cerradas están formadas por planchas de policarbonato, que permiten el paso



de la luz exterior, y aíslan del calor ya que tienen una conductividad térmica baja, es decir, que dificulta la transmisión del calor. La conductividad del policarbonato de las claraboyas es de  $1,1\text{W}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$ . El problema de las claraboyas, es que permiten el paso de la radiación solar, el calor recibido por la exposición directa al sol, y esto afecta mucho a la potencia frigorífica necesaria de la instalación.



Figura 1: Claraboya en el techo de un edificio [8]

Para reducir la transmisión de calor por radiación a través de las claraboyas, se instalan unas cortinas que están montadas sobre unos soportes con guías. Éstas se pliegan y se recogen gracias a la acción de un sistema de motores según la necesidad de calor interior. Así, en verano, las cortinas se despliegan para evitar la radiación solar, y en invierno, las cortinas se recogen para aprovechar el calor de la radiación. Estas cortinas reflejan gran parte de la radiación, un 63%, y absorben otra buena parte, el 21%. Permiten el paso de un 14% de la luz, y sólo permite el paso de un 16% de la radiación [9]. Esta reducción de la radiación, permite disminuir en gran parte la potencia frigorífica necesaria.

Al reducir el paso de la luz solar, puede ser necesario el encendido de la iluminación interior en franjas horarias en las que, sin las cortinas, las luces podrían haber estado apagadas. Aun así, el consumo eléctrico por esta iluminación es menor que la potencia frigorífica necesaria sin la instalación de las cortinas. Aunque haya que tener la



iluminación conectada, con las cortinas desplegadas en verano, se reducirá el consumo eléctrico del almacén.

Para la carga y descarga de camiones, el almacén dispone de puertas para acular los camiones a cada lado de las naves. En 6 de las 8 naves, hay 6 puertas de carga y descarga en cada una de las 2 paredes exteriores. En las otras 2 naves, sólo hay puertas a un lado de las naves.

Como varias de estas puertas pueden estar abiertas simultáneamente, se deben tener en cuenta las infiltraciones de aire exterior por ellas. Se toma como peor de los casos, que haya dos puertas abiertas simultáneamente en una misma nave. Por esto, se considera para las naves con puertas en los dos lados de la nave, la entrada de aire exterior es de un 25% del volumen total de la nave cada hora. Para las naves con puertas a un solo lado de la nave, se considera una renovación del 15% del volumen total de la nave. En el caso de que las puertas estén en un mismo lado de la nave, el volumen de renovación es menor ya que no se generan corrientes de aire, y no se pierde tanto aire climatizado.



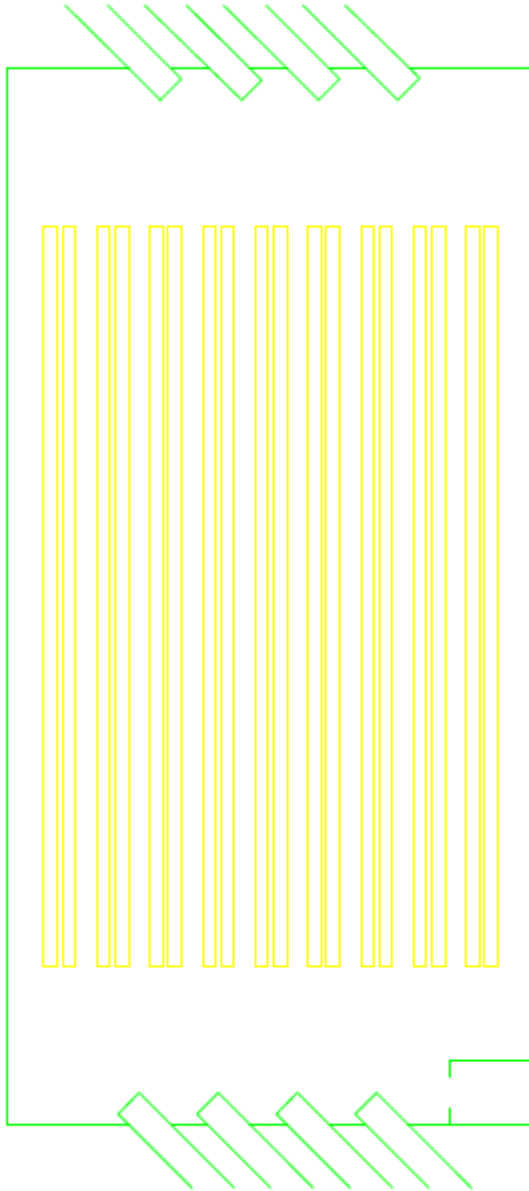


Figura 2 Plano de planta de una de las naves del almacén (Barcelona, 2014) Elaboración propia

El aire exterior de las infiltraciones tendrá una parte muy importante de la potencia térmica total, ya que si en una hora se puede llegar a renovar un 25% del volumen de aire, en 4 horas se está renovando totalmente el aire, con lo que habrá que acondicionar un gran volumen de aire.





Figura 3: Puertas de los muelles de carga y descarga de camiones [10]

### 3.2. Necesidades interiores particulares

El almacén tiene una actividad logística, de almacenamiento y distribución de material deportivo. Siete de las naves disponen de estanterías para el almacenamiento de palés a gran altura, en las que el material está dispuesto en cajas, y estas cajas se distribuyen en palés para su almacenamiento. Los palés se apilan en estanterías de hasta 10 metros, con lo que el palé más alto llega a una altura de 12,5 metros. Para subir y bajar los palés se utilizan carretillas retráctiles, y para trasladarlos por el almacén se emplean transpaletas eléctricas. En la nave restante, se almacenan las cajas individualmente directamente en estanterías, y a una altura de menos de 2 metros. Esta distinta organización de las estanterías afecta a la circulación del aire por la nave.

Las transpaletas eléctricas son máquinas autopropulsadas formadas por un puesto de mandos con espacio para el operario, y dos horquillas que permiten transportar palés con facilidad y rapidez.





Figura 4 Tranpaleta eléctrica [11]

Las carretillas retráctiles, son máquinas que disponen de una cabina para el conductor, y un mástil elevador con dos horquillas, que permiten elevar cargas a estanterías, en espacios relativamente estrechos.



Figura 5 Carretilla retráctil [12]

A cada lado del almacén, hay dos carriles que unen las ocho naves mediante grandes puertas. También hay un pasillo central que une todas las naves. Este espacio está





libre de estanterías. Además, entre estos carriles, y la pared exterior, hay una zona destinada a almacenar los palés de mercancía acabada de descargar de los camiones o lista para cargar en camiones, sin estanterías también.

Todos los elementos que se añadan en un almacén de estas características, no pueden entorpecer el funcionamiento normal de la actividad que se realiza en el almacén, para no provocar pérdidas de productividad. Además, se debe evitar que cualquier nuevo elemento obstaculice el paso de las máquinas que circulan, para evitar accidentes que podrían provocar daños personales y materiales.

Debido a esta distribución del almacén y de su actividad, se diseña una instalación independiente para cada nave, para que su funcionamiento sea el correcto y se garanticen las necesidades térmicas. Además esto permite una mejor regulación con lo que se puede ajustar mejor la potencia a las necesidades, y así reducir el consumo eléctrico necesario. Por otra parte, el mantenimiento es más sencillo, se puede realizar de forma independiente en las diferentes naves y permite detectar posibles averías más fácilmente.



## 4. Diseño de la instalación

### 4.1. Tipo de instalación escogida

Entre las opciones de una instalación con unidad de condensación compartida por toda la instalación, y una instalación con unidades totalmente independientes, llamadas roof top. Se considera la segunda opción porque es más segura y compacta, ya que se adquieren totalmente montadas y probadas por el fabricante. Así se asegura la fiabilidad de todos los elementos, el buen funcionamiento de todos los componentes y la ausencia de fallos y fugas. La instalación también es más sencilla, está más sectorizada y el mantenimiento es menor.

### 4.2. Descripción de la instalación

#### 4.2.1. Unidades climatizadoras

Se realiza una instalación mediante unidades rooftop instalados en el techo de las naves, que incluyen todos los elementos del circuito frigorífico, es decir, evaporador, condensador, compresor y válvula de expansión en un mismo compartimento además de todas las derivaciones del aire de salida y de entrada al almacén. Aunque las unidades incrementan el peso en el techo, la estructura de columnas y vigas del almacén es capaz de soportarlas. Sólo es necesario montar una base de acero y hormigón para poner encima las unidades. Los aparatos son compactos y están preparados para soportar las condiciones exteriores. Al estar ya montadas, se evita tener que hacer uniones de tuberías, con lo que es más difícil que se produzcan fugas. Además, como es tan compacto, la cantidad de refrigerante necesaria es mucho menor.



Figura 6: Rooftop en la parte exterior de un edificio [13]



Las unidades disponen de dos compresores, lo que permite su funcionamiento con uno sólo en función de la potencia frigorífica necesaria y así reducir su consumo eléctrico. También disponen de una rueda entálpica, que permite el intercambio de energía entre el aire que entra del exterior, y el aire que sale del interior debido a la renovación necesaria. Así se aprovecha la diferencia de entalpía, es decir, la diferencia de energía entre el aire de salida y el de entrada para disminuir la temperatura y humedad del aire exterior cediéndole esta energía al aire de salida. Se instalan dos unidades roof top de este tipo en cada nave del almacén para poder distribuir correctamente el aire por todo el volumen de la nave.

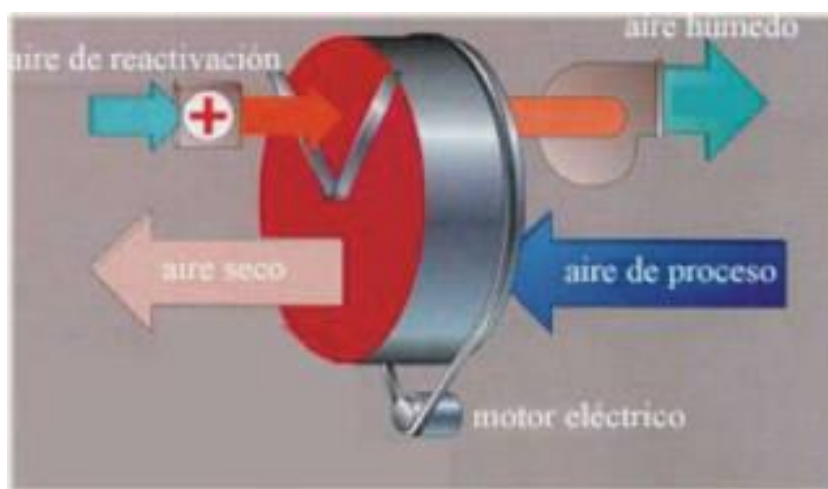


Figura 7: Esquema de rueda entálpica [14]

#### 4.2.2. Distribución del aire

También se deben tener en cuenta la distribución de las estanterías en cada nave. En las naves en las que se almacenan palés en las estanterías, y se utilizan las carretillas retráctiles para distribuirlos, la nueva instalación de climatización debe estar fuera del alcance de cualquier carretilla para evitar posibles accidentes. Por este motivo, en estas naves, los conductos del aire se colocaran cerca del techo, para que no se golpeen.





Figura 8: Estanterías similares a las del almacén estudiado [15]

Para conseguir una buena distribución del aire, los conductos del aire se instalan en dirección perpendicular a las estanterías, y con una salida para cada pasillo formado entre ellas. Con esto se consigue que el aire circule por el pasillo y no se frene por los palés de las estanterías. Como en los extremos de las naves no hay estanterías que impidan la correcta circulación del aire, los conductos se instalan más cerca de estos, justo al inicio de los pasillos. El caudal de aire impulsado por cada lado de las salidas es distinto. Al tener la pared más cerca, el caudal del aire hacia el extremo de la nave es menor. En cambio, debido a la longitud de los pasillos, el caudal de aire necesario a través de ellos es mayor para conseguir una correcta distribución del aire.

En la nave en la que las estanterías son de menor altura, y por la que pasan los operarios a pie, los conductos de aire se pueden colocar a menor altura, ya que no hay peligro de que sean golpeados por las carretillas, y las estanterías no obstaculizan su colocación. Las estanterías están dispuestas transversalmente, por esto, para realizar la conducción del aire a través de los pasillos, los conductos se hacen perpendiculares a estos. Esto hace que sean necesarios conductos más largos para cubrir la mayor longitud de la nave.



### 4.2.3 Impulsión de aire por la superficie del almacén

Para lograr que el aire se distribuya correctamente en la gran superficie de la nave, se diseñan unas salidas del aire de los conductos mediante multitoberas. Las multitoberas son toberas dispuestas geométricamente y equidistantes entre sí. Las toberas de largo alcance se utilizan preferentemente en los casos en que el aire impulsado debe superar grandes distancias desde el impulsor hasta la zona de habitabilidad. Además, su construcción semiesférica permite dirigir el caudal de aire en la dirección deseada. Este es el caso cuando en grandes locales (naves, salas, etc) no es posible una impulsión uniforme a través de difusores en el techo. Estas multitoberas permiten que el aire circule por todos los pasillos, y así se consigan unas condiciones homogéneas en toda la nave.

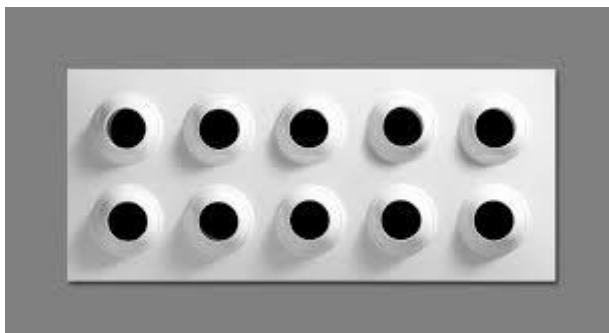


Figura 9: Conjunto de multitoberas [16]

Debido a las propiedades físicas del aire, el aire más denso tiende a desplazarse hacia el suelo, y el menos denso tiende a elevarse. Hay que tener esto en cuenta, ya que para lograr la correcta distribución del aire, este debe estar bien dirigido.

El aire caliente de invierno, más ligero que el del interior de la nave, tenderá a subir hacia el techo. Por ello se debe dirigir hacia el suelo y así garantizar la correcta circulación del aire, y que el aire frío del suelo aumente su temperatura. Si no se realizara así, y el aire saliera dirigido paralelamente al suelo, este se quedaría en la parte superior de la nave, y, debido a la elevada altura de las naves, no se lograrían las condiciones deseadas en el suelo.

En cambio, el aire frío de climatización en verano, es más denso que el del interior de la nave, por lo tanto siempre tenderá a dirigirse hacia el suelo, y no habrá el problema para que circule de la forma deseada. Por otra parte, teniendo en cuenta la gran superficie de la nave, el aire se debe impulsar para lograr una buena distribución del aire frío. Para esto, se sitúan las multitoberas en dirección horizontal, para dirigir el aire



paralelamente al suelo. El aire sale en forma de dardo de las toberas y llega a una distancia de 30 metros, lo que permite cubrir correctamente toda la superficie.

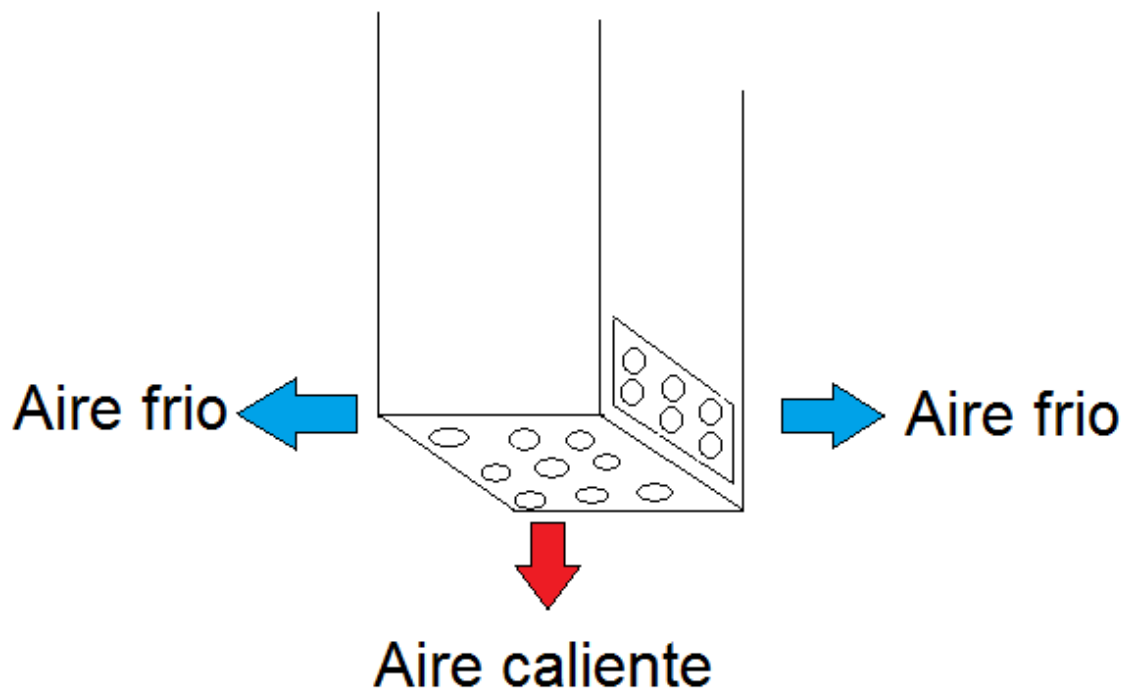


Figura 10: Croquis de la salida de aire al final de los conductos [Victor Carballo] (Barcelona, 2015)  
Elaboración propia

Además, la instalación debe estar diseñada de manera que no genere corrientes molestas de aire. Por ello hay que tener en cuenta la velocidad del aire que sale de los conductos y la temperatura, ya que una corriente a una temperatura fría y a velocidad elevada puede ser muy molesta.

Al dirigir el aire paralelamente al suelo, no habrá contacto directo con los trabajadores ni corrientes molestas.

Para lograr dirigir el aire de la forma deseada según si éste es caliente o frío, se realiza la construcción de unos cajones en las salidas de los conductos. Estos cajones disponen de tres compuertas de apertura motorizada, dos de ellas en los laterales, enfrentadas, y la otra en la parte inferior del cajón. Las compuertas se accionan



mediante motores que están comandados por un sensor de temperatura, y según la temperatura del aire se acciona una compuerta o otra. Es decir, cuando el sensor detecte aire frío se abrirán las compuertas laterales y saldrá el aire paralelo al suelo. En cambio, cuando el sensor detecte aire caliente, se abrirá la compuerta inferior y el aire se dirigirá directamente al suelo.

Para la renovación del aire, se instala una rejilla en la unidad roof top, que coge el aire de la parte superior de la nave y lo expulsa al exterior. Antes de ser expulsado, pasa por la rueda entálpica para aprovechar su energía. En la rueda entálpica, el aire que se va a expulsar intercambia su energía con el aire que entra al almacén, para que el aire de entrada tenga unas condiciones más semejantes al aire interior.

El consumo eléctrico en el almacén es relativamente bajo, ya que la maquinaria que se usa no requiere grandes potencias eléctricas. Se utilizan máquinas de transporte que funcionan a través de baterías, y estas se intercambian, en una sala adaptada, cuando se agotan para recargarlas. Se usan ordenadores para realizar todos los procesos informáticos necesarios. La iluminación se realiza mediante focos de bajo consumo. Debido a este bajo consumo del almacén, es muy importante dimensionar bien las instalaciones adicionales que se quieran añadir, ya que si se incrementa la potencia eléctrica instalada, será necesario incrementar la potencia eléctrica contratada, y por tanto aumentará el coste eléctrico.





## 5. Cálculo de la potencia necesaria

### 5.1. Cálculos realizados

Para conocer la potencia térmica necesaria de la instalación, se han realizado los cálculos de todas las cargas térmicas del almacén para cada nave. Así, se ajustara perfectamente la potencia térmica de la instalación a las necesidades de cada nave. Los resultados obtenidos para cada nave difieren mucho entre las naves con puertas de muelles en las dos paredes exteriores y las que sólo tienen puertas en una de las paredes. Además, al realizar los cálculos, se distingue entre el calor sensible y el calor latente. El calor sensible es el provocado por la diferencia de temperatura seca, es decir, con el aire con la misma humedad absoluta. El calor latente es el producido por la diferencia de humedad absoluta, con el aire a la misma temperatura seca.

### 5.2. Cálculo de cargas térmicas

Se toma la hora más crítica del día más extremo para dimensionar correctamente la instalación y no tener falta de potencia en ningún momento.

Estos días son:

- Verano: el día 21 de junio a las 14:00h (mayor radiación en el techo)
- Invierno: un día de invierno a las 6:00, cuando aun es de noche.

Para el cálculo de cargas térmicas, debe considerarse:

- El calor por radiación
- El calor de transmisión a través de las paredes, techo y suelos
- El calor de la iluminación
- El calor generado por la maquinaria
- El calor producido por las personas
- El calor producido por las infiltraciones de aire.

El calor por radiación:

- Se calcula mediante la radiación solar a dicha hora, las superficies transparentes por las que traspasa la radiación, y los factores de corrección de los materiales.

$$Q_r = S \times \text{Valor radiación} \times \text{Coeficiente policarbonato} \times 1,17$$

El calor de transmisión:





- Se calcula mediante el diferencial de temperaturas según si la superficie está expuesta al sol o en la sombra, la superficie de las paredes, el techo, el suelo, y la U de transmisión de los materiales.

$$Q_t = U \times S \times \Delta T$$

El calor de la iluminación:

- Se obtiene mediante la potencia superficial (W/m<sup>2</sup>) y la superficie.

$$Q_i = P \times S$$

El calor generado por la maquinaria:

- Se calcula mediante el número de máquinas, la potencia de éstas y el coeficiente de simultaneidad.

$$Q_m = n \times P \times cs$$

El calor producido por las personas:

- Se calcula mediante el número de personas y el calor latente y sensible que producen según la tarea que desarrollan.

$$Q_{pl} = n_p \times C_l$$

$$Q_{ps} = n_p \times C_s$$

El calor de infiltraciones:

- Se calcula mediante el coeficiente de infiltraciones que depende del número de puertas abiertas simultáneamente en una nave, el volumen de aire de la nave, la diferencia de entalpía del aire exterior e interior y la densidad del aire.  
En el caso de naves con puertas de muelle a los dos lados, se considera la situación de una puerta abierta a cada lado de la nave. En este caso, se renovarían un 25% del volumen de aire de esa nave cada hora.  
En las naves con puertas de muelle a un sólo lado del almacén, se considera de la misma forma, la posibilidad de mantenerse abiertas dos puertas



simultáneamente en esa nave. En este caso, se renovarían un 15% del volumen de aire de esa nave cada hora.

La diferencia entre los dos tipos de naves se debe a la corriente de aire que se generaría en el caso de abrir una puerta de muelle a cada lado de la nave, lo que favorece la renovación del aire interior, y la entrada de aire no climatizado. En cambio, en las naves con puertas a un solo lado de la nave, no se generarían estas corrientes.

$$Q_i = coef_{in} \times V_n \times \rho_a \times (H_{ext} - H_{int})$$

El calor total interior es la suma del calor de radiación, el de transmisión, el de luces, motores y máquinas y de las personas.

$$Q_{ti} = Q_r + Q_t + Q_l + Q_m + Q_p$$

El calor total es la suma del calor total interior y la ventilación.

$$Q_t = Q_{ti} + Q_i$$

Con estos datos podemos conocer el Factor de calor sensible al que será sometido el sistema de refrigeración.

$$FCS_i = \frac{Q_{tis}}{Q_{ti}}$$

$$FCS_t = \frac{Q_{ts}}{Q_t}$$



### 5.3. Potencia necesaria en verano

La potencia térmica total necesaria en verano para cada nave es de 300 KW para las naves con puertas de muelle de carga y descarga en las dos paredes exteriores de la nave, y de 210 KW para las naves con puertas de muelle en una sola pared de la nave. La carga térmica de radiación es la producida por el calor de la luz solar. Este calor se transmite a través de superficies transparentes o semitransparentes. En el almacén del proyecto, las superficies transparentes son las claraboyas, que tienen una placa de policarbonato. La potencia a través de las claraboyas es de 12,5 KW para cada nave, gracias a la función de los toldos de las claraboyas para reducir la radiación que entra en la nave.

La carga térmica de transmisión es el calor que se transmite a través de las paredes, del techo, del suelo, y del contacto del policarbonato de las claraboyas con el aire interior. El calor de transmisión entre todas las superficies es de 60 KW en cada nave. La carga térmica de las luces es el calor producido por las bombillas al encenderse. El calor producido es de 12,5 KW en cada nave.

La carga térmica de las máquinas y motores son los producidos por los ordenadores y los motores de las transpaletas. El calor producido por los ordenadores es de 2,5 KW por nave, y el calor producido por las transpaletas eléctricas es de 12 KW por nave. La carga térmica por el calor producido por las personas es de 10,5 KW. De estos, 5 KW corresponden a calor sensible. Los 5,5 KW restantes corresponden a calor latente. La carga térmica necesaria por el calor de las infiltraciones es de 187,5 KW para las naves con puertas en las dos paredes exteriores., con 43,75 KW de calor sensible, y 143,75 KW de calor latente.

La carga total de cada nave es de 297 KW, con 148 KW de calor sensible y 149 KW de calor latente.

En el caso de las naves con puertas en una pared exterior, la carga térmica por infiltraciones es de 112,5 KW, con 26,25 KW de calor sensible y 86,25 KW de calor latente.

La carga térmica total para estas naves es de 210 KW con 123 KW de calor sensible y 87 KW de calor latente.



La gran diferencia de potencia térmica necesaria entre los dos tipos de naves hace que para optimizar la instalación se instalen máquinas de distinta potencia, para que se adecuen a las necesidades térmicas de cada nave.

La potencia térmica necesaria global del almacén en verano es de 2100 KW, con 1050 KW de calor sensible y 1050 KW de calor latente.

#### **5.4. Potencia necesaria en invierno**

La potencia térmica total necesaria en invierno es de 200 KW para las naves con puertas en las dos paredes exteriores, y de 154 KW para las naves con puertas en una sola pared exterior.

La carga térmica de radiación en las condiciones más duras en invierno es de 0 KW, ya que en ese caso no hay radiación.

La carga térmica de transmisión, que, como esta explicado anteriormente, es el calor que se transmite a través de las paredes, del techo, del suelo, y del contacto del policarbonato de las claraboyas con el aire interior. El calor de transmisión entre todas las superficies es de 114 KW en cada nave en forma de calor hacia el exterior, ya que el interior del almacén esta a mayor temperatura que el exterior.

La carga térmica de las luces es el mismo que en verano, es decir, 12,5 KW en cada nave.

La carga térmica de las máquinas y motores también son los mismos que en verano. El calor producido por los ordenadores es de 2,5 KW por nave, y el calor producido por las transpaletas eléctricas es de 12 KW por nave.

La carga térmica por el calor producido por las personas es de 10,5 KW. De estos, 5 KW corresponden a calor sensible. Los 5,5 KW restantes corresponden a calor latente.

La carga térmica por el calor debido a las infiltraciones es de 187,5 KW para las naves con puertas en las dos paredes exteriores., con 112,5 KW de calor sensible, y 5,5 KW de calor latente.

La carga total de cada nave es de 200 KW, y en este caso todo el calor, los 200 KW corresponden a calor sensible.

En el caso de las naves con puertas en una pared exterior, la carga térmica por infiltraciones es de 112,5 KW, con 67,5 KW de calor sensible y 5,5 KW de calor latente.



La carga térmica total para estas naves es de 154 KW correspondientes a calor sensible.

Como en el caso del verano, las unidades se eligen según las necesidades térmicas de las naves para optimizar la instalación tanto en condiciones de verano como de invierno.

La potencia térmica total necesaria en el almacén en invierno es de 1400 KW.



## 6. Elección de materiales

### 6.1. Elección de las unidades frigoríficas

Teniendo en cuenta las necesidades térmicas calculadas, se realiza una instalación mediante unidades roof top. Estas máquinas están fabricadas de forma compacta, con todos los elementos del circuito frigorífico ya montados y unidos dentro de un cajón metálico. Al ser compactas, las unidades pesan menos y son menos voluminosas. Estas unidades tienen una gran fiabilidad, porque ya han sido probadas por el fabricante, y el riesgo de fuga de refrigerante es menor. La carga de refrigerante es pequeña ya que la instalación no necesita largas tuberías para desplazarlo. El techo puede soportar su peso.

Es necesaria una buena eficiencia de las máquinas, ya que la potencia térmica necesaria tanto en verano e invierno es muy elevada. Los aparatos elegidos tienen una alta eficiencia, ya que gracias a su circuito frigorífico en verano y su circuito de bomba de calor en invierno, en funcionamiento en condiciones del fabricante, alcanzan un EER (Ratio de eficiencia energética) de 5 en verano y un COP (coeficiente de potencia) de 5,5 en invierno. Este EER indica que, para las condiciones del fabricante, con temperatura exterior de 35°C, interior de 27°C y humedad relativa del 50%, para una necesidad térmica en verano de 5 KW frigoríficos, la máquina consumirá 1 KW eléctrico. De forma equivalente, para una necesidad térmica en invierno de 5,5 KW térmicos, en las condiciones del fabricante, la máquina consumirá 1 KW eléctrico según norma Eurovent. En las condiciones reales, que varían a lo largo del día y del año, se puede obtener el ESER (Ratio de eficiencia energética estacionario) que es de 2,7. Así, cuando la potencia térmica necesaria de la instalación sea la máxima, el consumo eléctrico no resultará tan elevado.

Las necesidades térmicas se han calculado para soportar las condiciones del 99% de los días tanto en verano como en invierno, para dimensionar la instalación para que pueda mantener las condiciones interiores deseadas en cualquier momento del año. Por esto, los cálculos se han realizado a la hora más calurosa del día más caluroso de verano y a la hora más fría del día más frío de invierno según las certificaciones oficiales. Así se garantizan las condiciones interiores de diseño en el 99% de las horas del año en cumplimiento del RITE.



Aunque las necesidades térmicas se calculan para las condiciones exteriores más extremas, la mayor parte de los días del año, las condiciones son más suaves, y la instalación no necesita dar la potencia máxima. En estas condiciones más suaves, el COP puede ser incluso mayor que en las condiciones extremas, ya que la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior será menor.

Además, todas las máquinas elegidas disponen de un circuito con 2 compresores, e incluso, las máquinas de mayor potencia disponen de 2 circuitos y 4 compresores, con dos compresores para cada circuito. Como la máquina dispone de más de un compresor, ésta puede regular su potencia térmica utilizando más o menos compresores, con un consumo eléctrico mayor o menor según el número de compresores que estén funcionando. Así, el consumo eléctrico variará según las condiciones del día, ya que si las condiciones exteriores son más suaves y la máquina no necesita toda la potencia térmica, podría funcionar con un compresor, y que así sólo consuma la electricidad solicitada por un compresor. En el caso de roof top con dos compresores se podrá regular la potencia al 50% y 100%, y en el caso de roof top con 4 compresores se podrá regular la potencia térmica al 25%, 50%, 75% y 100%. Como la potencia térmica necesaria se ha calculado para los días con condiciones más extremas del año, es decir, con temperaturas más desfavorables, y que corresponden a un reducido número de días, el resto de días del año, las máquinas no necesitarán producir toda la potencia térmica de la que son capaces. En estos días, las máquinas podrán funcionar con menos compresores de los que disponen para regular la potencia térmica producida y así reducirán su consumo eléctrico.

En cada nave se instalan 2 unidades roof top con la potencia térmica necesaria para cada nave. Al tener una superficie tan grande, el caudal de aire necesario para mantener las condiciones deseadas es muy elevado, y la distancia que debe recorrer es muy grande. Por esto se realiza la instalación con 2 unidades, cerca de cada extremo de la nave, para reducir el caudal necesario para cada unidad, y que el recorrido del aire sea menor. Al tener 2 unidades la instalación es más regulable para ajustar la potencia térmica a las necesidades en cada momento. Se puede regular la potencia gracias a los ventiladores de los que dispone, centrífugos en la batería interior, y axiales en la batería exterior, a la salida para mover el gran caudal de aire necesario.

Estas unidades se colocan encima de una plataforma metálica con placa de hormigón, que se construye en el tejado del almacén. Esta plataforma se apoya sobre las vigas del



almacén. Es capaz de soportar los aparatos. Como está situada en el exterior, también debe ser resistente a las condiciones exteriores.

## 6.2. Conductos de aire

El aire se distribuye desde cada unidad mediante un conducto que se divide en dos. Los conductos se montan paralelos al suelo y perpendiculares a las estanterías, para que en cada pasillo se sitúe una salida de aire, y éste sea conducido a través de ellos. Se calcula el caudal de aire necesario para garantizar la potencia frigorífica en el interior de cada nave. A partir de este caudal de aire, se diseña el perfil de los conductos, de manera que cuando el aire circule por ellos, no exceda los 10m/s. Se diseña una salida de aire delante de cada pasillo para que el aire se distribuya con facilidad por toda la nave, dirigido por la distribución longitudinal de las estanterías. El conducto principal se diseña con una reducción de perfil después de cada bifurcación para las salidas, para garantizar que el caudal de aire por cada salida es el mismo.

Para el montaje de las salidas se construyen cajones comunicados con los conductos.

Los conductos y los cajones de las salidas de aire se construyen mediante paneles autoportantes de Climaver Neto, del fabricante Isover. El material del que están hechos los paneles evitan la entrada de polvo en el circuito de aire, y el sonido producido a través de ellos es bajo. La medida de los conductos se ajusta al caudal de aire que debe pasar por ellos, para que el aire climatizado se distribuya correctamente por todos los conductos y que el almacén quede climatizado de forma homogénea. Todos los cajones de cada nave tienen el mismo diseño para que todos distribuyan la misma cantidad de aire.



Figura 11: Ejemplo de montaje de conductos [17]





Los cajones disponen de salidas por la parte inferior y en la dirección del pasillo, por los dos lados. Las salidas de aire se diseñan con direcciones distintas para distribuir correctamente el aire según su temperatura. Así, el aire frío, que es más denso que el de la nave y tiene tendencia a desplazarse hacia el suelo por el efecto de la gravedad se distribuye por las salidas laterales. Por otra parte, el aire caliente, que es más ligero que el interior de la nave, tiene tendencia a desplazarse hacia el techo. Por eso, en este caso, el aire se distribuye por las salidas inferiores del cajón, para forzarlo a que se dirija hacia el suelo y que se distribuya por toda la nave para que la nave quede correctamente climatizada. En el interior de los cajones se instalan compuertas accionadas mediante motores eléctricos, que permiten seleccionar la dirección de la salida según la temperatura del aire.

### 6.3. Multitoberas

Las salidas de aire de los cajones se realizan mediante multitoberas. Estas toberas impulsan el aire a elevada distancia, lo que permite distribuir correctamente el aire. Son orientables manualmente, lo que permite dirigir el aire en la dirección deseada y lograr una climatización uniforme en el almacén. Su diseño ayuda a reducir la estratificación del aire, es decir que el aire forme dos zonas de temperatura distintas según la altura. Este fenómeno puede impedir que las condiciones climáticas del almacén sean las deseadas, para las que se ha diseñado la instalación. Gracias a la construcción con múltiples salidas es posible impulsar el elevado caudal necesario en la instalación. Impulsar el caudal no sería posible con una única salida, o sería necesaria una tobera muy grande, con lo que el aire no alcanzaría la longitud necesaria.

Para el cálculo de las multitoberas, se ha considerado el confort de las personas con las corrientes de aire. Para ello, al realizar el cálculo de las toberas necesarias, se ha puesto como condición, que la velocidad a la que llegue el aire al suelo, sea menor de 1.5m/s, para que no sea molesto para las personas.

El funcionamiento de la instalación está controlado mediante sensores de temperatura, que actúan sobre los motores de las compuertas para modificar la dirección de salida del aire. Si el aire tiene una temperatura elevada, en invierno, se abre la compuerta inferior, y el aire se dirige directamente al suelo. En cambio, si el aire tiene una temperatura baja, en verano, se abren las compuertas laterales, y el aire se distribuye



paralelamente al suelo. Así se garantiza una buena distribución del aire según las necesidades de climatización.

El aire que ya ha circulado por la nave, se recoge por los conductos de retorno, para volverlo a climatizar y así mantener las condiciones interiores deseadas. Los conductos lo llevan de nuevo a las unidades climatizadoras. En ellas, se separa el aire de renovación del de retorno. El aire de renovación es la parte de aire que se expulsa al exterior para intercambiarlo por aire no climatizado. Antes de expulsarlo, se aprovecha la energía térmica que conserva para acondicionar algo el aire nuevo. Así, las condiciones de este aire nuevo son más suaves, más próximas a las del interior de la nave.

Para la entrada de aire exterior, se instalan rejillas preparadas para soportar las condiciones de intemperie. Además, para evitar la entrada de elementos externos o animales en el circuito de aire, detrás de cada rejilla de aire exterior se monta una malla. Así se evitan posibles problemas y daños por obstrucción de elementos en las unidades.

Para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación, se instalan termostatos de seguridad a una altura de 1,5 metros del suelo, y fuera del alcance de las multitoberas, para que la medición de las condiciones climáticas sea representativa de las condiciones interiores del almacén.

De esta forma, con el diseño de esta instalación, se pueden mantener las condiciones de confort deseadas durante todo el año.



## 7. Relación de materiales

6 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón.

Para su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación y renovación del aire incorporada.

Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.

Regulación del 25%, 50%, 75% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0364 **[18]**

Potencia frigorífica 160 KW

Potencia calorífica 143 KW

Caudal de aire de impulsión 21000 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 21000 m<sup>3</sup>/h

6 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón.

Para su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.

Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.

Regulación del 50% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0302 **[18]**

Potencia frigorífica 133 KW

Potencia calorífica 118 KW

Caudal de aire de impulsión 17500 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 17500 m<sup>3</sup>/h

2 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón.

Para su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.

Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.

Regulación del 50% y 100%.



Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0252 **[18]**

Potencia frigorífica 122 KW

Potencia calorífica 108 KW

Caudal de aire de impulsión 15500 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 15500 m<sup>3</sup>/h

2 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón.

Para su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.

Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.

Regulación del 50% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0202 **[18]**

Potencia frigorífica 96,7 KW

Potencia calorífica 83,2 KW

Caudal de aire de impulsión 13000 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 13000 m<sup>3</sup>/h

4030 m<sup>2</sup> de conductos realizados mediante panel rígido de alta densidad de lana de vidrio, no hidrófilo.

Revestido por la cara exterior con una lámina de aluminio reforzada con papel kraft y malla de vidrio, que actúa como barrera de vapor, y por su cara interior, con una lámina de aluminio reforzada con papel kraft.

El material del que están hechos los paneles evitan el polvo en los conductos, y por lo tanto en el aire que circulará por ellos. El ruido producido por el aire que circula a través de ellos es muy bajo.

Los paneles se doblan formando un conducto rectangular. Los diferentes paneles doblados se unen para formar conductos con la longitud necesaria. Además, los paneles permiten construir las salidas de aire de la forma idónea para dirigir correctamente el aire. Son autoportantes, ligeros y la instalación es sencilla.

Marca Isover o similar

Modelo Climaver Neto **[19]**



Espesor 2,5 cm

Conductividad térmica de 0,032-0,038 W/(mK)

280 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm.

Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado.

Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (600x300) **[20]**

L = 600 mm

H = 300 mm

Área libre 0,0224 m<sup>2</sup>

760 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm.

Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado.

Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (900x300) **[20]**

L = 900 mm

H = 300 mm

Área libre 0,0336 m<sup>2</sup>



40 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm.

Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado.

Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (900x200) **[20]**

L = 900 mm

H = 200 mm

Área libre 0,0258 m<sup>2</sup>

168 Compuertas para su utilización en la regulación del caudal y de la presión, en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Aletas opuestas de 100 mm.

Marco de aluminio extruido en forma de "U".

Lamas de forma aerodinámica de aluminio extruido con una junta de goma en los bordes.

Eje de acero galvanizado.

Placa de protección del sistema de transmisión en acero galvanizado. Casquillos de acetal de alta resistencia.

Transmisión por engranajes de poliamida-6, situados en la parte exterior de la compuerta, Ø12.

Marca Madel o similar

Modelo SQR-EH **[21]**

L = 600 mm

H = 600 mm



420 Compuertas para su utilización en la regulación del caudal y de la presión, en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Aletas opuestas de 100 mm.

Marco de aluminio extruido en forma de "U".

Lamas de forma aerodinámica de aluminio extruido con una junta de goma en los bordes.

Eje de acero galvanizado.

Placa de protección del sistema de transmisión en acero galvanizado. Casquillos de acetal de alta resistencia.

Transmisión por engranajes de poliamida-6, situados en la parte exterior de la compuerta, Ø12.

Marca Madel o similar

Modelo SQR-EH [21]

L = 900 mm

H = 900 mm

32 rejillas diseñadas para la aspiración de aire exterior o expulsión de aire viciado. Con lamas fijas de paso 25 mm, están diseñadas para impedir la penetración de la lluvia. Su construcción es de gran robustez y resistente a las agresiones climáticas para su instalación en el exterior.

Rejillas de aluminio extruido.

Sellado estanco en todo el perímetro

Con malla metálica para evitar la entrada de hojas y animales en el circuito de aire.

Marca Madel o similar

Modelo DMT-X [21]

L = 1000 mm

H = 600 mm

16 rejillas diseñadas para su utilización en retorno de aire en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Su montaje, según modelo, se realiza en paredes, techos o falsos techos. El diseño de sus aletas fijas a 45° garantiza un retorno



del aire uniforme en toda la sección de paso a la vez que impide la visión a través de la rejilla.

Rejillas construidas en aluminio extruido.

Con sellado estanco en todo el perímetro

Marca Madel o similar

Modelo DMT **[21]**

L = 1000 mm

H = 600 mm

360 cortinas para las claraboyas, para reducir el efecto del calor de la radiación solar, y así disminuir la potencia necesaria y aumentar la eficiencia de la instalación. Las cortinas son del fabricante BEC modelo N-0208. Éstas permiten el paso de un 14% de la luz, y sólo permite el paso de un 16% de la radiación, ya que refleja el 63% y el tejido absorbe el 21% restante.

Las cortinas se colocan mediante guías. Con un sistema de enrollado y desenrollado motorizado, que permite, la utilización de las cortinas según su necesidad.

Marca Bec o similar

Modelo N-0208 **[22]**

Ancho 250 cm

Uso Interior

Composición: 36% Fibra de Vidrio / 64% PVC

Solidez a la luz: > 7

Espesor: 0,49 mm

Peso: 420 g/m<sup>2</sup> ± 5%

Resistencia a la rotura:

Urdime: > 190 Kg / 5 cm

Trama: > 190 Kg / 5 cm

Alargamiento a la rotura: 4%

Resistencia al desgarró:

Urdime: 6 Kg

Trama: 6 Kg

Clasificación al fuego: Clase 1 (M1)

Factor de abertura: 3%

Resistencia a la temperatura: -35°C a + 80°C





16 Soporte metálico capaz de soportar el peso de las unidades roof top. Preparado para soportar las vibraciones provocadas por las unidades de climatización.

Resistente a la intemperie.

9 Cuadros eléctrico de 380V en cada nave para controlar el funcionamiento de los aparatos de manera independiente según las necesidades de cada nave. Además de un comando centralizado en la entrada del almacén.

2000m de cableado eléctrico para realizar la conexión de todos los aparatos con los cuadros eléctricos, y de éstos con la red eléctrica. Debe ser resistente al voltaje trifásico del almacén de 380V.

16 tomas exteriores de corriente para las unidades

8 Termostato Honeywell CMT-907. Con programación semanal, y 6 cambios por día.

4000 horas de montaje y puesta en marcha de la instalación.

2 días de alquiler de grúa para la colocación de los aparatos en el techo.

300 horas de ingeniería del diseño del proyecto y cálculo de toda la instalación.



## 8. Estudio económico y presupuesto

Para realizar el cálculo del presupuesto, se han tenido en cuenta todos los materiales necesarios ya especificados en la relación de materiales.

Se ha calculado la cantidad total necesaria de cada material a partir de la instalación necesaria en cada nave.

Para las unidades roof top, se ha considerado la potencia frigorífica como requisito que deben cumplir entre las dos unidades que se instalan en cada nave. Así se garantizan las condiciones interiores necesarias. Además, la potencia de las dos unidades es similar para obtener una buena distribución de aire.

En el caso de los conductos, como se ha especificado anteriormente, se han diseñado de manera que salga un conducto de cada unidad roof top y que delante de cada pasillo haya una salida de aire. Para calcular su coste, se ha tenido en cuenta toda la superficie necesaria según el cálculo de las longitudes de conducto y su perfil. Además, se ha sumado un 10% adicional de conductos en concepto de recortes en el montaje.

El modelo se ha elegido por la facilidad de montaje y por el buen aislamiento acústico que produce.

Las toberas se han calculado según el caudal de aire necesario de salida, y la velocidad del aire, para evitar fuertes corrientes de aire. A partir del caudal de aire necesario, se ha seleccionado el tamaño de las multitoberas, teniendo en cuenta poder realizar una construcción óptima de las cajas de salida de aire al final de los conductos, de manera que fueran lo más compactas posible.

Las compuertas de regulación de caudal, se han seleccionado según el tamaño de las multitoberas, para ajustarlas a su tamaño, y que se puedan colocar dentro de las cajas de salida de aire. Para el presupuesto, se ha incluido también el coste del motor de apertura y cierre de las compuertas. Además, se ha añadido un mecanismo que relaciona la apertura y cierre de las compuertas. Es decir, cuando se deben abrir las compuertas de aire frío, al abrirse, el mecanismo hace que las de aire caliente se cierren, y al revés.



Para las rejillas exteriores, se ha tenido en cuenta el caudal de aire que debe entrar y salir, además de evitar la entrada de cualquier objeto externo a la instalación.

En algunos casos se ha podido conseguir la tarifa de los productos a través de la web de los fabricantes. En otros casos ha sido necesario contactar con los fabricantes para obtener los precios de los materiales necesarios en la instalación.

### Unidades frigoríficas roof top:

6 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón. Para su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación y renovación del aire incorporada.

Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.

Regulación del 25%, 50%, 75% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0364

Potencia frigorífica 160 KW

Potencia calorífica 143 KW

Caudal de aire de impulsión 21000 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 21000 m<sup>3</sup>/h

<b>Unidad roof top Climaveneta modelo Whisperer Enthalpy 0364</b>	<b>6 unidades</b>	<b>43000€/u</b>	<b>258000€</b>
---	-------------------	-----------------	----------------

6 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón. Para su colocación en intemperie.



Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.  
Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.  
Regulación del 50% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0302

Potencia frigorífica 133 KW

Potencia calorífica 118 KW

Caudal de aire de impulsión 17500 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 17500 m<sup>3</sup>/h

<b>Unidad roof top Climaveneta modelo Whisperer Enthalpy 0302</b>	<b>6 unidades</b>	<b>37800€/u</b>	<b>226800€</b>
---	-------------------	-----------------	----------------

2 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top  
con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los  
elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón. Para  
su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.  
Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.  
Regulación del 50% y 100%.

Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0252

Potencia frigorífica 122 KW

Potencia calorífica 108 KW

Caudal de aire de impulsión 15500 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 15500 m<sup>3</sup>/h

<b>Unidad roof top Climaveneta modelo Whisperer Enthalpy 0252</b>	<b>2 unidades</b>	<b>36100€/u</b>	<b>72200€</b>
---	-------------------	-----------------	---------------

6 unidades de tratamiento de aire compacta tipo roof top  
con circuito frigorífico tipo bomba de calor, con todos los  
elementos necesarios dispuestos en el mismo cajón. Para  
su colocación en intemperie.

Filtración, ventilación renovación del aire incorporada.  
Máquina con recuperación de calor rotatorio entálpica.  
Regulación del 50% y 100%.



Marca Climaveneta o similar

Modelo Whisperer Enthalpy 0202

Potencia frigorífica 96,7KW

Potencia calorífica 83,2KW

Caudal de aire de impulsión 13000 m<sup>3</sup>/h

Caudal de aire de retorno 13000 m<sup>3</sup>/h

<b>Unidad roof top Climaveneta modelo Whisperer Enthalpy 0202</b>	<b>2 unidades</b>	<b>34000€/u</b>	<b>68000€</b>
---	-------------------	-----------------	---------------

### Material para conductos:

4030 m<sup>2</sup> de conductos realizados mediante panel rígido de alta densidad de lana de vidrio, no hidrófilo.

Revestido por la cara exterior con una lámina de aluminio reforzada con papel kraft y malla de vidrio, que actúa como barrera de vapor, y por su cara interior, con un tejido Neto de vidrio reforzado de color negro de gran resistencia mecánica.

El material del que están hechos los paneles evitan el polvo en los conductos, y por lo tanto en el aire que circulará por ellos. El ruido producido por el aire que circula a través de ellos es muy bajo.

Los paneles se doblan formando un conducto rectangular.

Los diferentes paneles doblados se unen para formar conductos con la longitud necesaria. Además, los paneles permiten construir las salidas de aire de la forma idónea para dirigir correctamente el aire. Son autoportantes, ligeros y la instalación es sencilla.

Marca Isover o similar

Modelo Climaver Neto

Espesor 2,5 cm

Conductividad térmica de 0,032-0,038 W/(mK)

<b>Paneles Isover modelo Climaver Neto</b>	<b>4030 m<sup>2</sup></b>	<b>15,90€/m<sup>2</sup></b>	<b>64077€</b>
--	---------------------------	-----------------------------	---------------

### Multitoberas para distribución de aire:



280 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm.

Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado.

Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (600x300)

L = 600 mm

H = 300 mm

Área libre 0,0224 m<sup>2</sup>

<b>Multitoberas Madel KOO ( 600x300)</b>	<b>280 unidades</b>	<b>173€/u</b>	<b>48440€</b>
--	---------------------	---------------	---------------

760 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm.

Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado.

Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (900x300)

L = 900 mm

H = 300 mm



Área libre 0,0336 m<sup>2</sup>

**Multitoberas Madel KOO ( 900X300)                      760 unidades    245.89€/u    186786,4€**

40 multitoberas diseñadas para su aplicación en instalaciones de aire acondicionado, ventilación o calefacción, con un diferencial de temperatura de hasta 12 ° C.

El montaje se puede realizar tanto en pared como en techo. Las toberas de difusión son orientables manualmente en todas direcciones. En función del tamaño de la placa, las toberas que integran son de 80 o 125 mm. Construidas en aluminio y placa en acero galvanizado. Juntas de rotación de material inmutable, clasificada M1 y F2 en reacción al fuego y al humo respectivamente.

Marca Madel o similar

Modelo KOO (900x200)

L = 900 mm

H = 200 mm

Área libre 0,0258 m<sup>2</sup>

**Multitoberas Madel KOO ( 900X200)                      40 unidades    223.16€/u    8926,4€**

### **Compuertas de regulación:**

168 Compuertas para su utilización en la regulación del caudal y de la presión, en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Aletas opuestas de 100 mm.

Marco de aluminio extruido en forma de "U".

Lamas de forma aerodinámica de aluminio extruido con una junta de goma en los bordes.

Eje de acero galvanizado.

Placa de protección del sistema de transmisión en acero galvanizado. Casquillos de acetal de alta resistencia.

Transmisión por engranajes de poliamida-6, situados en la parte exterior de la compuerta, Ø12.



Marca Madel o similar

Modelo SQR-EH

L = 600 mm

H = 600 mm

**Compuertas Madel SQR-ECC (600x600)      168 unidades    187,78€/u    31547,04€**

420 Compuertas para su utilización en la regulación del caudal y de la presión, en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Aletas opuestas de 100 mm.

Marco de aluminio extruido en forma de "U".

Lamas de forma aerodinámica de aluminio extruido con una junta de goma en los bordes.

Eje de acero galvanizado.

Placa de protección del sistema de transmisión en acero galvanizado. Casquillos de acetal de alta resistencia.

Transmisión por engranajes de poliamida-6, situados en la parte exterior de la compuerta, Ø12.

Marca Madel o similar

Modelo SQR-EH

L = 900 mm

H = 900 mm

**Compuertas Madel SQR-ECC (900x900)      420 unidades    278,95€/u    117157,6€**

### **Rejillas exteriores:**

32 rejillas diseñadas para la aspiración de aire exterior o expulsión de aire viciado. Con lamas fijas de paso 25 mm, están diseñadas para impedir la penetración de la lluvia.

Su construcción es de gran robustez y resistente a las agresiones climáticas para su instalación en el exterior.

Rejillas de aluminio extruido.

Sellado estanco en todo el perímetro





Con malla metálica para evitar la entrada de hojas y animales en el circuito de aire.

Marca Madel o similar

Modelo DMT-X

L = 1000 mm

H = 600 mm

<b>Rejilla Madel modelo DMT-X (1000 x 600)</b>	<b>32 unidades</b>	<b>169,99€/u</b>	<b>5439,68€</b>
--	--------------------	------------------	-----------------

### Rejillas de retorno:

16 rejillas diseñadas para su utilización en retorno de aire en instalaciones de aire acondicionado, ventilación y calefacción. Su montaje, según modelo, se realiza en paredes, techos o falsos techos. El diseño de sus aletas fijas a 45° garantiza un retorno del aire uniforme en toda la sección de paso a la vez que impide la visión a través de la rejilla.

Rejillas construidas en aluminio extruido.

Con sellado estanco en todo el perímetro

Marca Madel o similar

Modelo DMT

L = 1000 mm

H = 600 mm

<b>Rejilla Madel modelo DMT (1000 x 600)</b>	<b>16 unidades</b>	<b>131,92€/u</b>	<b>2110,72€</b>
--	--------------------	------------------	-----------------

### Cortinas para claraboyas:

360 cortinas para las claraboyas, para reducir el efecto del calor de la radiación solar, y así disminuir la potencia necesaria y aumentar la eficiencia de la instalación. Las cortinas son del fabricante BEC modelo N-0208. Éstas permiten el paso de un 14% de la luz, y sólo permite el paso de un 16% de la radiación, ya que refleja el 63% y el tejido absorbe el 21% restante.



Las cortinas se colocan mediante guías. Con un sistema de enrollado y desenrollado motorizado, que permite, la utilización de las cortinas según su necesidad.

Marca Bec o similar

Modelo N-0208

Ancho 250 cm

Uso interior

Composición: 36% Fibra de Vidrio / 64% PVC

Solidez a la luz: > 7

Espesor: 0,49 mm

Peso: 420 g/m<sup>2</sup> ± 5%

Resistencia a la rotura:

Urdime: > 190 Kg / 5 cm

Trama: > 190 Kg / 5 cm

Alargamiento a la rotura: 4%

Resistencia al desgarró:

Urdime: 6 Kg

Trama: 6 Kg

Clasificación al fuego: Clase 1 (M1)

Factor de abertura: 3%

Resistencia a la temperatura: -35°C a + 80°C

<b>Cortinas BEC N-0208</b>	<b>360 unidades</b>	<b>99€/u</b>	<b>35640€</b>
----------------------------	---------------------	--------------	---------------

#### **Elementos para la instalación de unidades:**

16 Soporte metálico capaz de soportar el peso de las unidades roof top. Preparado para soportar las vibraciones provocadas por las unidades de climatización.

Resistente a la intemperie.

<b>Soporte metálico</b>	<b>16 unidades</b>	<b>2000€/u</b>	<b>32000€</b>
-------------------------	--------------------	----------------	---------------

9 cuadros eléctricos en cada nave para controlar el funcionamiento de los aparatos de manera independiente



según las necesidades de cada nave. Además de un comando centralizado en la entrada del almacén.

<b>Cuadro eléctrico 380V</b>	<b>8 unidades</b>	<b>2500€/u</b>	<b>20000€</b>
------------------------------	-------------------	----------------	---------------

3000m de cableado eléctrico para realizar la conexión de todos los aparatos con los cuadros eléctricos, y de éstos con la red eléctrica. Debe ser resistente al voltaje trifásico del almacén de 380V.

<b>Cableado 380V</b>	<b>3000 metros</b>	<b>11€/m</b>	<b>33000€</b>
----------------------	--------------------	--------------	---------------

16 tomas exteriores

<b>Tomas exteriores</b>	<b>16 unidades</b>	<b>100€/u</b>	<b>1600€</b>
-------------------------	--------------------	---------------	--------------

Termostato Honeywell CMT-907. Con programación semanal, y 6 cambios por día.

<b>Termostato de seguridad</b>	<b>8 unidades</b>	<b>145,28 €/u</b>	<b>1162.24 €</b>
--------------------------------	-------------------	-------------------	------------------

4000 horas de trabajo para el montaje y puesta en marcha de la instalación.

<b>Montaje y puesta en marcha</b>	<b>4000 horas</b>	<b>25 €/h</b>	<b>100000€</b>
-----------------------------------	-------------------	---------------	----------------

Alquiler de grúa para la colocación de los aparatos en el techo.

<b>Alquiler grúa</b>	<b>2 días</b>	<b>3000 €/dia</b>	<b>6000€</b>
----------------------	---------------	-------------------	--------------

Horas de ingeniería del diseño del proyecto y cálculo de toda la instalación.



<b>Horas ingeniería</b>	<b>300 horas</b>	<b>100 €/h</b>	<b>30000 €</b>
<b>Coste total</b>			<b>1348887,08€</b>



## 9. Impacto ambiental

Se debe tener en cuenta el impacto ambiental de la instalación, ya que hay que evitar que ésta pueda afectar a la fauna, a la flora, a la atmósfera o a las personas.

La instalación tiene una cierta carga de refrigerante, que contiene gases que favorecen el efecto invernadero de la atmósfera, así que provocan que la radiación solar se quede en la atmósfera y afecta al calentamiento del planeta. Para minimizar estos efectos, se deben reducir las fugas de refrigerante para impedir que éste acabe en la atmósfera.

Por otra parte, la instalación se realiza en el techo de un almacén, por lo tanto no afecta directamente a la flora. Por otra parte, debido al consumo eléctrico de la instalación, que puede ser generado mediante plantas térmicas que queman combustibles fósiles, si que se genera indirectamente una cierta cantidad de CO<sub>2</sub> que los árboles deberán procesar para obtener de nuevo oxígeno.

Las unidades roof top están situadas al aire libre, en el techo de la nave. Los pájaros y otros animales pueden acceder hasta donde están situadas. Para evitar la entrada de pájaros o cualquier animal en el circuito, las rejillas que recogen el aire del exterior disponen de una reja en forma de red que impide la entrada de cualquier elemento extraño.

El impacto visual de la instalación es pequeño, ya que las unidades exteriores están sobre el techo del almacén y no tienen una altura excesiva. Por otra parte, la conducción del aire se ha diseñado de manera que no resulte molesta a las personas. Y los conductos de aire están situados a una cierta altura, con lo que no son molestos ni obstaculizan la circulación de las personas.



## Conclusiones

Se ha diseñado una instalación capaz de mantener las condiciones climatológicas interiores deseadas del almacén. Esta instalación es completamente regulable, segura, y tiene un funcionamiento independiente por zonas, lo que permite un funcionamiento ajustado a las necesidades.

El diseño, separado por naves, y con unidades de potencia regulable, permite ajustar el funcionamiento a las necesidades, y obtener un consumo eléctrico ajustado.

La instalación se ha realizado de forma que no dificulte la actividad del almacén ni afecte a la productividad. Además, también se ha considerado la dirección y velocidad de circulación del aire para evitar que sea molesto para las personas.

Se ha realizado una instalación utilizable todo el año, ya que permite producir frío en verano, y calor en invierno. La instalación permite mejorar el confort en el almacén durante todo el año.

El coste de la instalación es elevado debido al gran volumen del almacén. Aun así, es una instalación viable, con una potencia por metro cuadrado muy ajustada, de 52,44 W/m<sup>2</sup>. Además, al ser una instalación independiente por naves, es posible realizar la instalación modular, es decir, se puede realizar la instalación de una nave, y después de las siguientes de forma independiente y sin afectar al funcionamiento de otras naves.



# Bibliografía

## Referencias bibliograficas

[1] Aemet

[<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>, 8 julio 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[2] Hormipresa

[<http://www.hormipresa.com>, 12 septiembre 2014]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[3] Hormipresa

[<http://www.hormipresa.com>, 12 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[4] Panelsandwich

[<http://www.panelsandwich.com/panel%20sandwich%20tapajuntas.html>, 12 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[5] Palram

[<http://www.palram.es/sunlite>, 20 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[6] Domenech serrallers

[<http://www.domenechserrallers.com/puertas-industriales-muelles-de-carga/>, 23 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[7] RITE



[<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>, 10 diciembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[8]** Lucernarios

[<http://www.lucernarios.es/14.htm>, 20 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[9]** Cortinas BEC

[<http://www.bec.es/tejidos-para-cortinas-toldos-screens/filtros-solares/filtro-solar-n208/#datos>, N208, 14 noviembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[10]** Metalsystem

[<http://metalsystem.es/muelles-de-carga/>, 27 septiembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[11]** Linde

[<http://www.linde-world.de/mh-products/start.view?dealer=47&context=uk&l=es>, 10 enero 2016]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[12]** Linde

[<http://www.linde-world.de/mh-products/start.view?dealer=47&context=uk&l=es>, 10 enero 2016]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[13]** Aizeklima

[<http://aizeklima.com/climatizacion/>, 18 noviembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]





**[14]** Cubasolar

[<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar05/HTML/articulo06.htm>, 5 octubre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[15]** Mecalux

[<https://www.mecalux.es/estanterias-metalicas-industriales/estanterias-palets/estanterias-palets-convencionales>, 15 enero 2016]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[16]** Madel

[<http://www.madel.com/product-category/difusion/toberas-de-largo-alcance/>, 10 noviembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[17]** Isover

[<http://www.isover-aislamiento-tecnico.es/Productos/Climatizacion/Herramientas-CLIMAVER-Regla-Grapadora-Cuchillos-y-Espatulas>, 12 noviembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[18]** Climaveneta

[<http://es.climaveneta.com/Web/>, 16 octubre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

**[19]** Isover

[<https://www.isover.es/productos/climaver-neto>, 25 octubre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]



[20] Madel

[<http://www.madel.com/>, 21 octubre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[21] Madel

[<http://www.madel.com/>, 30 octubre 2016]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

[22] Bec

[<http://www.bec.es/tejidos-para-cortinas-toldos-screens/filtros-solares/filtro-solar-n203/#datos>, 8 noviembre 2015]\*. \*[URL, fecha de búsqueda]

## Bibliografía complementaria

ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. Atlanta, 2001.

BOSSER, J. *Vademécum de mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Barcelona, ETSEIB - CPDA, 1985.

ISOVER, *Manual de Conductos de Aire* Saint Gobain, 2009.

RIBOT, J., NACENTA, J.M<sup>a</sup>, *Guía de cálculo y diseño de conductos para ventilación y climatización*, Barcelona, Ediciones experiencia, 2012

REAL DECRETO 1751/1998, de 31 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE)

