



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## CLIMATIZACIÓN DE COMPLEJO FARMACÉUTICO

## AIR CONDITIONING OF PHARMACEUTICAL COMPLEX

Autor

JAIRO ALEXANDER OÑA TOCUMBE

Director

MARTIN ORNA CARMONA

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia  
2021





**Escuela Universitaria  
Politécnica - La Almunia**  
Centro adscrito  
**Universidad Zaragoza**

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

**MEMORIA**

**CLIMATIZACIÓN DE COMPLEJO  
FARMACÉUTICO**

**AIR CONDITIONING OF  
PHARMACEUTICAL COMPLEX**

**424.21.11**

Autor: JAIRO ALEXANDER OÑA TOCUMBE

Director: MARTIN ORNA CARMONA

Fecha: 22 DE NOVIEMBRE DE 2021





## INDICE BREVE

<b>1. Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Estado del arte .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Selección Del Sistema .....</b>	<b>29</b>
<b>6. Cálculos de climatización .....</b>	<b>56</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>94</b>

# INDICE DE CONTENIDO

<b>1. Resumen.....</b>	<b>1</b>
1.1. Palabras clave .....	2
<b>2. Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>4</b>
3.1. OBJETO.....	4
3.2. ALCANCE.....	6
3.3. ANTECEDENTES.....	7
3.4. AGENTES.....	8
3.5. NORMATIVA LEGAL.....	8
<b>4. Estado del arte .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. Clasificación de equipos de climatización .....</b>	<b>10</b>
4.1.1. Expansión directa o autónomos. ....	10
4.1.1.1. Equipos condensados por aire (air-cooled) .....	11
4.1.1.2. Equipos condensador por agua (wáter-Cooled) .....	12
4.1.1.3. Inversión térmica.....	13
4.1.1.3.1. Irreversibles.....	13
4.1.1.3.2. Reversibles .....	13
4.1.1.4. Bomba de calor.....	14
4.1.1.5. Número de unidades del ciclo de refrigeración .....	16
4.1.1.5.1. Compactos.....	17
4.1.1.5.2. Divididos.....	18
4.1.1.6. Fortalezas y Desventajas.....	19
4.1.1.6.1. Fortalezas .....	19
4.1.1.6.2. Desventajas .....	19
4.1.2. Expansión indirecta o centralizados.....	20
4.1.2.1. Enfriadoras agua-agua. ....	21
4.1.2.2. Enfriadoras agua-aire.....	21
4.1.2.3. Fortalezas y Desventajas.....	22
4.1.2.3.1. Fortalezas .....	22
4.1.2.3.2. Desventajas .....	22
4.1.3. Sistema VRV .....	23

4.1.3.1.	Fortalezas y Desventajas .....	25
4.1.3.1.1.	Fortalezas.....	25
4.1.3.1.2.	Desventajas.....	25
<b>4.2.</b>	<b>Modos de control en equipos de climatización .....</b>	<b>26</b>
4.2.1.	Control todo o nada.....	26
4.2.2.	Control por etapas .....	27
4.2.3.	Control proporcional.....	27
4.2.3.1.	Tecnología Inverter .....	28
<b>5.</b>	<b>Selección Del Sistema .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1.</b>	<b>Oficina .....</b>	<b>31</b>
5.1.1.	Sistema.....	31
5.1.1.1.	Unidades interiores.....	34
5.1.1.2.	Elementos de difusión.....	36
5.1.1.3.	Red de Conductos .....	40
5.1.1.4.	Líneas Frigoríficas.....	41
5.1.1.5.	Recuperador .....	43
5.1.1.6.	Conexión Eléctrica.....	44
5.1.1.7.	Regulación y control.....	48
<b>5.2.</b>	<b>Nave .....</b>	<b>49</b>
5.2.1.	Sistema.....	50
5.2.1.1.	Regulación y control.....	52
5.2.1.2.	Difusión.....	53
5.2.1.3.	Conexión eléctrica.....	54
<b>6.</b>	<b>Cálculos de climatización.....</b>	<b>56</b>
<b>6.1.</b>	<b>Parámetros generales.....</b>	<b>56</b>
6.1.1.	Condiciones Geográficas .....	56
6.1.2.	Condiciones Exteriores.....	57
6.1.3.	Condiciones Interiores .....	58
6.1.4.	Renovación Infiltraciones.....	58
6.1.5.	Descripción de los cerramientos .....	59
6.1.5.1.	Coeficiente de transmisión.....	61
6.1.5.1.1.	Coeficiente de cerramientos opacos.....	61
6.1.5.1.2.	Coeficiente de huecos .....	63
6.1.5.1.3.	Factor solar modificado .....	64
6.1.6.	Ocupación.....	64

<b>6.2. Cargas térmicas.....</b>	<b>67</b>
6.2.1. Cargas externas.....	67
6.2.1.1. Transmisión.....	67
6.2.1.2. Radiación.....	68
6.2.1.2.1. Cálculo.....	68
6.2.1.3. Infiltraciones.....	69
6.2.1.3.1. Cálculo.....	69
6.2.1.4. Ventilación .....	70
6.2.1.4.1. Cálculo.....	71
6.2.2. Cargas internas.....	71
6.2.2.1. Ocupación .....	71
6.2.2.1.1. Cálculo.....	72
6.2.2.2. Equipos e iluminación.....	72
6.2.2.2.1. Cálculo.....	73
6.2.3. Supuesto .....	73
6.2.3.1. Pb de control .....	73
6.2.3.1.1. Calor total.....	77
6.2.3.2. Nave Farmacéutica .....	79
6.2.3.2.1. Calor total.....	83
<b>6.3. Conductos.....</b>	<b>84</b>
6.3.1. Método dimensionado de conductos .....	84
6.3.1.1. Perdidas Codos .....	87
6.3.1.2. Perdidas Codos .....	88
6.3.1.3. Perdidas Bifurcaciones.....	88
6.3.1.4. Supuesto .....	89
6.3.1.4.1. Entrada.....	89
6.3.1.4.1. Roof Top .....	91
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>93</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>94</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema de expansión directa[1].....	10
Ilustración 2 Equipo autónomo partido condensado por aire [3].....	11
Ilustración 3 Equipo autónomo compacto condensado por agua[1].....	12
Ilustración 4 Irreversible [4] .....	13
Ilustración 5 Reversibles[5].....	14
Ilustración 6 Ciclo refrigeración-calefacción bomba de calor. ....	14
Ilustración 7 Ciclo de bomba de calor[6] .....	16
Ilustración 8 Equipo compacto[7].....	17
Ilustración 9 Composición sistema Split .....	18
Ilustración 10 Split.....	18
Ilustración 11 Multisplit[1] .....	18
Ilustración 12 Esquema de expansión indirecta[1] .....	20
Ilustración 13 Enfriadora de agua condensada por agua[8] .....	21
Ilustración 14 Enfriadoras de aire condensadas por aire[9] .....	21
Ilustración 15 Sistema VRV[11] .....	24
Ilustración 16 Multisplit[1] .....	24
Ilustración 17 Sistema VRV[12] .....	26
Ilustración 18 Control todo o nada con histéresis[14] .....	27
Ilustración 19 Fluctuaciones tecnología Inverter y sistema convencional[15].....	28
Ilustración 20 Sistema 2 VRV .....	31
Ilustración 21 Sistema 1 VRV .....	31
Ilustración 22 Sistema 3 VRV .....	32
Ilustración 23 Bomba de drenaje[3] .....	34
Ilustración 24 Tubería frigorífica .....	41
Ilustración 25 Roof Top [7] .....	49



Ilustración 26 Cartografía catastral .....	56
Ilustración 27 IDAE.....	57
Ilustración 28 Variación de la presión a lo largo la instalación[16] .....	85
Ilustración 29 Velocidad aire para locales.....	86
Ilustración 30 Desviación del conductor[13] .....	87
Ilustración 31 estrechamiento del conducto[13] .....	88
Ilustración 32 Desdoblamiento del conducto[13] .....	88
Ilustración 33 Conducto Rectangular [22].....	89

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción sistemas.....	32
Tabla 2 Unidades Interiores .....	35
Tabla 3 Difusores Rotacionales .....	36
Tabla 4 Rejillas de retorno .....	37
Tabla 5 Rejillas de extracción .....	37
Tabla 6 Reguladores VFL.....	39
Tabla 7 Espesores coquilla según RITE .....	42
Tabla 8 Ventilación y Renovación .....	43
Tabla 9 ICP.....	44
Tabla 10 Circuito ICP.....	44
Tabla 11 Pia equipo.....	45
Tabla 12 Despiece eléctrico.....	47
Tabla 13 Roof top .....	50
Tabla 14 ICP .....	54
Tabla 15 Diferencial .....	54
Tabla 16 PIA equipo .....	54
Tabla 17 Tabla resumen electricidad. ....	55
Tabla 18 Temperatura RITE .....	58
Tabla 19 Caudal de Ventilación RITE .....	58
Tabla 20 Categoría según región.....	60
Tabla 21 Coeficientes de transmisión.....	61
Tabla 22 Rse-Rsi.....	62
Tabla 23 Coeficientes térmicos .....	62
Tabla 24 Coeficientes de transmisión.....	63
Tabla 25 Factor solar modificado .....	64
Tabla 26 Superficie de las habitaciones.....	66

Tabla 27 Valores de Radiación .....	68
Tabla 28 Q transmisión.....	74
Tabla 29 Q radiación .....	74
Tabla 30 Q renovación.....	75
Tabla 31 Q infiltraciones .....	75
Tabla 32 Q Personas .....	76
Tabla 33 Q equipos .....	76
Tabla 34 Q transmisión.....	80
Tabla 35 Q Radiación .....	80
Tabla 36 Renovación .....	81
Tabla 37 Q infiltraciones .....	81
Tabla 38 Q personas .....	82
Tabla 39 Q equipos .....	82
Tabla 40 Alpha .....	85
Tabla 41 H/W .....	87
Tabla 42 $k\theta$ .....	87
Tabla 43 Kre .....	87
Tabla 44 Coeficientes C .....	88
Tabla 45 C conductos divergentes.....	88
Tabla 46 C conductos convergentes .....	89

# 1. RESUMEN

El presente trabajo fin de grado abarca el tema de instalaciones industriales, en concreto instalación de Clima. El proyecto nave farmacéutica está localizado en la población Palau Solita y Plegamans (CATALUÑA).

Se trata de una Zona industrial, que comprende diferentes tipologías de naves industriales. En nuestro caso, nos encontramos con una nave de tipo c, según DB-SI Seguridad en caso de incendio.

Se trata de un edificio de obra nueva, por lo que cumple con todos los estándares aplicables a fecha de hoy, en el tema de instalaciones se ha desarrollado un proyecto llaves en mano, es decir, estudio, desarrollo, correcciones, ejecución y corrección de errores.

Para el estudio se ha considerado varias alternativas de climatización, pero se ha optado por VRV para la climatización de oficinas y ROOF TOP para la nave industrial. Para la elección de estos sistemas hemos tenido en cuenta tanto aspectos técnicos como, economía del proyecto, la potencia disponible, la sostenibilidad, la contaminación y la normativa vigente.

Con respecto a la normativa, nos aplican dos. Una enfocada a las oficinas, RITE, y otra, enfocada a las instalaciones frigorífica, seguridad de instalaciones frigoríficas. El seguimiento de dos normas se debe a que una zona está destinada a climatizar lugares de trabajo, y el RITE abarca este ámbito. Por otro lado, el documento de Seguridad de instalaciones frigoríficas no se enfoca en el bienestar térmico de los trabajadores.

Se busca satisfacer cada uno de los ámbitos mencionados como resultado del proyecto.



## 1.1. PALABRAS CLAVE

CLIMATIZACIÓN

VRV

CONDUTOS

RITE

ROOF TOP

## 2. ABSTRACT

This final degree project covers the subject of industrial installations, specifically the installation of air conditioning. The complex pharma project is located in the town of Palau Solita i Plegamans (CATALONIA).

It is an industrial area, which includes different types of industrial buildings. In our case, we are dealing with a type c building, according to DB-SI Safety in case of fire.

It is a new building, so it complies with all the standards applicable to date, in the subject of facilities a turnkey project has been developed, i.e., study, development, corrections, execution and correction of errors.

For the study, several air conditioning alternatives were considered, but we opted for VRV for the office air conditioning and ROOF TOP for the industrial building. For the choice of these systems we have taken into account technical aspects, project economics, available power, sustainability, pollution and current regulations.

With regard to the regulations, two apply to us. One focused on offices, RITE, and the other, focused on refrigeration installations, safety of refrigeration installations. The fact that we follow two standards is due to the fact that one area is intended to air-condition workplaces, and the RITE covers this area. On the other hand, the Safety of refrigeration installations document does not focus on the thermal well-being of workers.

It seeks to satisfy each of the aforementioned areas because of the project.

## 3. INTRODUCCIÓN

### 3.1. OBJETO

El tema de este proyecto fin de grado se ha elegido por varios factores. El principal es que me permite poder aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de mis estudios universitarios en el día a día.

Por otro lado, la empresa donde me encuentro me ha propuesto desarrollar este proyecto, y así beneficiarnos ambos, me explico: Por un lado, me capacito sobre instalaciones climáticas y, por otro lado, aprovecho y desarrollo el tfg, obteniendo así el título correspondiente.

Como futuro ingeniero mecatrónico, he de ser capaz de gestionar y adaptarme a cualquier ámbito de la ingeniería. En este caso, demuestro que soy capaz de desarrollar, entender y ejecutar un proyecto de gran envergadura, satisfaciendo las necesidades del cliente.

El proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación del sistema que climatizará la nave Farmacéutica ubicada en Barcelona. Para ello se ha realizado una serie de estudios y cálculos de cargas, para escoger el sistema que mejor se adapte a las necesidades de la nave farmacéutica.

La presente memoria técnica documenta, especifica las características y muestra las condiciones de ejecución de todos los elementos y trabajos necesarios para ejecución la instalación de climatización y ventilación de las oficinas y nave.

También se definen las especificaciones de los equipos, componentes y materiales que constituyen las instalaciones a montar. Forma parte del objetivo del proyecto la valoración de los trabajos de instalación para lo cual se da un presupuesto detallado del contenido de los distintos sistemas de las instalaciones.

El proyecto describe el edificio con los locales afectados por las instalaciones, la filosofía de funcionamiento de la instalación, los equipos y sistemas proyectados. Se especifican las bases de cálculo y parámetros de partida adoptados y se definen los métodos utilizados para el cálculo. En el Anexo de calculos se incluyen todas las hojas de cálculo generadas por el proyecto.

Los planos indican el recorrido de las instalaciones, comprendiendo planos de las diferentes plantas, esquemas de principio y detalles constructivos. En los distintos documentos del proyecto, se aporta la justificación y el cumplimiento del RITE.



Cumpliendo así con el artículo 15 del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y los criterios de diseño indicados por la propiedad

## 3.2. ALCANCE

El alcance del proyecto abarca una gran variedad de temas vinculados al clima. En primer lugar, se realiza el cálculo de cargas de la nave en cuestión. La nave se encuentra dividida en dos partes: Oficinas y Almacén. De modo que se realiza dos estudios independientes.

Con la información que obtenemos procedemos a seleccionar el sistema que mejor se adapte a las necesidades de la nave farmacéutica, tanto para las oficinas como para la nave.

La selección del sistema no solo depende de la economía, sino que otros factores que condicionan esta elección, tales como:

- Ecología
- Consumo
- Preferencia del cliente
- Dimensiones
- Tecnología

En función del sistema que hayamos escogido tendremos un tipo de distribución, por lo general es por conductos aislados.

Se calculará la sección del conducto, de impulsión, retorno y extracción, para los diferentes tramos de la instalación. Llegando a optimizar el gasto lo máximo posible, y cumpliendo la normativa de seguridad y salud que nos marca unas velocidades y caudales del aire.

Finalmente se desarrollan los planos de la instalación a realizar, estos planos contienen información de la distribución de los conductos, maquinas interiores, máquinas exteriores ...

Todo el desarrollo viene condicionando por una serie de normas que velan la seguridad y bienestar de las personas.

### 3.3. ANTECEDENTES

Debido a la gran demanda que tienen la empresa farmacéutica, se ha visto obligada construir una nueva nave industrial en 8184 Palau-solitá i Plegamans (Barcelona). Esta nueva construcción requiere de dos sistemas de refrigeración y calefacción para el almacén y las oficinas.

Estos dos sistemas han de ser independientes uno del otro, dado que las zonas se utilizan para actividades diferenciadas. Por un lado, la climatización de las oficinas viene regulada por el RITE. Por otro lado, la climatización del almacén viene definido por la seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, en algunos casos.

Es decir, las oficinas son climatizadas para el confort de las personas y la nave es climatizada para albergar medicamentos en buen estado.

Esta divergencia, afecta al proyecto en temas de normativa. Por un lugar, seguiremos lo que nos marca el RITE para el climatizar la zona de oficinas. Por otro, seguiremos el reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas y sus instrucciones complementarias para climatizar la nave.

La solución escogida ha de cumplir con la normativa vigente respecto a: clima, seguridad y salud, ecología...

## 3.4. AGENTES

El promotor del proyecto, dado que se trata de un trabajo fin de grado, es la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia, adscrita a la Universidad de Zaragoza, ubicada en la Calle Mayor, 5, 50100 La Almunia de Doña Godina, Zaragoza.

La labor de proyectista es desempeñada por: Jairo Alexander Oña Tocumbe en colaboración con la empresa Levitec S.L.

## 3.5. NORMATIVA LEGAL

Se aúnan la normativa que afecta a la instalación del clima.

Código técnico de la edificación. CTE (Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27-diciembre-2019)

- Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendios (SI).
- Artículo 13. Exigencias básicas de salubridad (HS). 13.3 Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior.
- Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR).
- Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE). 15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética. 15.2 Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas. 6

Real Decreto 47/2007, del 19 de enero de 2006, aprueba el procedimiento para la certificación de eficiencia energética en los edificios de nueva construcción. Esta exigencia deriva de la Directiva 2002/91/CE.

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios RITE y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE (Real Decreto 1027/2007, de 10 de Julio, B.O.E. nº 207 de 27 de agosto de 2007). Actualizado el 2013.

Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas y sus Instrucciones Complementarias según Real Decreto 138/2011, de 8 de febrero.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2.002, de 2 de agosto, B.O.E. nº 224 de 18 de septiembre de 2.002).

Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995.

Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción (RD. 1.627/97 de 24 de octubre).

Reglamento sobre lugares de trabajo, según Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Orden de 9 de marzo de 1971, por la cual se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con las modificaciones y actualizaciones del Reglamento sobre lugares de trabajo y de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias según Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre.

La normativa mencionada está vigente, y se encuentra con la misma denominación.

## 4. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, existe varias formas de clasificar los equipos de climatización. Desde el principio de funcionamiento, hasta en función del líquido o gas refrigerante que llevan.

Para nuestra selección de sistema en la nave farmacéutica, hemos de tener un contexto de las maquinas existentes en el mercado y saber cómo es su principio de funcionamiento.

Por este motivo, a continuación, se muestra la clasificación más habitual para los equipos y sistemas de climatización.

### 4.1. CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

Una manera muy sencilla de clasificar los distintos equipos de climatización es atendiendo a su tipo expansión. La expansión se divide en dos grupos: expansión directa e indirecta, también conocidos por equipos autónomos o equipos centralizados.

#### 4.1.1. *Expansión directa o autónomos.*

Los equipos por expansión directa funcionan por definición de la siguiente manera. En primer lugar, el intercambio de calor se produce directamente entre el aire a acondicionar y el refrigerante, es decir, el aire se enfría o calienta por acción directa de un compuesto refrigerante. Hay ausencia de fluido caloportador y tiene una serie de baterías de expansión directa. En función del programa, las baterías actúan de evaporadores o condensadores, por lo que el equipo puede generar frío o calor, y a veces solo frío.

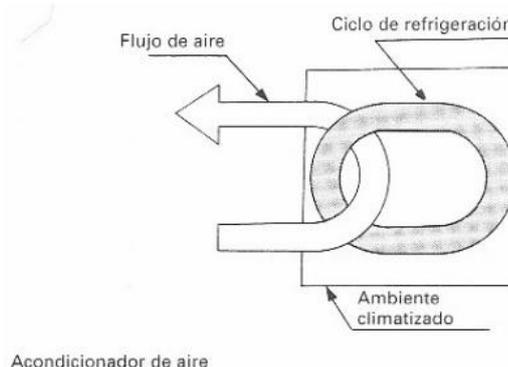


Ilustración 1 Esquema de expansión directa[1]

Como ya hemos mencionado antes, dentro de esta clasificación se una gran variedad de equipos, por lo que se tiende a clasificar atendiendo a otras características de estos. Lo más lógico es clasificar esta clasificación en función del fluido en contacto directo con el condensador.[2]

#### 4.1.1.1. Equipos condensados por aire (air-cooled)

Este sistema esta compuesto por una máquina interior y otra exterior. Son llamados comúnmente equipos aire-aire.

El funcionamiento de este sistema es el siguiente. En primer lugar, extraen calor del aire exterior, luego transfieren este calor a través de conductos al interior, para ello necesitan de dos máquinas. Una máquina es la exterior, actúa como unidad condensadora y otra interior, que será la que introduce calor al ambiente.

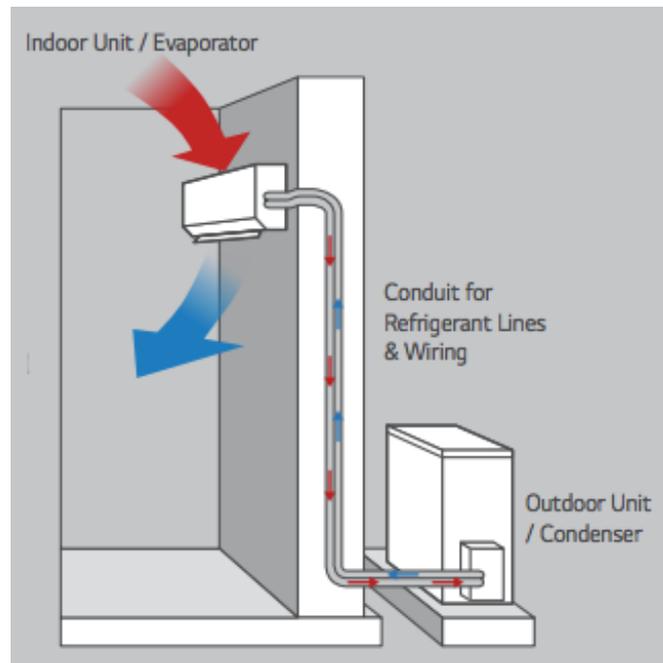
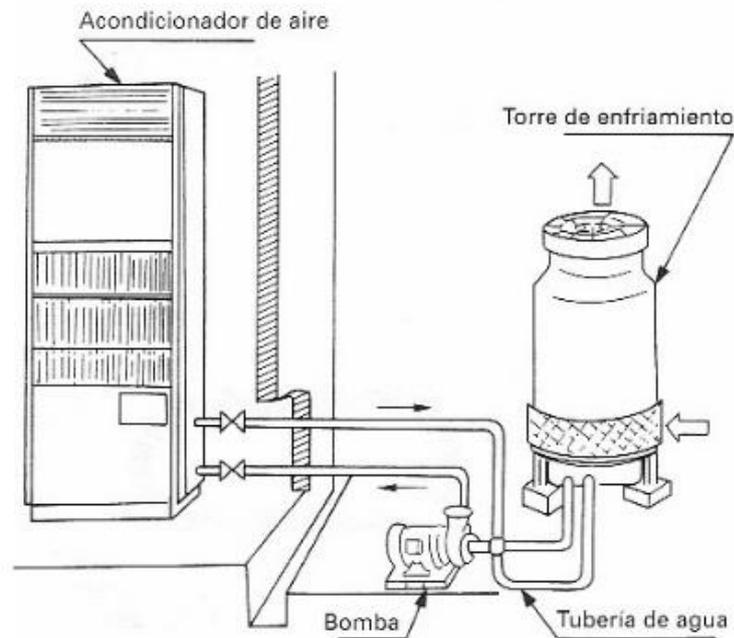


Ilustración 2 Equipo autónomo partido condesado por aire [3]

#### 4.1.1.2. Equipos condensador por agua (wáter-Cooled)

Este sistema de máquina tiene ciertas ventajas sobre le anterior. Son menos ruidosos y tiene mejor rendimiento, por lo que para una misma potencia generan mayor potencia frigorífica y calorífica, si se trata de una maquina reversible.

Se las denomina equipos agua-aire.



*Ilustración 3 Equipo autónomo compacto condensado por agua[1]*

El principio de funcionamiento de este sistema es a través del uso de agua. Para la condensación se puede utilizar agua de una torre de enfriamiento o agua procedente de pozos, lagos...

Depende del programa, el fluido absorberá o cederá calor. Si se trata del aire se utiliza un intercambiador de tubos y aletas, pero en el caso del agua se utiliza un intercambiador de carcasa y tubo.

### 4.1.1.3. Inversión térmica

Otra manera de clasificar los equipos de clima es a través de la característica de inversión térmica. La inversión térmica es la capacidad de ciertos sistemas de cambiar su modo de funcionamiento e invertir el ciclo. Es decir, pueden dar frío o calor a interior de una instancia.

#### 4.1.1.3.1. Irreversibles

Este tipo de modelo o sistema es económico y se utiliza en aplicaciones donde solo se requiere de frío o calor. Por lo que, solo nos cede a nuestra instancia frío o calor, pero no ambos.

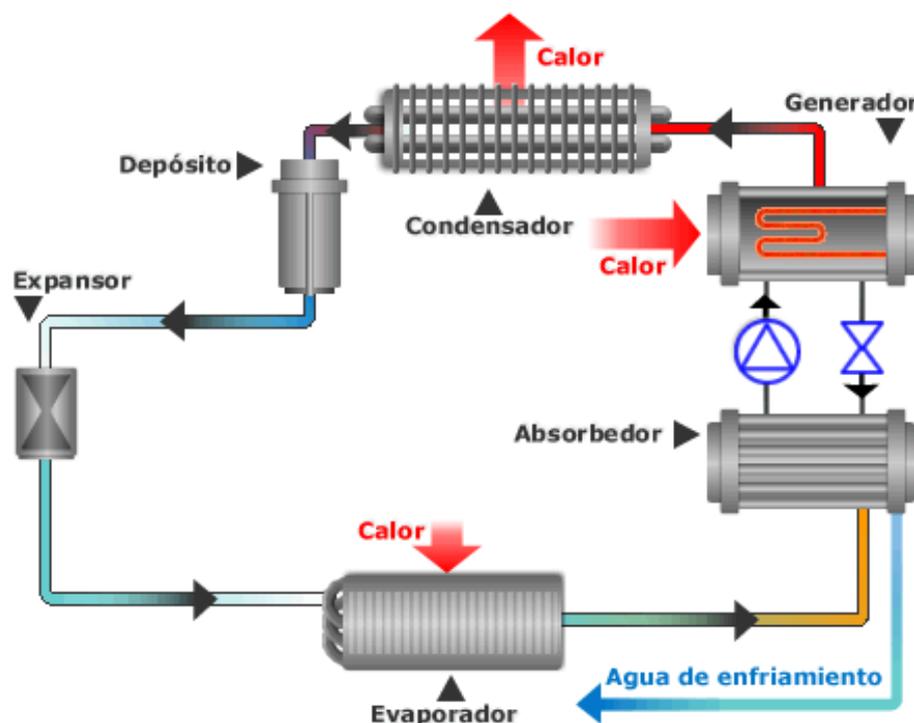


Ilustración 4 Irreversible [4]

#### 4.1.1.3.2. Reversibles

Este tipo de máquinas, al contrario que las anteriores, pueden ceder como absorber calor de la instancia. En función del programa en el que se encuentre, es decir, puede dar frío o calor.

Dentro de este grupo se encuentra las bombas de calor reversibles. Son bobas de calor con inversión de ciclo a través de una válvula de 4 vías. Es uno de los dispositivos más usados en la actualidad, por su rendimiento y su bajo coste.

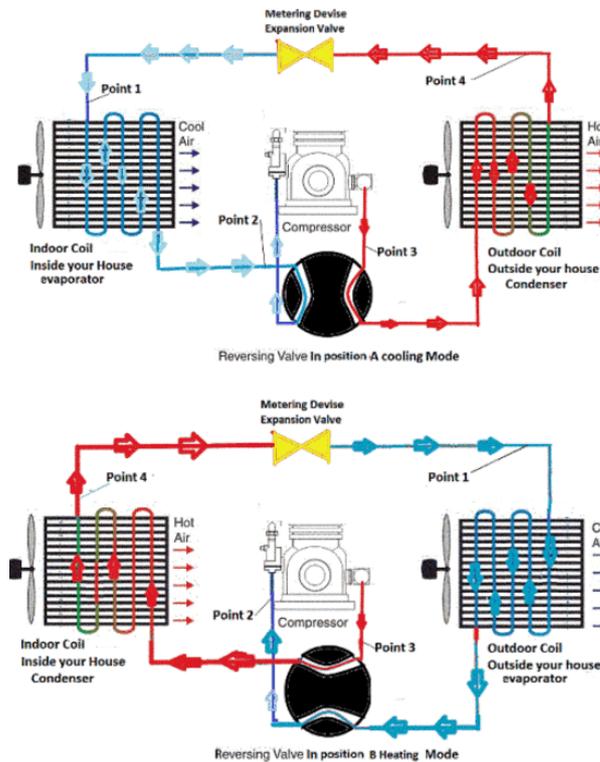


Ilustración 5 Reversibles[5]

#### 4.1.1.4. Bomba de calor

La bomba de calor es un sistema en el cual podemos refrigerar como calefactar. El principio de funcionamiento es sencillo. A grandes rasgos, en el ciclo de refrigeración se extrae calor del interior de la instancia y lo conducimos al exterior, o podemos aprovechar este calor y enviarlo a aquellos lugares donde se requiera de calor. El hecho de poder conducir el calor a donde queramos es la diferencia entre los sistemas de calor o frio, vistos en el apartado anterior.

El funcionamiento de la bomba de calor es definido por el ciclo de compresión y por el ciclo de refrigeración.

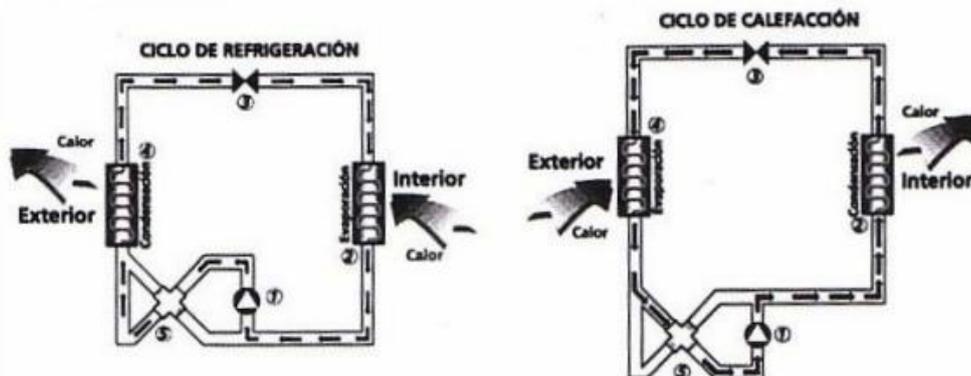


Ilustración 6 Ciclo refrigeración-calefacción bomba de calor.

Como ya hemos mencionado, una bomba de calor puede ceder como absorber calor. Es posible gracias a la válvula de 4 vías que tiene instalada.

Depende del ciclo en el que se encuentre ciertos componentes pasan a desempeñar funciones contrarias.

- Ciclo de refrigeración.

En este programa la bomba de calor funciona de esta manera. En primer lugar, el líquido refrigerante, que viene en forma de vapor del compresor, cede calor en el condensador a un medio, que por lo general es agua o aire. Este intercambio de energía se traduce en la condensación del gas a líquido.

Dos formas de enfriar:

- Enfriados por aire.

Están compuestos por tubos de cobre con aletas de aluminio de grandes dimensiones, a los que se acoplan ventiladores para facilitar la transferencia de energía.

- Enfriados por agua.

El agua es un medio al que se cede calor. El líquido refrigerante a alta presión prosigue su camino hasta llegar a la válvula de expansión. Esta se encarga de regular el flujo y la presión del fluido. Hay tres tipos de válvulas de expansión.

- Tubo capilar
- Válvula a presión constante
- Válvula termodinámica

Luego el fluido en estado de vapor húmedo llega al evaporador, donde absorbe calor del ambiente. Finalmente llega al compresor, donde aumenta la presión del refrigerante en estado gaseoso hasta que se transforma en líquido. Derivan tres tipos de compresores:

- Herméticos. Es una unidad comprendida por motor y compresor en el mismo eje. Se utiliza para potencias inferiores a 70kw.
- Semiherméticos. Este tipo de compresores aumentan la eficiencia, dado que parte del calor generado por este es aprovechado por el líquido refrigerante.
- Abiertos. En este caso son sistemas independientes, donde el motor y el condensador se encuentran separados y unidos por correas.

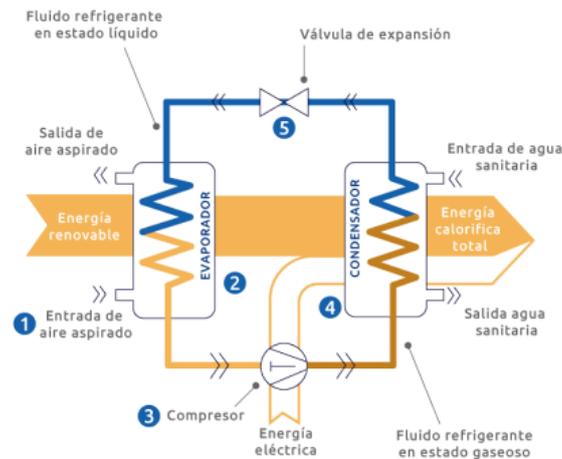


Ilustración 7 Ciclo de bomba de calor[6]

Válvula de 4 Vías.

Es una válvula que permite la inversión del ciclo de climatización. Por lo que el fluido refrigerante cambia de sentido. Esto conlleva a que una instancia pueda enfriarse o calentarse. Por lo que ciertos componentes cambian de rol.[2]

- Evaporador -> Condensador
- Condensador -> Evaporador

#### 4.1.1.5. Número de unidades del ciclo de refrigeración

Conforme ha evolucionado el sector de la climatización, ciertos equipos han quedado en desuso. Esto se debe a que los nuevos equipos realizan las mismas funciones que los anteriores y aparte agregan nuevas utilidades. Este es el caso de los equipos compactos y divididos. En un principio, solo existían los equipos compactos, siendo los más utilizados hasta la llegada de los equipos divididos.

#### 4.1.1.5.1. Compactos

Los equipos compactos están configurados de tal manera que tienen todos los elementos necesarios para la climatización de un espacio en un equipo.

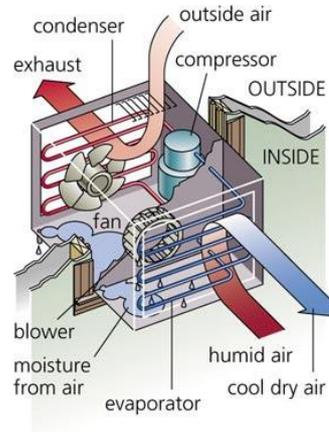


Ilustración 8 Equipo compacto[7]

Con el paso del tiempo se utilizan menos, dado las desventajas que tienen con otros dispositivos.

- Ruidosos, por el compresor que tienen instalado.
- Requieren de un espacio relativamente grande en la fachada para su instalación
- Antiestéticos
- Por definición solo pueden climatizar una instancia.

#### 4.1.1.5.2. Divididos

Este tipo de equipo este compuesto por dos o más elementos. Como principio general, el sistema este compuesto por:

- Unidad exterior: La unidad exterior está formada por un condensador y un ventilador
- Unidad interior: Puede haber una o más unidades interiores (Multisplit). La unidad interior tiene la función de climatizar, así que está compuesto por un evaporador y un ventilador

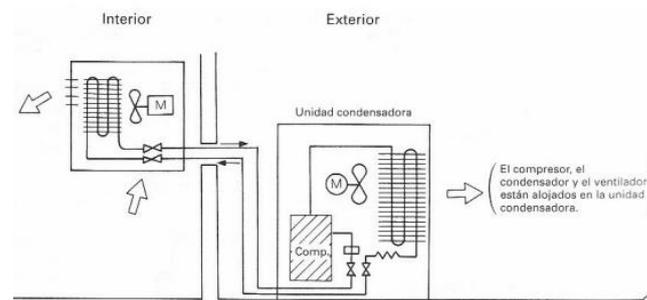


Ilustración 9 Composición sistema Split

La siguiente ilustración nos muestra la diferencia entre Split y Multisplit.

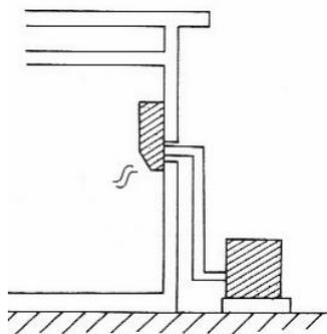


Ilustración 10 Split

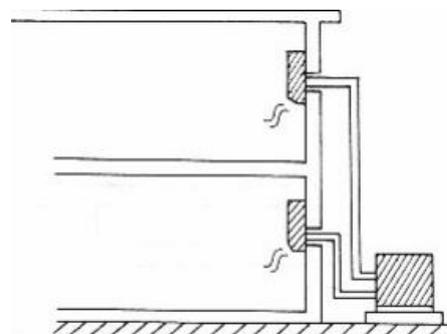


Ilustración 11 Multisplit[1]

Como ya hemos comentado antes, tiene ciertas ventajas con respecto a los acondicionadores compactos.

- Menos ruido en el interior, dado que el compresor se encuentra en el exterior.
- Se requiere de un pequeño agujero en la fachada para el paso de refrigerante de la unidad exterior a la interior.
- Puede climatizar más de una zona.

### 4.1.1.6. Fortalezas y Desventajas

En función de la categoría donde nos encontremos dentro de la familia de expansión directa, tenemos unas ventajas u otras. Por lo que a continuación se mencionan los más significativos.

#### 4.1.1.6.1. Fortalezas

- Los sistemas mutisplit, precursores del sistema VRV, climatizan más de una zona con una sola unidad exterior. Requieren de pequeños huecos en la fachada o cubierta para el paso de conductos con refrigerante.
- Requieren de un corto periodo de tiempo para llegar a la temperatura de consigna.
- Por definición, solo necesitamos un circuito para el líquido refrigerante. En la actualidad, existen líquidos refrigerantes capaces de generar potencias frigoríficas muy altas, además de ser poco contaminantes.
- Como ya se ha visto, existe una gran selección dentro de la familia de equipos de expansión directa. Cubriendo la mayor parte de las necesidades.
- Dado que no requieren de líquido secundario, reducimos el coste de la instalación.

#### 4.1.1.6.2. Desventajas

- En determinadas configuraciones, son ruidosos y llegan a afectar a la seguridad y salud de las personas. Incumpliendo la normativa de seguridad y salud.
- En determinadas configuraciones, requieren de grandes dimensiones en la fachada para la instalación del equipo.
- Requieren de grandes cantidades de líquido refrigerante. En caso de fugas, puede contaminar el ambiente y resultar perjudicial para las personas.
- Los conductos deben ser aislados según normativa.

### 4.1.2. Expansión indirecta o centralizados

Este tipo de sistema es el más utilizado actualmente, dado a su versatilidad y diferentes combinaciones.

En este caso, en intercambio no se produce directamente con el refrigerante, sino a través de agua. Es decir, el líquido refrigerante intercambia calor con el agua y este circula hasta una serie de equipos donde se produce el intercambio de calor con el aire a acondicionar. Por ese motivo se llama indirecta.

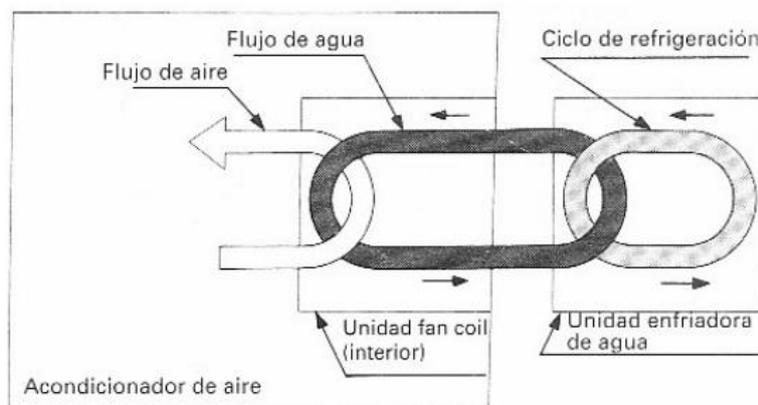


Ilustración 12 Esquema de expansión indirecta[1]

El sistema de climatización por expansión indirecta está recomendado para la climatización de grandes superficies. Dado a las ventajas en cuanto a distribución y a la centralización de frío.

El principio de funcionamiento es el siguiente. En primer lugar, en la unidad exterior se produce la transferencia de calor del refrigerante primario con el secundario, el agua. Después el agua recorre el circuito definido hasta llegar a las unidades interiores, donde intercambia calor con el ambiente. este último paso, varía en función del tipo de sistema.[2]

#### 4.1.2.1. *Enfriadoras agua-agua.*

Este tipo de sistema se aprovecha de dos características inherentes del agua; el calor específico del agua y del calor latente de evaporación. Necesitan una red de suministro de agua, estos son emisores a baja temperatura, tales como;

- Fan-coils
- Suelo Radiante

Nos permiten aumentar o disminuir la temperatura progresivamente, mantener un COP constante durante toda la temporada.



*Ilustración 13 Enfriadora de agua condensada por agua[8]*

#### 4.1.2.2. *Enfriadoras agua-aire*

En este caso, el aire se toma del ambiente. de manera que, se necesita mover grandes caudales. Debido a que al bajo calor específico del aire. El ventilador solventa esta complicación.

Aunque parezca extraño, cada día se opta más por este tipo de sistema. Porque un factor muy para tener en cuenta es el tema de la legionela. Aparece cuando la temperatura del agua oscila entre estos valores 40-60 grados. En los sistemas agua-agua, hay una alta probabilidad de que surjan.

Otro aspecto para tener en cuenta es el precio del metro cubico de agua, y su uso cada vez más restringido para según que aplicaciones.



*Ilustración 14 Enfriadoras de aire condensadas por aire[9]*

### *4.1.2.3. Fortalezas y Desventajas*

#### *4.1.2.3.1. Fortalezas*

Los equipos de expansión indirecta tienen una serie de características que los hacen muy sobresalir sobre los equipos de expansión directa. En esta sección se recoge una parte de ellas.

- Reducen el riesgo de contaminación, del ambiente y de la instancia, por líquido refrigerante. Con este sistema reducimos el riesgo para las personas y el medio ambiente.
- En la actualidad, hay refrigerantes no son potencialmente contaminantes. R410a, R407a, R12...
- Reducimos considerablemente la carga de gas refrigerante, dado que solo lo necesita la unidad exterior.
- El mantenimiento y sustitución de las máquinas interiores y exteriores es mucho más rápido y sencillo. Dado que hay tres partes completamente separables. Por una parte, la máquina exterior, por otra los conductos de refrigeración y las máquinas interiores.

#### *4.1.2.3.2. Desventajas*

Este tipo de sistemas suponen una gran inversión. Por lo que, el tema económico es una de sus principales dolencias. Por otro lado, tenemos que:

- La disminución del COP. El bombeo del líquido secundario y el compuesto de este, hacen que el COP se más bajo que otros sistemas.
- La red del líquido secundario ha de ser minuciosamente instalada, por lo que necesita de gran dedicación y mucho tiempo su instalación. En casos de fugas, las pérdidas pueden llegar a ser elevadas.

### 4.1.3. Sistema VRV

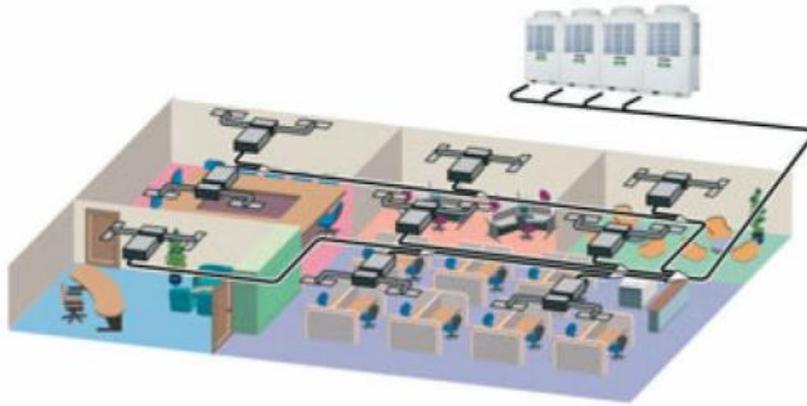
El sistema VRV combinan aquellas características innovadoras, que hacen que sea un sistema moderno y muy eficiente. EL nombre VRV o VRF significa, caudal variable de refrigerante.

Es una evolución o mejora de denominado sistema multisplit. Compuesto por una bomba de calor reversible con tecnología Inverter, a la que se acoplan una serie de unidades interiores a través de tubería de cobre. Por los conductos circula líquido refrigerante, estos han de estar correctamente aislados según norma RITE.

La gran ventaja que tiene este tipo de sistema es que se adapta a las necesidades de la instancia, cediendo o absorbiendo calor cuando esta lo necesite. Pudiendo transvasar este calor a otra parte del complejo, de esta manera aprovechamos al máximo toda la energía disponible. Como ya hemos comentado, el compresor no actúa a pleno rendimiento, ajustándose a las necesidades del clima. Cuando se encuentra muy cerca a la temperatura de consigna, disminuye el caudal que circula por los conductos gracias a que podemos regular la potencia de los motores. Es decir, el compresor disminuye la potencia por lo que entra menor caudal al evaporador o condensador. Esto lleva a que el calor cedido o absorbido, respectivamente, disminuya. Esto lleva consigo un ahorro significativo.

El volumen de refrigerante que circula por los conductos varía en gracias a los motores que lleva incorporado el compresor. La corriente alterna es transformada a continua y con la ayuda de un variador de frecuencia podemos regular la velocidad del motor, dicha frecuencia oscila normalmente entre 20 y 100 Hz, igual que la tecnología inverter. Con este proceso, el compresor disminuye o aumenta la presión y caudal en función de los requerimientos del medio. Dado que no se producen paros, aumentamos significativamente la vida de los componentes.

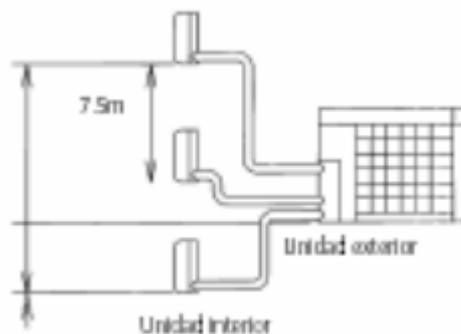
la independencia climática de cada sala es la fortaleza principal de este sistema. Cada unidad interior (máquina de conductos, Split, Cassete...) trabajarán de forma independiente. La válvula de expansión, que se encuentra en su entrada, dejará pasar la cantidad exacta de refrigerante que requiere la máquina interior para mantener la temperatura de consigna.[10]



*Ilustración 15 Sistema VRV[11]*

Los sistemas VRV son muy parecidos a los sistemas Multisplit, vistos anteriormente. Son equipos que tiene unidad interior y unidad exterior, y están conectados mediante tuberías, por donde se lleva refrigerante. A nivel de funcionamiento, son muy similares, dado que los dos pueden implementar tecnología Inverter, lo que les hace equipos altamente eficientes y de bajo consumo.

La diferencia radica en el lugar donde realizan la expansión del refrigerante. Por una parte, tenemos a los sistemas Multisplit. Estos realizan su expansión en el interior de la máquina exterior. De modo que cada máquina interior requiere de sus propias tuberías que se conectan a la máquina exterior, conexión en paralelo.



*Ilustración 16 Multisplit[1]*

En el caso de los sistemas VRV, tenemos que la expansión se realiza en la entrada de cada máquina interior. Por lo que, solo necesitamos dos tuberías que recorran todo el circuito de climatización, y de ahí le siguen válvulas de expansión hasta la máquina interior. Con ello conseguimos, lo que ya se comentó, independencia climática en cada zona.

### 4.1.3.1. Fortalezas y Desventajas

Son unos equipos muy eficientes, con unas características que los hacen únicos. Dado que no existe una máquina ideal, en este apartado plasmaremos una serie de fortalezas y desventajas a tener en cuenta.

#### 4.1.3.1.1. Fortalezas

- Gran eficiencia de los equipos, consiguiendo potencias frigoríficas variables y adaptadas a las necesidades del clima.
- Ahorro energético. La normativa de ahorro energético, a medida que pasa el tiempo, más restrictiva. Los VRV son sistemas que aprovechan toda la energía disponible, por lo que cada día se usa más.
- Requiere de una instalación no muy compleja.
- Independencia climática.
- Bajo mantenimiento, puesto que el control es proporcional con tecnología Inverter. El desgaste del compresor se ve reducido en gran medida.
- Una gran variedad de máquinas interiores para interconectar. Split, máquinas de conductos, Cassete, etc.
- Requieren de huecos de pequeñas dimensiones para el paso de conductos con refrigerante. Dos o tres huecos si tienen recuperador de calor.
- Se puede acoplar varias máquinas exteriores. Aumentando la potencia a más de 70 kW para grandes extensiones a climatizar.

#### 4.1.3.1.2. Desventajas

- Requieren de una inversión muy grande
- las tuberías de cobre son susceptibles de tener fugas. Por lo que se ha de invertir tiempo y dinero en personal cualificado y buenos acabados.
- No se puede controlar la humedad del ambiente, ni la opción de free-cooling.
- Mantenimiento de personal cualificado y que conozca la instalación.
- Las tuberías requieren de aislamiento, todo ello marcado por el RITE.

## 4.2. MODOS DE CONTROL EN EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

Una parte importante de los sistemas de climatización es el control que se tienen sobre el compresor. Existe una gran variedad de tipos de controles y nombres asociados a ellos, pero destacamos los más habituales y utilizados.

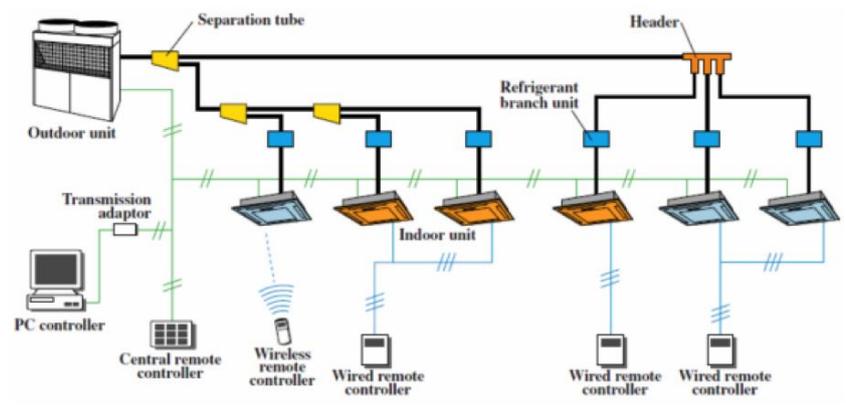


Ilustración 17 Sistema VRV[12]

### 4.2.1. Control todo o nada.

Es el control más habitual que podemos encontrar en el mercado, dado que es el más simple. Este tipo de control está gobernado por el termostato. Cuando la temperatura de la instancia baja sobre un nivel determinado se enciende el compresor hasta que el termostato lea la temperatura de consigna. Por lo que, el compresor se encuentra a pleno rendimiento cuando la temperatura es inferior a la deseada o apagado en su totalidad cuando la temperatura se encuentra a niveles óptimos.

El sistema todo o nada llega a ser un control que llega a ser perjudicial para el propio sistema y poco económico. Dado que la temperatura oscila y puede encender y apagar el compresor muchas veces. El consumo se dispara, y la vida útil del motor desciende drásticamente.

Una solución muy habitual para este tipo de sistemas es implementar un ciclo de histéresis, con ello evitan el uso inadecuado del compresor, y solo se utiliza cuando de verdad es necesario. Por otra parte, alargan la vida del motor. [13]

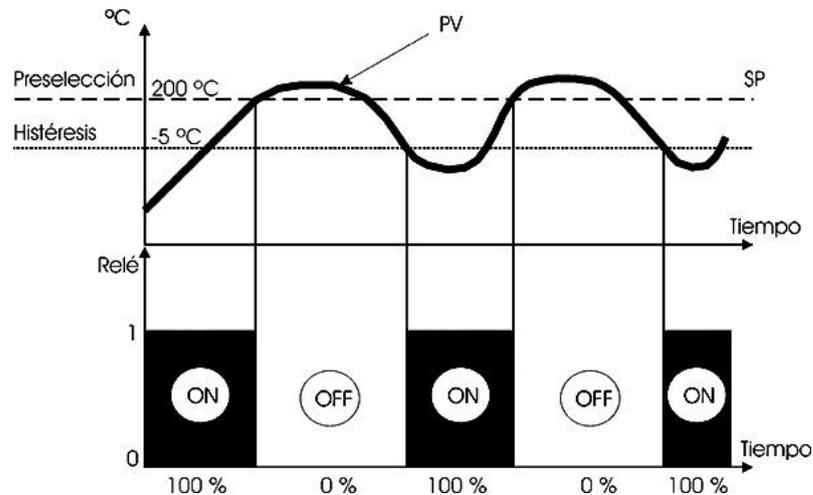


Ilustración 18 Control todo o nada con histéresis[14]

### 4.2.2. Control por etapas

Este tipo de control utiliza compresores de tornillo. La válvula corredera discreta hace la función de regulador. Cuando esta se desplaza, una pequeña porción de gas, que se encuentra encerrado, sale. De modo que, comprime menos cantidad. A esto se le llama trabajar a carga parcial.

### 4.2.3. Control proporcional

Es el control más innovador que hay hasta el momento. Este control tiene la capacidad de variar la cantidad de fluido refrigerante bombeado. Conforme se va acercado o alejando de la temperatura deseada disminuye o aumenta, respectivamente, la cantidad de refrigerante bombeado.

Los sistemas inverter hacen que el sistema no pare cuando llega a la temperatura deseada, sino que disminuye el bombeo del refrigerante. Con esto conseguimos eliminar la parada y el arranque constante del compresor, disminuyendo costes y aumentando la vida del sistema. Por otra parte, las oscilaciones de temperatura serán atenuadas gracias a este sistema. Manteniendo una temperatura constante a lo largo del tiempo.

Este tipo de control suele estar asociado a compresores de tornillo y de Scroll.

### 4.2.3.1. Tecnología Inverter

Por lo general, las máquinas funcionan con corriente alterna y regulan la temperatura con controles todo-nada, por fases... Con el avance de la tecnología hemos llegado a los sistemas con tecnología Inverter.

Son sistemas que funcionan con corriente continua, esto lo hacen gracias a que los inversores transforman la corriente alterna en continua, por lo que los motores pueden variar su velocidad para ajustar las potencias frigoríficas a la demanda energética.

Está compuesto por:

- Convertidor.

Dispositivo que transforma la corriente alterna en continua.

- Inverter. Es un dispositivo que se localiza en la unidad exterior, tiene la función de variar la frecuencia y por tanto la velocidad del compresor.
- Compresor. Es un tipo de compresor especial de velocidad variable. Este tipo de tecnología se utiliza para grandes espacios o superficies a climatizar, dado que se le atribuye un ahorro energético de alrededor del 30% respecto a los demás. Aparte contribuyen con las siguientes ventajas:
  - Bajos niveles sonoros (DB)
  - La temperatura es constante y se alcanza la temperatura de consigna antes.
  - Puesto que el compresor siempre está funcionando, las fluctuaciones de temperatura disminuyen considerablemente.

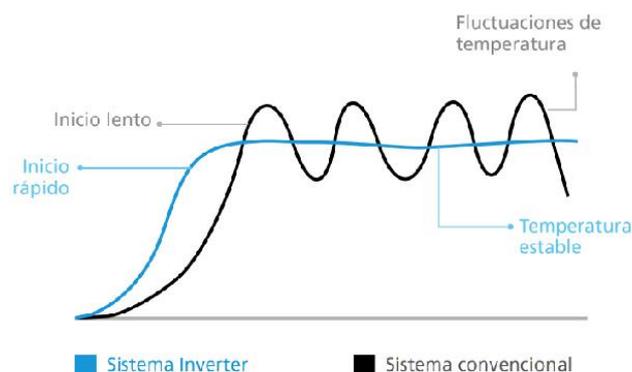


Ilustración 19 Fluctuaciones tecnología Inverter y sistema convencional[15]

## 5. SELECCIÓN DEL SISTEMA

Para la elección del sistema se ha tenido en cuenta una serie de parámetros, tales como;

- Económico
- Características técnicas
- Implementación
- Medio ambiente

Entre otros.

El sistema que sobresale en todos estos puntos para la climatización de oficinas es el sistema VRV (Sistema de refrigeración variable)

Los sistemas VRV, al contrario que otros sistemas como el de la bomba de calor, tiene el control del líquido refrigerante que circula por el circuito frigorífico. Controla la cantidad de fluido refrigerante que envía a las baterías de condensación-evaporación, esto conlleva a una mejor optimización de la energía consumida y emitida. Gracias a la tecnología Inverter es capaz de enviar una cantidad determinada de fluido a las válvulas de expansión en función de los requerimientos de las instancias.

Otra ventaja de los sistemas VRV, tienen la capacidad de climatizar las instancias a diferentes temperaturas. Dado que la válvula de expansión se encuentra en la entrada de las máquinas interiores. Esta regula la cantidad de refrigerante que reciben la batería. Es decir, si una instancia requiere de una temperatura inferior a las demás por ahí pasará más líquido refrigerante que por el resto.

Los sistemas VRV son controlados por controladoras proporcionales. Es decir, se controla la velocidad del compresor. Por otro lado, los sistemas todo o nada con llevan el desgaste del compresor, dado que si la temperatura desciende por debajo de la temperatura de consigna se encienden los compresores a plena potencia, hasta haber movido tanto líquido refrigerante, a las baterías, y se haya llegado a la temperatura de consigna. Encender y apagar contantemente el compresor lleva al desgaste prematuro de la instalación. El control proporcional regula la velocidad de los compresores y conduce fluido constantemente a las diferentes instancias. Se consigue un mejor control de la temperatura, más homogéneo. Además, la vida de los compresores aumenta significativamente.

Requieren de menos tubería frigorífica para conectar las máquinas exteriores e interiores, dado que tienen la válvula de expansión fuera de la máquina exterior. Por

lo que se ha de llevar dos tuberías a lo largo de todas las instancias a climatizar y las válvulas de expansión se conectarán a estas y a las máquinas interiores. En el caso de los sistemas multisplit, cada maquina interior lleva dos tuberías a la máquina exterior, esto es un verdadero problema.

Los sistemas son flexibles y se pueden escalar fácilmente. Es decir, luego de la puesta en marcha se puede instalas más máquinas interiores. Hasta cierto punto.

Una característica muy importante que engloba varios parámetros a tener en cuenta es la posibilidad del recuperador de calor. Recuperamos el calor que extraemos de una instancia y se puede conducir hasta otro local, aprovechando al máximo la energía consumida. Requiere de una tubería más el circuito principal.

Es el sistema que mejor se adapta a las normativas vigentes. Por ejemplo, en temas de calidad de aire, caudales controlados, recirculación del aire...

Los sistemas VRV cumple cada uno de estos apartados. Se introduce aire externo al interior de la instancia a través de conductos de aire primario, estos conductos están conectados a recuperadores de calor. El aire cebado o sucio del interior de la instancia es extraído por conductos de extracción, conectados a su vez al recuperador. Se produce una transferencia de calor por parte del aire cebado y aire primario. Aumentando la eficiencia energética.

En el caso de las unidades interiores, aprovechan el aire del interior de las instancias y lo conducen hacia el interior de ellas. Ahí se produce la transferencia de calor. En unidades interiores que no sean de tipo Split o Cassete, se utiliza conductos de Retorno.

El punto más a favor de los sistemas VRV para las oficinas, es la amplia gama de unidades interiores que se le pueden acoplar. Y la versatilidad que esto le da al sistema.

## 5.1. OFICINA

### 5.1.1. Sistema

La producción de energía en las oficinas se producirá mediante 3 sistemas independientes, con unidades exteriores de tipo VRV bomba de calor. Dos sistemas VRV tienen recuperación de calor y el otro sin recuperación de calor.

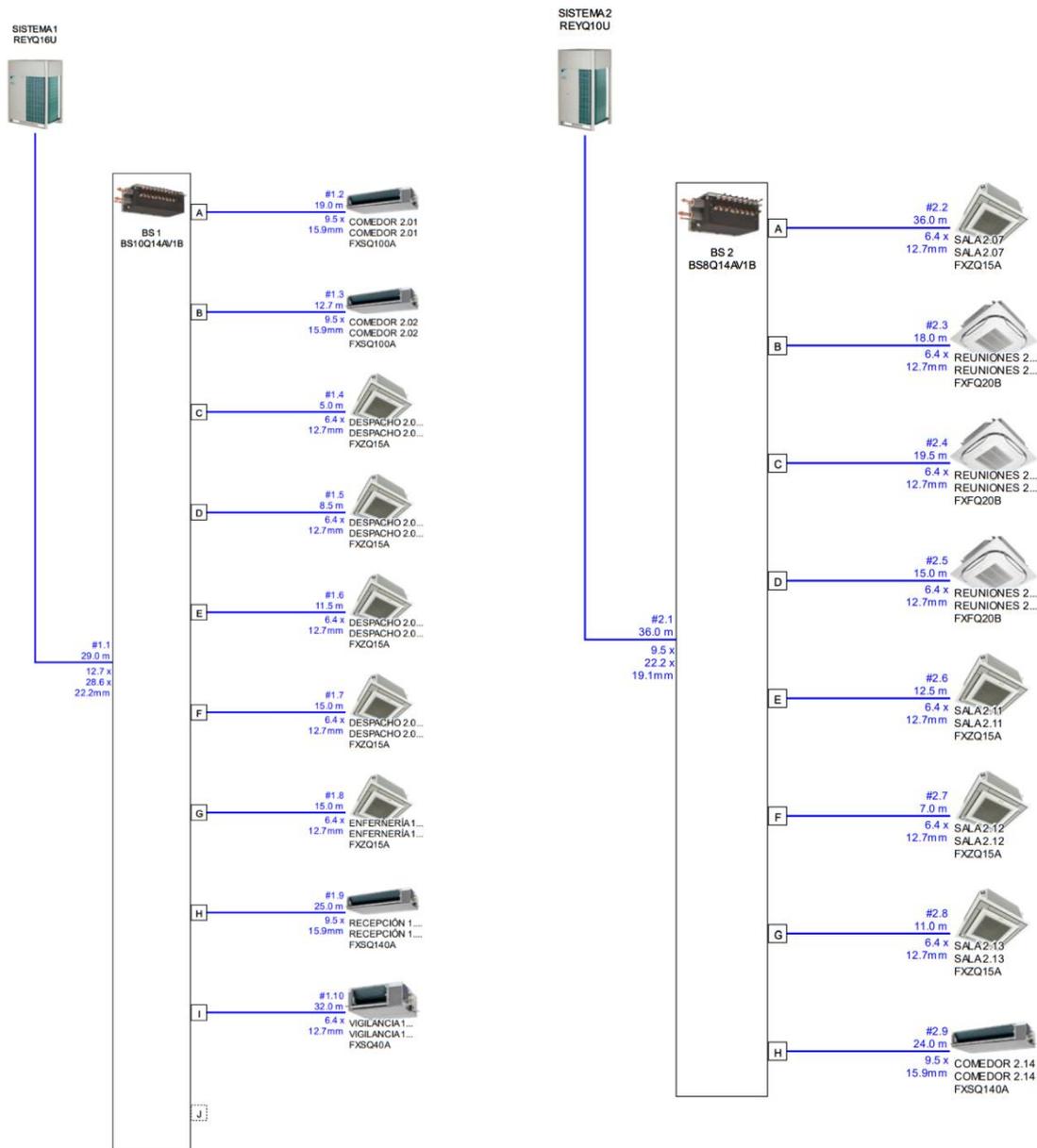


Ilustración 21 Sistema 1 VRV

Ilustración 20 Sistema 2 VRV

Se ha escogido tres sistemas, para satisfacer la demanda calculada. Tienen compresores tipo scroll y ventiladores axiales, con una batería que actúa como evaporador o condensador según el modo de operación, y una válvula de expansión electrónica, con refrigerante R-410A, condensada por aire.

Los tres sistemas son de la marca Daikin.

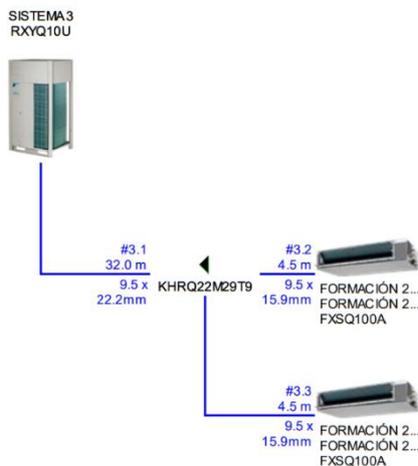


Ilustración 22 Sistema 3 VRV

Cada unidad exterior da servicio a las unidades interiores de una zona o dependencia, con los criterios desarrollados anteriormente

Estancia	TIPO	Modelo C/ RECUP.	Modelo BBA CALOR	kw frio	kw calor	SISTEMA
COMEDOR 1	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
COMEDOR 2	RECUPERAC	REYQ10T		28	31,5	2
FORMACION	BBA CALOR		RXYQ10T	28	31,5	3
SALA 2	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
SALA 3	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
SALA 1	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
REUNIONES 1	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
REUNIONES 2	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
REUNIONES 3	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
SALA 6	RECUPERAC	REYQ10T		14	14	2
DESPACHO 1	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
DESPACHO 2	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
DESPACHO 3	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
DESPACHO 4	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
PB CONTROL	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
RECEPCION	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1
ENFERMERIA	RECUPERAC	REYQ16T		45	50	1

Tabla 1 Descripción sistemas

Las unidades exteriores de la instalación VRV estarán equipadas con los sistemas de seguridad prescritos por la normativa vigente en materia de instalaciones frigoríficas, fundamentalmente:

- Presostatos de alta.
- Presostatos de baja.
- Presostatos diferenciales de aceite.
- Válvulas de expansión termostática.
- Válvulas de retención.
- Termostatos de bulbo.
- Válvulas solenoides de agua.
- Termómetro de esfera.
- Filtro de líquido
- Tuberías, válvulas y accesorios para el circuito frigorífico.
- Aislamiento en los circuitos de aspiración e impulsión.

Habrán 3 sistemas VRV, dos de ellos con recuperación. En estos sistemas se dispondrán colectores de recuperación con el fin de conseguir una independencia de cada estancia dependiendo de las necesidades térmicas requeridas en cada momento.

### 5.1.1.1. Unidades interiores

Las unidades interiores son las encargadas de transmitir el calor calorífico o frigorífico al ambiente. Para ello se valen de una serie de conductos hecho en fibra.

Las unidades interiores consisten fundamentalmente de un ventilador de gran eficiencia y bajo nivel sonoro y una batería que actuará como condensador o evaporador en función del modo frío o calor, y un control de temperatura electrónico con funcionamiento en modo de refrigeración, calefacción o ventilación manual o automático, aviso de averías e incidencias.

Las unidades interiores previstas son de tipo cassettes de 4 vías o de conducto, situados en el interior de los falsos techos de los locales, con conexión a redes de impulsión, retorno, aportación de aire y de impulsión.

La red de desagüe de condensados se realizará, preferentemente, por gravedad salvo en los trazados cuyo recorrido no permita una correcta pendiente en la tubería. En el trazado de esta tubería se instalará un sifón que proteja de olores la instalación. Para el conducido de los condensados de las unidades que no pueda realizarse por gravedad, los equipos disponen de bomba de condensados que permite elevar el fluido lo suficiente para poder disponer de pendiente en la tubería. En estos casos no se realizará sifón ya que es incompatible con el funcionamiento de la bomba de condensados. Esta bomba dispone de válvula antirretorno que protege la instalación de olores.



Ilustración 23 Bomba de drenaje[3]

La relación de equipos interiores, con sus potencias y demás características se puede ver en la relación adjunta:

Estancia	Unidades Interiores			
	CANT.	Modelo	kw frio	kw calor
COMEDOR 1	2	FXSQ100	10	12,5
COMEDOR 2	1	FXSQ140	14,3	18
FORMACION	2	FXSQ100	10	12,5
SALA 2	1	FXZQ15	1,53	1,9
SALA 3	1	FXZQ15	1,53	1,9
SALA 1	1	FXZQ15	1,53	1,9
REUNIONES 1	1	FXFQ20	2	2,5
REUNIONES 2	1	FXFQ20	2	2,5
REUNIONES 3	1	FXFQ20	2	2,5
2SALA 6	1	FXZQ15	1,53	1,9
DESPACHO 1	1	FXZQ15	1,53	1,9
DESPACHO 2	1	FXZQ15	1,53	1,9
DESPACHO 3	1	FXZQ15	1,53	1,9
DESPACHO 4	1	FXZQ15	1,53	1,9
PB CONTROL	1	FXSQ40	4	5
RECEPCION	1	FXSQ140	14,3	18
ENFERMERIA	1	FXZQ15	1,53	1,9

Tabla 2 Unidades Interiores

### 5.1.1.2. Elementos de difusión

Como unidades terminales para impulsión y retorno se utilizarán las propias unidades interiores en el caso de instalación de Cassettes de tipo 4 vías.

En el caso de unidades de tipo conductos se utilizarán difusores rotacionales o rejillas de impulsión.

Para retorno de aire se utilizarán rejillas de techo con lama fija conectadas directamente al retorno de las climatizadoras. En este mismo retorno y a través de regulador de caudal, entrada el aire de renovación, previamente tratado por el recuperador de calor.

Para el aire de extracción se utilizarán rejillas de techo con lama fija conectadas al circuito de extracción.

Los conductos que atraviesen sectores de incendio se equiparan con las correspondientes compuertas cortafuegos.

Para la impulsión utilizamos difusores rotacionales para el falso techo 60x60.

Estancia	DIF. ROTACIONALES			
	nº uds int	Nº	Modelo	m3/h.ud
COMEDOR 1	2	10	VDW-Q-Z-H-M 400X16	384
COMEDOR 2	1	6	VDW-Q-Z-H-M 500X24	390
FORMACION	2	8	VDW-Q-Z-H-M 500X24	480
PB CONTROL	1	1	VDW-Q-Z-H-M 600X48	899
RECEPCION	1	8	VDW-Q-Z-H-M 400X16	292,5

*Tabla 3 Difusores Rotacionales*

El retorno a las unidades interiores se hace a través de rejillas y conducto, que conduce el aire a la parte trasera de la máquina interior.

Estancia	REJILLAS DE RETORNO		
	Nº	Modelo	m3/h.ud
COMEDOR1	4	AH-A 425X325	960
COMEDOR 2	2	ARP-A 565X565	1170
FORMACION	4	AH-A 425X325	960
PB CONTROL	1	AH-A 425X325	899
RECEPCION	2	ARP-A 565X565	1170

Tabla 4 Rejillas de retorno

Para la extracción de aire cebado se utilizan rejillas de lama fija.

Estancia	REJILLAS EXTRACCIÓN		
	Nº	Modelo	m3/h.ud
COMEDOR1	2	ARP-AG 565X565	1296
VESTUARIO MASCULINO	2	AH-AG 325X225	466
7 VESTUARIO FEMENINO	2	AH-AG 425X225	665
15 COMEDOR	2	AH-AG 425X325	864
17 FORMACION	2	ARP-AG 565X565	1296
21 SALA 2	1	AH-AG 225X125	45
22 SALA 3	1	AH-AG 225X125	45
23 SALA 1	1	AH-AG 225X125	45
24 REUNIONES 1	1	AH-AG 225X125	172,8
25 REUNIONES 2	1	AH-AG 225X125	172,8
26 REUNIONES 3	1	AH-AG 225X125	172,8
29 SALA 6	1	AH-AG 225X125	45
DESPACHO 1	1	AH-AG 225X125	45
DESPACHO 2	1	AH-AG 225X125	45
DESPACHO 3	1	AH-AG 225X125	45
DESPACHO 4	1	AH-AG 225X125	45
PB CONTROL	1	AH-AG 225X125	45
RECEPCION	1	AH-AG 225X125	135
ENFERMERIA	1	AH-AG 225X125	90

Tabla 5 Rejillas de extracción

Como ya hemos comentado en anteriores ocasiones, el caudal que pasa a través de los conductos no siempre llega a ser el que nosotros hemos calculado. Esto se debe a diversos factores, por ejemplo;

- La instalación
- Reducciones de sección por x motivos
- Desviaciones del recorrido
- Rendimiento de la máquina exterior
- Obstrucción en conductos
- Sobredimensionado

Estos defectos conllevan a que haya más o menos caudal por los conductos. Este problema ya está contemplado, por ello se utilizan reguladores de caudal.

Estancia	REGULADORES VFL		
	Nº	Modelo	m3/h.ud
3 COMEDOR	1	RN 400	2592
6 VESTUARIO MASCULINO	1	VFL 250	466
7 VESTUARIO FEMENINO	1	VFL 250	665
15 COMEDOR	2	RN 200	864
17 FORMACION	2	RN 250	1296
21 SALA 2	1	VFL 100	45
22 SALA 3	1	VFL 100	45
23 SALA 1	1	VFL 100	45
24 REUNIONES 1	1	VFL 160	172,8
25 REUNIONES 2	1	VFL 160	172,8
26 REUNIONES 3	1	VFL 160	172,8
29 SALA 6	1	VFL 100	45
DESPACHO 1	1	VFL 100	45
DESPACHO 2	1	VFL 100	45

DESPACHO 3	1	VFL 100	45
DESPACHO 4	1	VFL 100	45
PB CONTROL	1	VFL 100	45
RECEPCION	1	VFL 125	135
ENFERMERÍA	1	VFL 125	90

*Tabla 6 Reguladores VFL*

Para utilizar una u otra rejilla hemos de saber el caudal de impulsión o de extracción.

En el caso de la impulsión nos lo marca la cantidad de gente que hay en la sala y el tipo de actividad que se realiza. La normativa de Seguridad y salud nos da información de las velocidades recomendables para según el tipo de climatización. Con el caudal y con la velocidad, se puede dimensionar la superficie de la rejilla.

En el caso de la extracción, la normativa RITE nos marca unos caudales de extracción de aire en función de la actividad que se realice. Y como el caso anterior, verificamos los productos y seleccionamos la rejilla que mejor nos conviene.

### 5.1.1.3. *Red de Conductos*

Hay tres tipos de conducto.

- Conductos de impulsión
- Conductos de retorno
- Conductos de ventilación
- Conductos de aporte de aire primario

En el caso de las unidades interiores del tipo máquina de conductos, se requiere la presencia de conductos de impulsión y conductos de retorno. Los conductos de retorno, hechos en fibra, conducen un determinado caudal de aire de la sala a la parte inferior de la máquina de conductos. Cuando el aire pasa por la máquina de conductos, este es tratado y se le añade calor. Para finalmente, ser conducido a las estancias por medio de los conductos de impulsión.

Los conductos de extracción de aire sirven para extraer una cantidad de aire cebado o sucio de la estancia y asegurar el bienestar de las personas. El reglamento Rite junto con la normativa de seguridad y saluda determinan el caudal de aire ha de ser evacuado en función de las personas que se encuentran en la habitación. Por otra parte, este aire de extracción suele ser aprovechado por recuperadores de calor. Se produce un cruce entre el aire de extracción y el aire primario. El cruce produce una transferencia de energía por parte del aire de extracción. Este aporte genera ahorro energético, dado que se ha transferido energía sin necesidad de potencia eléctrico extra.[16]

Por último, los conductos de aporte de aire primario están diseñados para aportar aire primario (del exterior) al interior de la estancia. En función del número de personas de la estancia se ha de introducir un determinado caudal de aire.

Los conductos de impulsión de aire en las oficinas serán de tipo Climaver Neto o similar, y sus accesorios deberán instalarse según norma UNE-ENV 12097. Deben instalarse aperturas de servicio en las redes de conductos para facilitar su limpieza; las aperturas se situarán según lo indicado en UNE 100030 y a una distancia máxima de 10 m para todo tipo de conductos. A estos efectos pueden emplearse las aperturas para el acoplamiento a unidades terminales.

Los conductos de impulsión y retorno de aire de recuperadores que discurran por el exterior serán rectangulares de chapa galvanizada recubiertos interiormente mediante Intraver Neto.

Para la correcta estanquidad de los conductos de chapa según se indica en la norma UNE 100-104 será necesario sellar las uniones transversales y longitudinales en los conductos de clase M.1 y M.2.

Las uniones realizadas en los conductos de chapa serán conforme la norma UNE 100-102-88. Los cambios de sección se realizarán con uniones de un 20 % o del 30 % según el flujo de aire sea divergente o convergente, respectivamente. Las uniones de los conductos circulares de chapa metálica se realizarán según la norma UNE 100-102-88. Las secciones de la red de distribución de aire se reflejan en planos.

#### 5.1.1.4. Líneas Frigoríficas

Los circuitos frigoríficos de interconexión entre las unidades exteriores y sus correspondientes unidades interiores se realizarán mediante tubería de cobre frigorífico deshidratado y desoxidado para las líneas de líquido y gas, con uniones realizadas con soldadura fuerte. En ambos casos se aislarán las tuberías con coquilla de material elastomérico, de espesor según diámetro de tubería, cumpliendo la normativa vigente al respecto, según se puede ver en los planos.

Los recorridos de estas líneas comienzan en la unidad exterior correspondiente y llegan hasta cada una de las unidades interiores asignadas a la unidad exterior de la que se trata.

El calorifugado se efectuará con coquilla flexible de espuma elastomérica de espesores adecuados. El correspondiente a las tuberías de refrigeración será impermeable al vapor de agua. El espesor del aislamiento se ha dimensionado según lo indicado en La normativa RITE.[17]

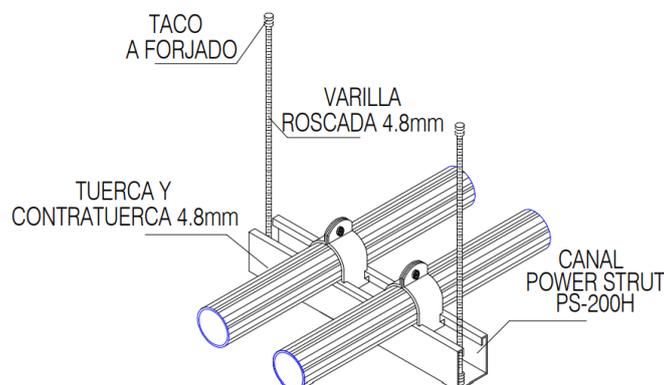


Ilustración 24 Tubería frigorífica

### ESPORES SEGÚN RITE

**Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	40...60		> 60...100		> 100...150	
	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX**
D ≤ 35	25	17,30 - 19,70	25	17,30 - 19,70	30	28,42 - 28,83
35 < D ≤ 60	30	23,58 - 24,08	30	23,58 - 24,08	40	38,40 - 38,53
60 < D ≤ 90	30	24,13 - 24,47	30	24,13 - 24,47	40	38,55 - 38,66
90 < D ≤ 140	30	24,57 - 24,79	40	36,13 - 36,33	50	48,29 - 48,39
90 < D ≤ 140	35	31,91 -	40	36,41 -	50	48,43

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	40...60		> 60...100		> 100...150	
	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX**
D ≤ 35	35	28,41 - 30,85	35	28,41 - 30,85	40	37,72 - 38,32
35 < D ≤ 60	40	35,25 - 35,69	40	35,25 - 35,69	50	47,86 - 48,06
60 < D ≤ 90	40	35,74 - 36,04	40	35,74 - 36,04	50	48,09 - 48,24
90 < D ≤ 140	40	36,13 - 36,33	50	44,95 - 45,25	60	57,86 - 57,58
90 < D ≤ 140	45	40,89 -	50	45,35 -	60	58,05 -

**Tabla 1.2.4.2.3: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	> -10 ... 0		> 0 ... 10		> 10	
	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX**
D ≤ 35	30	20,03 - 23,39	25	17,30 - 19,70	20	13,94 - 15,95
35 < D ≤ 60	40	35,25 - 35,69	30	23,58 - 24,08	20	16,05 - 16,31
60 < D ≤ 90	40	35,74 - 36,04	30	24,13 - 24,47	30	24,13 - 24,47
90 < D ≤ 140	50	44,95 - 45,25	40	36,13 - 36,33	30	24,57 - 24,79
90 < D ≤ 140	50	45,35 -	40	36,41 -	30	24,87 -

**Tabla 1.2.4.2.4: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios.**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	> -10 ... 0		> 0 ... 10		> 10	
	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX**
D ≤ 35	50	39,73 - 43,50	45	35,99 - 39,31	40	32,22 - 35,09
35 < D ≤ 60	60	52,10 - 52,89	50	43,72 - 44,33	40	35,25 - 35,69
60 < D ≤ 90	60	52,97 - 53,54	50	44,39 - 44,82	50	44,39 - 44,82
90 < D ≤ 140	70	62,40 - 62,91	60	53,71 - 54,10	50	44,95 - 45,25
90 < D ≤ 140	70	63,09 -	60	54,25 -	50	45,35 -

**Tabla 1.2.4.2.5: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de circuitos frigoríficos para climatización (\*) en función del recorrido de las tuberías.**

Diámetro exterior (mm)	Interior de edificios (mm)		Exterior de edificios (mm)	
	RITE	K-FLEX*	RITE	K-FLEX*
D ≤ 13	10	7,47 - 7,84	15	10,81 - 11,45
13 < D ≤ 26	15	11,62 - 11,94	20	15,19 - 15,68
26 < D ≤ 35	20	15,78 - 15,95	25	19,47 - 19,70
35 < D ≤ 90	30	23,62 - 24,47	40	35,25 - 36,04
90 < D	40	36,13 -	50	44,95 -

Tabla 7 Espesores coquilla según RITE

### 5.1.1.5. Recuperador

El tratamiento de aire primario es introducido en todas las dependencias ocupadas a través de recuperadores distribuidos de forma estratégica. Los recuperadores serán marca BIKAT, modelo RCE-N. Los tamaños y las zonas a las que corresponden se especifican en la siguiente tabla.

Estancia	Ventilación	Renovación	EQUIPOS VENTILACIÓN		
	(m <sup>3</sup> /h)	(Renovación/h)	Nº	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Modelo
3 COMEDOR	2592,00	11	1	4.550,9	RCE-55N
6 VESTUARIO MASCULINO	465,98	3	1		
7 VESTUARIO FEMENINO	664,87	3	1		
15 COMEDOR	1728,00	8	2	5.018,4	RCE-55N
17 FORMACION	2592,00	9	2		
21 SALA 2	45,00	1	2		
22 SALA 3	45,00	1	2		
23 SALA 1	45,00	1	2		
24 REUNIONES 1	172,80	3	2		
25 REUNIONES 2	172,80	5	2		
26 REUNIONES 3	172,80	5	2		
29 SALA 6	45,00	1	2		
DESPACHO 1	45,00	1	1		

Tabla 8 Ventilación y Renovación

### 5.1.1.6. Conexión Eléctrica

El cuadro eléctrico de la instalación de clima se ha desarrollado siguiendo los criterios y procedimientos pertinentes a reglamento de baja tensión.

El cuadro eléctrico está compuesto por:

- ICP, INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. Es un interruptor que regula la potencia que hemos contratado a la empresa suministradora.

Intensidad ICP (Amperios)	Monofásica	Trifásica
5.0	1.15kW	3.464kW
7.5	1.72kW	5.196kW
10	2.3kW	6.928kW
15	3.45kW	10.392kW
20	4.6kW	13.856kW
25	5.75kW	17.321kW
30	6.9kW	20.785kW
35	8.05kW	24.249kW
40	9.2kW	27.713kW
45	10.35kW	31.177kW
50	11.5kW	34.641kW
63	14.49kW	43.684kW

Tabla 9 ICP

- IGA. INTERRUPTOR GENERAL AUTOMÁTICO. Es un interruptor que colocamos luego del ICP para salvaguardar la instalación eléctrica. Cuando pasa un valor determinado de amperios salta, y de esa manera salvaguarda la instalación. Por otro lado, el valor de amperios que deje pasar el IGA ha de ser inferior al del diferencial.
- El diferencial, salvaguarda la vida de las personas. Ha de tener una sensibilidad de 30ma. Los diferenciales que se ha escogido por sus prestaciones y por los cálculos realizados son.

Circuito	Modelo
2	iID 4P 63A 30mA AC
3	iID 4P 63A 30mA AC
4	iID 4P 63A 30mA AC
5	iID 4P 63A 30mA AC

Tabla 10 Circuito ICP

- PIA, pequeño interruptor automático. Es un dispositivo que asegura la vida de las máquinas ante picos de tensión o de corriente.

	MAQUINA	PIA
MAQUINAS INTERIORES	FXSQ 100	1
	FXSQ 140	1.6
	FXSQ 140	1.6
	FXSQ 40	0.5
	FXSQ 15	0.5
	FXSQ 20	0.5
	FXSQ 20	0.5
	FXSQ 20	0.5
MAQUINAS EXTERIORES	REYQ16T	50
	REYQ10T	32
	RXYQ10T	32
	ROOF TOP	
	FAH200DNM1M	50

Tabla 11 Pia equipo

Para calcular cada uno de estos valores se ha de realizar un estudio de potencias de las unidades exteriores, así como de sus intensidades.

Para ello se ha revisado las potencias de las máquinas exteriores he interiores. Con estos datos y la tensión de alimentación podemos obtener la intensidad que debe



circular por el circuito. Dicha intensidad condiciona la sección del cable, por lo que se procede a su cálculo. Los componentes del circuito y la conductividad del cable llevan a que tengamos pérdidas (-1.5%), que se han de contemplar en el cálculo de la sección.



### *5.1.1.7. Regulación y control*

Las unidades interiores VRV dispondrán de mando a distancia por cable modelo MADOKA de Daikin, con posibilidad de seleccionar modo standard o simplificado, marcha/paro, cambio de modo, punto de consigna, velocidad de ventilador, etc. Funciones avanzadas a través de aplicación móvil.

Se dispondrá, además, para el sistema VRV de un sistema de control centralizado, modelo DCS601C51. Control centralizado del sistema VRV con pantalla táctil para control de las unidades interiores y exteriores. Control por unidad por grupo o todas, Marcha/paro, cambio de modo, punto de consigna, velocidad de ventilador, señal de filtro, averías, limitación punto de consigna y programación. Se adjunta hoja técnica correspondiente al control central Intelligent Touch Controller de Daikin, modelo DCS601C51.

Cada unidad exterior dispone de regulación electrónica de la capacidad de forma continua, lo que facilita el control de la energía consumida cuando las cargas varían notablemente a lo largo de un período de tiempo determinado.

Los elementos de control anteriormente mencionados estarán preparados para ser integrados via Mod bus a un sistema BMS.

El sistema de gestión centralizada de todas las instalaciones del edificio, Building Management System (BMS), no es objeto del presente proyecto

## 5.2. NAVE

Para la nave industrial la opción que más nos conviene es el sistema Roof top, dado que no tenemos que diferenciar zona.

Nuestra zona de almacén ocupa un gran volumen, dado que no tenemos que cumplir con la normativa rite en este caso, los caudales de aire que podemos manejar son muy elevados. El movimiento de estos caudales con lleva a un consumo elevado de energía. En el caso de los VRV o cualquier sistema similar, se necesitarían muchas unidades exteriores e interiores para llegar a climatizar el mismo volumen.

Los sistemas Roof top son fáciles de montar. Solo hay una máquina exterior, que se encarga de conducir el aire, tratarlo y impulsarlo para el interior de la nave. El aire tratado se conduce a las diferentes zonas a través de pantalones o conductos de chapa. De modo que para implementar un sistema como la Roof top, necesitamos una máquina exterior (Roof top) y los conductos que recorren la nave hasta los diferentes puntos de esta.

Por otra parte, este tipo de sistemas implementan una serie de tecnologías que los hacen eficiente y ecológicos. Compresor tipo Scroll, Free-cooling, lámparas de UV para garantizar la calidad de aire...

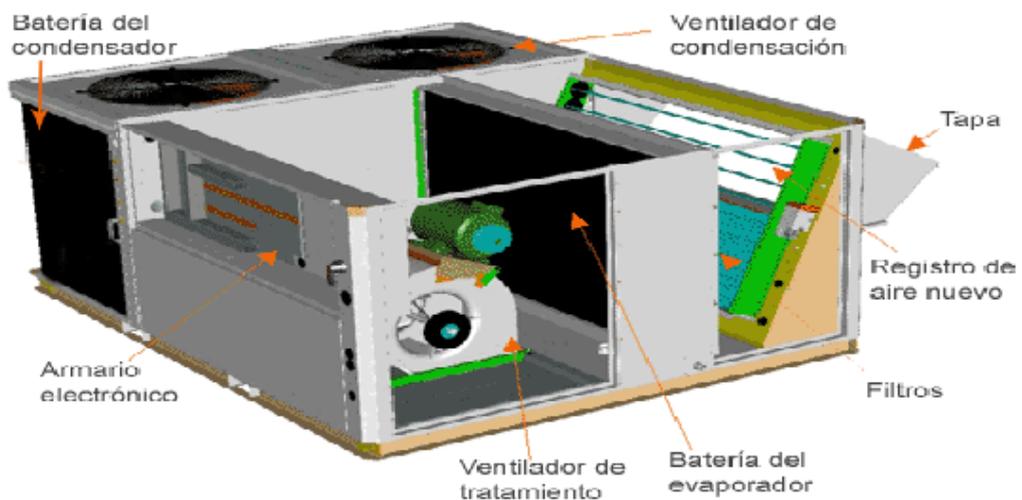


Ilustración 25 Roof Top [7]

### 5.2.1. Sistema

En cumplimiento de la Reglamentación Legal vigente y por lo anteriormente especificado, es preciso climatizar la Nave, de manera que se cumplan las exigencias de temperaturas.

La propiedad establece como requisito indispensable que en caso de fallo de una de las "Roof Top" siempre se garantice un mínimo del 100% y un máximo de 150% de la potencia térmica necesaria.

Para conseguir estos mínimos de temperatura se plantea la instalación de 4 unidades "Roof Top" tipo bomba de calor sin recuperación, con compresores tipo scroll y ventilador axial de impulsión, con una batería que actúa como evaporador o condensador según el modo de operación, y una válvula de expansión electrónica, con refrigerante R-410A, condensada por aire.

Los cálculos de cargas referentes al almacén dan como resultado una potencia tal que solo se puede asegurar con 4 Roof Top trabajando conjuntamente.

Resumen es el siguiente:

MARCA	MODELO	CANT	CAUDAL AIRE	POT TOT frío	POT TOT calor	RECUPERACIÓN
			m3/h	Kw	Kw	
LENNOX	FAH200DNM1M	4	43	188.7	151.4	SIN RECUP.

Tabla 13 Roof top

Las condiciones a las que se obtienen las potencias de la tabla son las siguientes.

Frío: Temperatura Seca interior 25°C y temperatura seca exterior 33,6°C.

Calor: Temperatura Seca Interior 21°C y temperatura seca exterior -0.2°C

Se seleccionan 4 equipos marca Lennox modelo FAH200DNM1M con freecooling entálpico y sin recuperación.

Para el control y mejora de la calidad del aire, se instalan sondas de CO2 en los 4 equipos Roof top.

Las unidades dispondrán de elementos anti vibratorios y de canalización para recogida de condensados con conexión a la red de saneamiento del edificio, así como de un sumidero sinfónico.

Las unidades estarán equipadas con los sistemas de seguridad prescritos por la normativa vigente en materia de instalaciones frigoríficas, fundamentalmente:

- Presostatos de alta.
- Presostatos de baja.
- Presostatos diferenciales de aceite.
- Válvulas solenoides de líquido.
- Válvulas de expansión termostática.
- Válvulas de retención.
- Termostatos de bulbo.
- Válvulas solenoides de agua.
- Termómetro de esfera.
- Manómetros
- Filtro de líquido
- Visor de líquido
- Tuberías, válvulas y accesorios para el circuito frigorífico.
- Aislamiento en los circuitos de aspiración e impulsión.
- Así como las siguientes funciones estándar:
- Circuito de doble refrigeración con compresores scroll en tándem
- Gestión del aire inteligente con "free-cooling"
- Ventilador "Plug Fan" electrónicamente conmutado (EC)
- Controlador con control de confort inteligente y ahorro energético.
- Panel de doble pared con aislamiento de 25 mm. De fibra de vidrio
- Interruptor de desconexión principal
- Función de desescarche avanzada
- Refrigerante R410A

Los equipos se encargan de la renovación del aire, por lo que no hace falta diseñar sistemas de extracción.

Por otra parte, para cumplir con la normativa de seguridad y salud en la parte de garage. Se ha de instalar un sistema de extracción de aire que será echado directamente al exterior del almacén. Este circuito se ve reflejado en la parte de planos.

### *5.2.1.1. Regulación y control*

Cada "Roof Top" dispone de regulación electrónica de la capacidad de forma continua, lo que facilita el control de la energía consumida cuando las cargas varían notablemente a lo largo de un período de tiempo determinado.

Los equipos Roof Top dispondrán de control propio avanzado de temperatura, humedad, entalpía (modo frío) y CO<sub>2</sub>. Estará preparado para ser integrado vía Mod Bus a un sistema BMS.

Como complemento estas sondas, se instalarán 12 sondas de temperatura a 3 niveles diferentes para detectar la temperatura más desfavorable existente en la nave. Estas sondas estarán conectadas con el sistema BMS.

El modo de gestión de estas sondas es el siguiente:

Las sondas de los Roof Top ubicadas en la parte inferior de la nave detectarán la concentración de CO<sub>2</sub> existente y en función de los niveles indicados pondrán en marcha los equipos Roof Top hasta que disminuya al valor límite. La ubicación de estas sondas es la parte inferior de la nave al ser el punto donde se producirá el mayor valor de CO<sub>2</sub>.

Las sondas de los Roof Top ubicadas en la parte inferior de la nave detectarán el valor de humedad existente y en función de los niveles indicados pondrán en marcha los equipos Roof Top hasta que disminuya o aumente hasta los valores límites. La ubicación de estas sondas es la parte inferior de la nave al ser una medida de valores similares en la totalidad de la nave y priorizar la ubicación por concentración de CO<sub>2</sub>.

Las sondas de los Roof Top junto con las sondas de temperatura/HR/CO<sub>2</sub> ubicadas en varios puntos y varias alturas de la nave detectarán la temperatura existente en todos estos puntos y a través del BMS determinará la temperatura mínima y máxima en cualquier punto de la nave. En función de los niveles indicados se pondrán en marcha los equipos Roof Top hasta que disminuya o aumente hasta los valores límite indicados. Se generan 16 puntos de lectura de temperatura en la nave siendo un muestre suficiente para tener controlados los límites inferior y superior en cada punto de la nave.

El sistema de gestión centralizada de todas las instalaciones del edificio, Building Management System (BMS), no es objeto del presente proyecto.

### 5.2.1.2. *Difusión*

Dado que es un sistema ROOF TOP solo necesitamos conductos de impulsión de aire. Puesto que todo el intercambio de calor se produce a la entrada de la ROOF TOP. El aire que entra a el almacén es distribuido por conductos de chapa metálica, hasta los diferentes lugares de nuestra nave.

En primer lugar, se conduce el aire refrigerado por la cota 13.5m. Luego lo conducimos el aire a una cota más baja, 6.84m. Finalmente, el aire es conducido a la cota 5.85m. Ahí nos encontramos con una sección de conducto mucho más reducida que al principio. Explicito en los planos de conductos nave.

Como unidades terminales para impulsión en la nave se utilizarán toberas marca SCHAKO, modelo WDA tamaño 160 ó 125, según se indica en planos. Para retorno de aire se utilizarán las aberturas de las propias Roof-Top.

A través de las distintas sondas de temperatura ubicadas en la nave, se controlará el funcionamiento de los equipos Roof Top que garanticen el intervalo de temperaturas requerido.

Dado que se trata de un elemento que realiza la operación de renovación de aire por si solo, no hace falta diseñar conductos ni hace falta colocar máquinas que extraigan el aire cebado del interior. La propia ROOF TOP se encarga de extraer el aire cebado e introducir aire del exterior acondicionado a nuestras necesidades.

Se ha realizado un estudio por parte de la empresa Schako para que se cumpla con la normativa. Esta referenciada en la última actualización del R.I.T.E. en el apartado: "IT 1.1.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene".

### 5.2.1.3. Conexión eléctrica

El cuadro eléctrico de la instalación de la nave se ha desarrollado siguiendo los criterios y procedimientos pertinentes a reglamento de baja tensión.

El cuadro eléctrico está compuesto por:

- ICP, INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. Es un interruptor que regula la potencia que hemos contratado a la empresa suministradora.

Intensidad ICP (Amperios)	Monofásica	Trifásica
5.0	1.15kW	3.464kW
7.5	1.72kW	5.196kW
10	2.3kW	6.928kW
15	3.45kW	10.392kW
20	4.6kW	13.856kW
25	5.75kW	17.321kW
30	6.9kW	20.785kW
35	8.05kW	24.249kW
40	9.2kW	27.713kW
45	10.35kW	31.177kW
50	11.5kW	34.641kW
63	14.49kW	43.684kW

Tabla 14 ICP

- IGA. INTERRUPTOR GENERAL AUTOMÁTICO. Es un interruptor que colocamos luego del ICP para salvaguardar la instalación eléctrica. Cuando pasa un valor determinado de amperios salta, y de esa manera salvaguarda la instalación. Por otro lado, el valor de amperios que deje pasar el IGA ha de ser inferior al del diferencial.
- El diferencial, salvaguarda la vida de las personas. Ha de tener una sensibilidad de 30ma

Circuito	Modelo
1	iID 4P 63A 30mA AC

Tabla 15 Diferencial

- PIA, pequeño interruptor automático. Es un dispositivo que asegura la vida de las máquinas ante picos de tensión o de corriente.

Equipo	PIA
FAH200DNM1M	50A

Tabla 16 PIA equipo

Para calcular cada uno de estos valores se ha de realizar un estudio de potencias de las unidades exteriores, así como de sus intensidades.

Para ello se ha revisado las potencias de las máquinas exteriores e interiores. Con estos datos y la tensión de alimentación podemos obtener la intensidad que debe circular por el circuito. Dicha intensidad condiciona la sección del cable, por lo que se procede a su cálculo. Los componentes del circuito y la conductividad del cable llevan a que tengamos pérdidas (-1.5%), que se han de contemplar en el cálculo de la sección.

ROOF TOP	V	I	POTENCIA	PIA	CONDUCTOR	SECCION	LONGITUD	CAIDA DE TENSION	%CAIDA DE TENSION	CONDUCTIVIDAD
FAH200DNM1 M	400	49.7	13500	50	PVC B 2	16	36	3.45	0.86	48

*Tabla 17 Tabla resumen electricidad.*



## 6.1.2. Condiciones Exteriores

Se elegirá entre datos necesarios para calefacción y refrigeración, utilizando el concepto de nivel percentil. Es decir, el porcentaje de horas anuales en los que la temperatura de la localidad es sobrepasada por un cierto valor.

Por ejemplo, el valor de la temperatura seca de un lugar con un valor percentil del 0,4 % supone que un número de horas de  $24 \cdot 365 \cdot 0,4 / 100 = 35$  h la temperatura de la localidad está sobrepasando de este valor). [19]

- Temperatura exterior invierno. IDAE 99.6 percentil: -0.2 °C (75.2% HR)
- Temperatura exterior verano. IDAE 0.4 percentil: 33.6 °C (43% HR)

\*No se aplican condiciones según ASHRAE, se toman las condiciones IDAE percentiles 99.6 y 0.4, por considerarse más restrictivas.

Condiciones ambientales (IDEA 99,6% 0,4%):

Provincia	Estación	Indicativo
Barcelona	Granollers	0208

### UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD

### Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
154	41°36'27"	02°17'27"E	14.550	14.518		

### CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-5,2	-0,2	1,2	11,8	75,2	33,8

### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
38,2	33,6	22,1	32,2	22,0	30,8	21,8	13,8

### CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)
23,8	23,8	23,0	23,0	22,4	22,4

### VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² dfa)	TTERR (°C)
Enero	8,5	11,8	34	59	0		
Febrero	9,5	12,8	27	49	0		
Marzo	12,2	13,5	19	41	1		
Abril	14,2	15,2	12	31	2		
Mayo	18,2	19,1	3	16	7		
Junio	22,7	23,8	0	4	17		
Julio	24,3	25,1	0	1	23		
Agosto	24,3	25,1	0	1	23		
Septiembre	20,9	21,8	0	6	11		
Octubre	17,5	19,9	4	17	4		
Noviembre	11,9	15,5	18	40	0		
Diciembre	8,8	11,6	32	57	0		

Ilustración 27 IDAE

### 6.1.3. Condiciones Interiores

Se toman las condiciones según se indica en el RITE, por considerarse más restrictivas que según normativa ASHRAE

- Temperatura interior verano Oficinas, cumplimiento RITE: 25,0 °C (HR = 55%)
- Temperatura interior invierno Oficinas, cumplimiento RITE: 21,0 °C

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA °C	HUMEDAD RELATIVA %
VERANO	23-25	45-60
INVIERNO	21-23	40-50

Tabla 18 Temperatura RITE

### 6.1.4. Renovación Infiltraciones

En general, se considera el caudal indicado en RITE por ser más restrictiva que la indicada en la normativa ASHRAE. -

Aire de	AIRE DE VENTILACION (Según RITE)			
	m <sup>3</sup> /h persona	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h local	m <sup>3</sup> /h (otros)
<b>VIVIENDAS</b>				
Dormitorio doble	36			
Dormitorio simple	18			
Comedor o sala de estar	10.8			
<b>LOCALES HUMEDOS</b>				
Cuarto de baño	54			
Cocina		7.2		
<b>CALIDAD DE AIRE INTERIOR</b>				
Hospitales, clínicos, laboratorios y guarderías	72			
Oficinas, residencias, sala de lecturas, museos, aulas y similares	45			
Edificios comerciales, cines, teatros, salón de actos, habitaciones de hoteles, restaurantes, cafeterías, gimnasios, locales para el deporte	28.8			
<b>LOCALES</b>				
Trasteros u zonas comunes		2.52		
Aparcamientos y garajes				540
Almacenes de residuos		36		

Tabla 19 Caudal de Ventilación RITE

En los aseos, de acuerdo con lo indicado se considera una extracción de aire de 6 renovaciones/hora. El aire de extracción es tomado atemperado a través de puertas de las zonas tratadas anexas, que se encuentran en sobrepresión.

El edificio dispondrá de instalación de calefacción en invierno y de refrigeración en verano, por lo que se consideran ambas situaciones para realizar el cálculo de cargas térmicas

### *6.1.5. Descripción de los cerramientos*

Basándonos en los datos de construcción del edificio que nos ocupa, se han definido las resistencias térmicas de los cerramientos, necesarias para el posterior cálculo de pérdidas térmicas por dependencias.

Se describen a continuación cada uno de los cerramientos, especificando los espesores y coeficientes de transmisión de los elementos constructivos que los componen.

Los valores aquí expresados constituyen la base de coeficientes de transferencia y elementos constructivos que se utilizarán en las hojas de cálculo de cargas térmicas.

El código técnico de la edificación en el apartado de ahorro energético (HE1), marca unas limitaciones a los coeficientes de transmisión térmica. Estas limitaciones dependen del lugar donde se encuentre la edificación, en nuestro caso se trata de Barcelona.

En función de la ubicación y la altura a nivel de mar, obtenemos la categoría que definirá nuestros parámetros de transmisión térmica. Los valores que hayamos calculados no ha de sobrepasar lo que nos marca el HE1.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																								
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m	
Albacete					C3										D3										E1
Alicante/Alacant		B4								C3											D3				
Almería	A4		B4				B3				C3														D3
Araba/Alava																									E1
Asturias	C1							D1																	E1
Avila															D1										E1
Badajoz						C4																			D3
Balears, Illes							B3																		C3
Barcelona																									E1
Bizkaia																									D1
Burgos																									E1
Cáceres																									D3
Cádiz																									E1
Cántabria																									D2
Castellón/Castelló																									E1
Ceuta																									B3
Ciudad Real																									C4
Córdoba																									C3
Coruña, A																									D3
Cuenca																									D1
Gipuzkoa																									E1
Girona																									C2
Granada	A4																								D2
Guadalajara																									E1
Huelva																									D3
Huesca																									E1
Jaén																									D3
León																									E1
Lleida																									E1
Lugo																									D3
Madrid																									E1
Málaga																									D2
Melilla																									E1
Murcia																									D3
Navarra																									E1
Ourense																									D2
Palencia																									E1
Palmas, Las																									E1
Pontevedra																									D1
Rioja, La																									E1
Salamanca																									D2
Santa Cruz de Tenerife																									E1
Segovia																									D2
Sevilla																									E1
Soria																									D2
Tarragona																									E1
Teruel																									D3
Toledo																									E1
Valencia/València																									D2
Valladolid																									E1
Zamora																									E1
Zaragoza																									E1
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m	

Tabla 20 Categoría según región

Como podemos observar, para Barcelona a una altura de 140 m sobre el nivel de mar, le pertenece la categoría C2.

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 21 Coeficientes de transmisión

### 6.1.5.1. Coeficiente de transmisión

El cálculo de los coeficientes de transmisión es muy importante para calcular las cargas necesarias de las instancias. Los coeficientes calculados no han de sobrepasar los valores contemplados en la tabla anterior, por normativa.[20]

#### 6.1.5.1.1. Coeficiente de cerramientos opacos

Aplicamos este cálculo para todos aquellos cerramientos opacos que se encuentran en contacto en el aire exterior. El coeficiente de transmisión térmica se mide en (W/m<sup>2</sup>°C).

Siendo la expresión:

$$U = \frac{1}{RT}$$

Rt es la resistencia térmica total de sección del cerramiento, con valor  $\left(\frac{m^2K}{l}\right)$ . El valor de RT se ha de calcular como la suma de las resistencias térmicas de cada capa y la resistencia térmica superficial referida al aire interior y exterior. Esta última se encuentra en el documento "HE1 limitación de la demanda energética"

$$Rt = Rsi + R1 + R2 + R3 + \dots + Rn + Rse$$

En el caso de que la capa sea homogénea, la resistencia térmica se calcula con la siguiente expresión.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- e, corresponde al espesor de la capa
- $\lambda$ , corresponde a la conductividad térmica del material. Estos valores se encuentran en las fichas técnicas o nos lo proporciona el fabricante. Hemos de

verificar que el calculo se ha realizado según marca la norma UNE EN ISO 10456.

Los valores de Rsi y Rse, corresponden a la resistencia térmica en el interior y exterior de los cerramientos. Estos valores vienen ponderados en tablas, en función de la dirección del flujo de calor y de la disposición del edificio.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 22 Rse-Rsi

los valores de coeficientes de conductividad han sido obtenidos mediante CE3 y CE3X. estos programas informáticos son validadas por el ministerio de industria, energía y turismo, a través del IDAE. Los valores calculados, por los programas, obtienen la certificación de eficiencia energética, por el ministerio de Fomento.

ZONA	COEFICIENTE TÉRMICO CALCULADO (CE3 CE3X) $\frac{W}{m^2} * k$	VALORES HE1 $\frac{W}{m^2} * k$
Pared exterior	0.4	0.75
Techo	0.4	0.50
Pared Interior	1	1.4

Tabla 23 Coeficientes térmicos

### 6.1.5.1.2. Coeficiente de huecos

Los huecos son uno de los principales problemas a la hora de calcular las cargas de la habitación. Se debe principalmente, a que no se tiene control sobre estas zonas. Por lo que las infiltraciones suceden esporádicamente. De modo que el cálculo de estas es aproximado.

Por otra parte, el coeficiente de transmisión de los huecos se puede calcular con la fórmula que nos proporciona el CTE.

$$U_h = (1 - FM) * U_{H,V} + FM * U_{H,M}$$

Siendo:

- $U_{H,V}$  la transmitancia térmica de la parte semitransparente ( $W/m^2 * K$ )
- $U_{H,M}$  la transmitancia térmica del marco de la ventana ( $W/m^2 * K$ )
- $FM$  la fracción del hueco ocupada por el marco

Dado que tenemos el mismo cristal a lo largo de la fachada. El coeficiente de transmisión se calcula de la misma forma.

El cristal instalado es de composición 4-6-4 (Espesor en mm de vidrio-Cámara-vidrio). En nuestro caso, los marcos son de aluminio y ocupan un 25% de la superficie del hueco.

CAPA	Coeficiente de transmisión $\frac{W}{m^2} * k$
Vidrio 4-6-4	2.7
Marco PVC (25%)	1.7
Total, coeficiente de transmisión $\frac{W}{m^2} * k$	1.9

Tabla 24 Coeficientes de transmisión

### 6.1.5.1.3. Factor solar modificado

Para calcular el factor solar  $F_h$  el documento HE nos proporciona la siguiente fórmula.

$$F = F_s * \{(1 - FM) * g_{\perp} + f_m * 0.04 * U_m * \alpha\}$$

- $F_s$ : factor solar obtenido en función del elemento que se utilice para crear sombra.
- $FM$ : Superficie ocupada por el marco
- $g_{\perp}$ : Factor solar de la parte semitransparente del hueco
- $U_m$ : Transmitancia térmica del marco del hueco
- $\alpha$  la absorptividad del marco dado el color de este. Lo encontramos en la tabla E.10 del "Limitación de la demanda energética" CTE

Una vez hechos los cálculos, debemos tener en cuenta la norma que nos marca que para la zona C2 y un porcentaje de huecos de 32% el límite de factor solar es de  $0.47 \frac{W}{m^2} * k$ . Dado que el valor obtenido por nuestro cálculo es inferior, utilizamos  $0.4 \frac{W}{m^2} * k$ .

Total, factor solar modificado $\frac{W}{m^2} * k$	0.4
----------------------------------------------------	-----

Tabla 25 Factor solar modificado

### 6.1.6. Ocupación

A continuación, se indica la ocupación considerada. Para su obtención, se han considerado principalmente la ocupación prevista de acuerdo con el mobiliario reflejado en los planos.

DENOMINACIÓN	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	OCUPACIÓN
Sala de reuniones 1	18.64	6
Sala de reuniones 2	12.26	6
sala de reuniones 3	11.60	6
Oficina 1	18.11	1
Oficina 2	12.15	1
Oficina 3	11.69	1

formación	102.14	90
comedor	84.64	90
Despacho 1	13.9	1
Despacho 2	13.61	1
Despacho 3	15.84	1
Despacho 4	13.51	1
Vestuario femenino	80.84	23
Vestuario masculino	56.63	16
Aseo Femenino	15.29	-
Aseo masculino	29.83	-
Almacén	12.35	-
ACS	9.35	-
Vestíbulo	8.33	-
Pasillo	14.86	-
Vestíbulo	5.6	-
Pasillo	102.23	-
Sala 6	11.85	1
Pasillo	8.71	-
Aseo masculino	31.94	-
Comedor restaurante (no fumadores)	88.96	90
Pasillo	28.90	-

Control vigilancia	12.37	1
Recepción	78.16	3
Enfermería	21.49	2
Sala de ordenadores	16.82	-
Aseo individual	29.63	-
Escalera	28.68	-
Aseo individual	8.18	-
CGBT	26.52	-

*Tabla 26 Superficie de las habitaciones*

## 6.2. CARGAS TÉRMICAS

Para proceder con el cálculo de cargas se debe tener en cuenta dos periodos del año que se diferencian totalmente, el invierno y el verano. Esta divergencia hace que el ciclo de climatización cambie totalmente.

En invierno, la temperatura exterior es inferior a la temperatura de consigna del interior, por lo que esta carga desfavorable se ha de suplir con potencia calorífica.

En el caso contrario, la temperatura exterior es superior a la temperatura de consigna interior, por lo que hay que suplirla con potencia frigorífica.

De modo que se ha de calcular cargas térmicas para el verano y para el invierno.

Balance de energía:

- Verano

El cálculo del equilibrio térmico se realiza con la siguiente expresión:

$$Q_{tce} = (Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{radiación}}) + Q_{\text{renovación}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{personas}} + Q_{\text{equipos}}$$

- Invierno

$$Q_{tce} = (Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{radiación}}) + Q_{\text{renovación}} + Q_{\text{infiltración}} - Q_{\text{personas}} - Q_{\text{equipos}}$$

### 6.2.1. Cargas externas

Los elementos que intervienen en las cargas térmicas se dividen en interiores y exteriores. Por una parte, tenemos cargas exteriores:[21]

#### 6.2.1.1. Transmisión.

Dado que la transmisión no es la misma en verano que invierno, realizamos el cálculo para cada supuesto. Para este apartado requerimos de superficies, coeficiente de transmisión, variación de temperatura

- Cristal simple
- Cristal Doble
- Pared exterior
- Pared interior
- Pared interior
- Techo
- Cubierta
- Suelo

### 6.2.1.2. Radiación.

La radiación es producida por las ondas cortas, radiación solar, luces, etc... De manera que, las ventanas influyen en gran medida en este apartado.

- Irradiación, cantidad de energía que transmite el sol a nuestra habitación en función de nuestra orientación.
- Orientación, en función de la orientación y de la hora solar tendremos unos parámetros específicos. La orientación es fija, pero la hora solar varía. En este tipo de estudios nos aferramos a las peores condiciones, es decir, escogemos la hora en la que se produzcan mayor radiación.
- Atenuación, viene dada por elementos que impiden el paso de la radiación a la estancia, ya pueden ser:
  - Stoc
  - Persianas
  - ETC ...
- Superficie, se refiere a la superficie total, donde inciden los rayos solares.

#### 6.2.1.2.1. Cálculo

$$Q \text{ transmisión} = \sum U_i * A_i * (T_{ext} - T_{int})$$

Donde

- $U_i$  es el coeficiente de transmisión térmico del cerramiento ( $W/m^2 * K$ )
- $A_i$  es la superficie que se encuentra en contacto con el exterior ( $m^2$ )
- $T_{ext}$ , es la temperatura exterior en verano, datos facilitados por IDAE
- $T_{int}$  es la temperatura interior de invierno, parámetros RITE.

$$Q \text{ radiación} = \text{Irradiación} * \text{Atenuación} * \text{Superficie} * N_{vi}$$

Donde:

- Irradiación= La irradiación solar es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. Valores tabulados.

Latitud Norte	hora solar	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	H	V (*)
40°	8	36	275	543	463	80	36	36	36	335	<b>302.4</b>
	9	43	154	487	490	171	43	43	43	503	<b>285.3</b>
	10	47	53	338	467	298	47	47	47	620	<b>251.8</b>
	11	47	47	151	359	326	83	47	47	688	<b>190.6</b>
	12	47	47	47	222	342	222	47	47	718	<b>157.6</b>
	13	47	47	47	83	326	359	151	47	688	<b>151.6</b>
	14	47	47	47	47	298	467	338	53	620	<b>141.1</b>
	15	43	43	43	43	171	490	487	154	503	<b>91</b>
	16	36	36	36	36	80	463	543	275	335	<b>52.5</b>
	17	26	26	26	26	26	352	493	342	157	<b>26</b>
	18	24	10	10	10	10	161	281	228	30	<b>10</b>

Tabla 27 Valores de Radiación

- Atenuación, coeficiente de transmisión persiana, Stoc...
- Superficie, superficie del cristal.
- NVI, porcentaje incidencia sobre cristal

### 6.2.1.3. Infiltraciones

Las infiltraciones son producidas por aquellos elementos que en función de su disposición permiten o bloquean el paso de ciertas energías en forma de calor o vapor.

Por lo general, se producen en las ventanas y las puertas. La superficie de estas juega un papel importante, dado a que para mayor superficie mayor flujo de energía.

#### 6.2.1.3.1. Cálculo

Infiltraciones ventilación

$$Q \text{ infiltración} = Q \text{ infiltración } S + Q \text{ infiltración } L$$

$$Q \text{ infiltración } S = 0.288 * m * C_{\text{aire}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q \text{ infiltración } L = 0.716 * m * C_{\text{aire}} * (\Delta W)$$

Donde:

- m es la cantidad de aire que entra del exterior al interior de la estancia, caudal volumétrico.
- $C_{\text{aire}}$  calor específico del aire (1000 J/kg\*k)
- $T_{\text{ext}}$ , es la temperatura exterior en verano, datos facilitados por IDAE
- $T_{\text{int}}$  es la temperatura interior de invierno, parámetros RITE.
- $\Delta W$  es la diferencia entre humedad absoluta exterior e interior.

Infiltraciones Puerta y Ventana

Por cada  $m^2$  de ventana tenemos que hay un volumen de  $9.0 \frac{m^3}{h \cdot m^2}$  con este valor podemos obtener el volumen por hora que transcurre por nuestra ventana. Como ya hemos dicho antes, esta energía contiene calor latente y sensible.

De forma análoga, tenemos lo mismo para la superficie de la puerta, con diferencia en el valor de volumen  $119.0 \frac{m^3}{h \cdot m^2}$ . El caudal de entrada tiene calor latente y sensible, pero no sabemos cuánto y ni en qué proporción.

Para ello procedemos a un cálculo complejo de diferencias de temperatura, tensión de vapor del ambiente y la diferencia de humedad absoluta entre ambiente exterior e interior.

Ecuaciones empíricas, procedentes de las ecuaciones de Antonie referentes al cálculo de presión del ambiente.

- Tensión de vapor verano exterior.

$$Ten. Vapor = H.R(ext) * \frac{1000}{9.810001} * 10^{17.443 - \left(\frac{2795}{273 + T^{ext ver}}\right) - \left(3.868 * \ln(273 + T^{ext ver}) * \frac{1}{\ln(10)}\right)}$$

- Tensión de vapor verano interior.

$$Ten.Vapor = H.R(int) * \frac{1000}{9.810001} * 10^{17.443 - \left(\frac{2795}{273 + T^{o} int ver}\right) - \left(3.868 * \ln(273 + T^{o} int ver) * \frac{1}{\ln(10)}\right)}$$

Obtenemos  $\Delta W$ , diferencia de humedad absoluta entre ambiente exterior e interior, con la siguiente fórmula.

$$\Delta W = \frac{622 * Ten.Vap.Ext}{100000 - Ten.Vap.ext} - \frac{622 * Ten.Vap.int}{100000 - Ten.Vap.int}$$

Por otra parte, para el cálculo de calor sensible que contiene la infiltración necesitamos saber el valor de diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ).

$$\Delta T = T^{o}ext - T^{o}int$$

#### 6.2.1.4. Ventilación

La ventilación viene condicionada por el RITE. La norma nos marca pautas con las que obtener el valor de la ventilación.

La ventilación de una zona viene determinada por el uso de ese espacio y el número de personas que ocupen dicha instancia.

Por lo general, la ventilación se realiza por medio de recuperadores. Estos recuperadores son obligatorios cuando la obra supera una cierta magnitud.

Dado que insertamos en la instancia aire del exterior, nuestro calor sensible y latente del ambiente varía. El valor de esta nueva variación de calor latente y sensible se calcula como si se tratase de una infiltración.

### 6.2.1.4.1. Cálculo

$$Q \text{ renovación} = Q \text{ renovación } S + Q \text{ renovación } L$$

$$Q \text{ renovación } S = m * C_{\text{paire}} * (\Delta T)$$

$$Q \text{ renovación } L = m * C_{\text{paire}} * (\Delta W)$$

Donde:

M es la cantidad de aire que entra del exterior al interior de la estancia por renovación, caudal volumétrico. el valor se obtiene como; El volumen de aire renovado de las oficinas cada hora, siendo la densidad del aire  $1.18 \text{ Kg/m}^3$  ( $\text{Superficie} * \text{Altura} * \text{Densidad} / 3600 \text{ segundos}$ )

- $C_{\text{paire}}$  calor específico del aire ( $1 \text{ Cal/kg} * \text{k}$ )
- $T_{\text{ext}}$ , es la temperatura exterior en verano, datos facilitados por IDAE
- $T_{\text{int}}$  es la temperatura interior de invierno, parámetros RITE.
- $\Delta W$  es la diferencia entre humedad absoluta exterior e interior.

### 6.2.2. Cargas internas

Las cargas internas de una edificación se localizan en las personas, máquinas e iluminación. En función el emisor, nos encontramos con dos tipos de energía, calor latente y calor sensible.

#### 6.2.2.1. Ocupación

La ocupación de la estancia es muy importante, tanto para el dimensionando del proyecto, como para el tema de seguridad y saluda. Dado que no se tienen valores reales, porque es una obra en construcción, simulamos un estado de máxima ocupación a lo largo del día de trabajo. Los valores de ocupación son discutidos con la contrata y el cliente, para llegar a cumplir la norma (RITE-IT1.1).

En el caso de las personas, hay muchos factores que intervienen para el cálculo de energía que desprenden. Pero, lo más importantes es averiguar el tipo de energía que desprenden y en qué porcentaje. Se pueden encontrar muchas tablas referentes al tema. A nivel de empresa, la experiencia de los técnicos, nos marcan unos parámetros concretos para personal de oficina.

### 6.2.2.1.1. Cálculo

$$Q_{\text{personas}} = Q_{\text{personas S}} + Q_{\text{personas L}}$$

$$Q_{\text{personas S}} = n^{\circ} \text{Personas} * q_{\text{Persona S}}$$

$$Q_{\text{personas L}} = n^{\circ} \text{Personas} * q_{\text{Persona L}}$$

Donde

- $q_{\text{Persona}}$  es la energía en forma de calor que desprende una persona.

	Sensible (Kcal/h)	Latente (Kcal/h)	
Almacenes	71	59	De pie, trabajo ligero (caminando) 150 W, 55% FCS
Bancos	71	59	De pie, trabajo ligero (caminando) 150 W, 55% FCS
Mercados	71	59	De pie, trabajo ligero (caminando) 150 W, 55% FCS
Baile	91	137	Baile a ritmo moderado 264 W, 40% FCS
Cadenas de montaje	60	60	Sentado, trabajo ligero 139 W, 50% FCS
Dormitorios	43	22	Tumbado durmiendo 74W, 66% FCS
Fábricas (max)	142	263	Trabajo pesado y repetitivo (subir escaleras) 469 W, 35% FCS
Fábricas (min)	97	157	Caminando a 4.5 km/h; trabajo repetitivo ligero 294 W, 38% FCS
Gimnasios	151	353	Esfuerzo máximo y continuado 585 W, 30% FCS
Oficinas	62	42	Sentado, trabajo muy ligero 120 W, 60% FCS
Hoteles	62	42	Sentado, trabajo muy ligero 120 W, 60% FCS
Apartamentos	62	42	Sentado, trabajo muy ligero 120 W, 60% FCS
Restaurantes (max)	52	96	Trabajo sedentario 170 W, 35% FCS
Restaurantes (min)	63	63	Restaurantes 145 W, 50% FCS
Talleres, torneros, ...	80	119	De pie, trabajo moderado 230 W, 40% FCS
Teatros, cines, ...	66	34	Sentado, en reposo 115 W, 66% FCS
Trabajo ligero	54	66	De pie, trabajo ligero (sin movimiento) 139 W, 45% FCS
Trabajo ligero (marcha reducida)	59	88	De pie, trabajo ligero (marcha reducida) 170 W, 40% FCS
Trabajo pesado (marcha intensa)	137	243	De pie, trabajo pesado (marcha intensa) 440 W, 36% FCS

### 6.2.2.2. Equipos e iluminación

La iluminación solo desprende calor Sensible al ambiente, y es de vital importancia saber qué tipo de luminaria tenemos y como afecta esta al ambiente que queremos climatizar. Conforme han pasado los años se ha ido perfeccionando y disminuyendo la energía que transmiten las luminarias, por temas ecológicos y energéticos. De manera que, ya no influye como antes este tipo de energía, pero sigue siendo un punto de calor sensible.

### 6.2.2.2.1. Cálculo

$$Q_{equipos} = \Sigma n^{\circ} \text{ equipos} * Pot_i + \Sigma ilu * Pot_{ilu}$$

Donde:

- $N^{\circ}$  es el número de equipos iguales en la sala.
- $Pot_i$  es la potencia del equipo medido en watio.
- $S_{ilum}$ , es la superficie iluminada
- $Pot_{ilum}$  es la potencia de iluminación de un espacio

### 6.2.3. Supuesto

Cada instancia de la nave tiene su propia hoja de cálculo de cargas. En este apartado se va a desarrollar dos supuestos en condición de verano.

#### 6.2.3.1. $P_b$ de control

En primer lugar, la fórmula de balance de energías. Desglosamos cada uno de los componentes de la fórmula. En algunos casos, el valor total de calor puede ser la suma de calor latente y calor sensible.

$$Q_{tce} = Q_{transmisión} + Q_{radiación} + Q_{renovación} + Q_{infiltración} + Q_{personas} + Q_{equipos}$$

#### Q transmisión

$$Q_{transmisión} = \Sigma U_i * A_i * (T_{ext} - T_{int})$$

$$Q_{transmisión \text{ fachada}} = 0.4 * 4.1 * (33.6 - 25) = 14.104 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{transmisión \text{ suelo}} = 0.49 * 12.4 * (33.6 - 25) = 52.25 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{transmisión \text{ cristal}} = 1.9 * 7.5 * (33.6 - 25) = 122.55 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{transmisión \text{ Pared interior}} = 1 * 14.8 * (33.6 - 25) = 127.2 \frac{Kcal}{h}$$

Q transmisión	$\frac{Kcal}{h}$
Q transmisión S	359.0
Q transmisión total	359.0

Tabla 28 Q transmisión

### Q Radiación

$$Q \text{ radiación} = \text{Irradiación} * \text{Atenuación} * \text{Superficie} * Nvi$$

$$Q \text{ radiación} = 490 * 0.69 * 7.5 * 0.4 = 1019 \frac{Kcal}{h}$$

Q Radiación	$\frac{Kcal}{h}$
Q Radiación S	1019
Q Radiación total	1019

Tabla 29 Q radiación

### Q Renovación

$$Q \text{ renovación S} = m * C_{\text{paire}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q \text{ renovación L} = m * C_{\text{paire}} * (\Delta W)$$

$$Q \text{ renovación S} = 45 * 1 * 8.6 * 0.288 = 111.456 \frac{Kcal}{h}$$

- Rendimiento del recuperador de calor 70%

$$Q \text{ renovación L} = 45 * 1 * 2.2 * 0.716 = 70.9 \frac{Kcal}{h}$$

Q	$\frac{Kcal}{h}$
Renovación	
Q Renovación S	33,43
Q Renovación L	70.9
Q Renovación total	104.3

Tabla 30 Q renovación

### Q Infiltraciones

$$Q \text{ infiltración S} = m * C_{\text{paire}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q \text{ infiltración L} = m * C_{\text{paire}} * (\Delta W)$$

$$Q \text{ infiltración S} = (7.54 * 9.0) * 1 * 8.6 * 0.288 = 168.1 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ infiltración L} = (7.54 * 9.0) * 1 * 2.2 * 0.716 = 106.9 \frac{Kcal}{h}$$

Q Infiltraciones	$\frac{Kcal}{h}$
Q Infiltraciones S	168.1
Q Infiltraciones L	106.9
Q Infiltraciones total	275.0

Tabla 31 Q infiltraciones

### Q Personas

$$Q \text{ personas} = n^{\circ} \text{ Personas} * q \text{ 1Persona}$$

$$Q \text{ personas S} = 1 * 42 = 42 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$Q \text{ personas L} = 1 * 62 = 62 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Q Personas	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$
Q Personas S	42
Q Personas L	62
<b>Q Personas total</b>	<b>104</b>

Tabla 32 Q Personas

### Q Equipos

$$Q_{\text{equipos}} = \Sigma n^{\circ} \text{ equipos} * Pot_i + \Sigma ilu * Pot_{ilu}$$

$$Q_{\text{equipos}} = 500 * 0.86 + 6 * 0.86 * 12.14 * 1.25 = 509.8 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Q Equipos	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$
Q Equipos S	509,8
<b>Q Equipos total</b>	<b>509,8</b>

Tabla 33 Q equipos

### 6.2.3.1.1. *Calor total*

EL calor total es la suma de calor efectivo sensible y calor latente. Con este valor se puede seleccionar la máquina exterior.

$$\text{Calor Total} = Q \text{ efectivo Sensible} + Q \text{ latente}$$

#### **Q efectivo Sensible local**

$$Q \text{ efectivo Sensible } E = (Q.S.E + C * \Delta T * BF * 0.288) + Q.S.E * G. fugas + Q.S.E * G. pérdidas Vent.$$

Donde:

- Q.S.E es igual a calor sensible efectivo.
- C. caudal de ventilación
- $\Delta T$  Variación de temperatura interior exterior
- BF By-pass factor
- G. Fugas, ganancias por fugas
- G pérdidas Vent., ganancias por pérdidas del ventilador.

$$Q.S.E = Q \text{ trans} + Q \text{ radi} + Q \text{ Pers.S} + Q.Equi + Q.Infil.S$$

$$Q \text{ sensible Estancia} = (359 + 1.019 + 62 + 509.8 + 168.1) * 1.05 = 2.224 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- \* coeficiente de mayoración 5%

$$Q \text{ efectivo Sensible } E = (2.224 + 45 * 8.6 * 0.1 * 0.288) + 2.224 * 0.01 + 2.224 * 0.03 = 2324.7 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

**Q efectivo Sensible total**

$$Q \text{ efectivo sensible total} = Q. \text{Efectivo sensible estancia} + Q \text{ ventil. sensible} * \eta \text{ Recu.}$$

$$Q \text{ efectivo sensible total} = 2.324,7 + 111,5 * 0,3 = 2.358,1 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

**Q Latente local**

$$Q \text{ Latente local} = Q. \text{Inf. L} + Q. \text{Ocup. L}$$

$$Q \text{ Latente local} = (42 + 106,9) * 1,05 = 156,3 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- \* coeficiente de mayoración 5%

**Q Latente total**

$$Q \text{ Latente total} = Q \text{ latente local} + Q \text{ renovación L}$$

$$Q \text{ Latente total} = 156,3 + 70,9 = 227,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

**Q Total**

$$Q \text{ Total} = Q \text{ latente total} + Q \text{ sensible total}$$

$$Q \text{ Total} = 227,2 + 2358,1 = 2585,3 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

### 6.2.3.2. Nave Farmacéutica

#### Q Transmisión

$$Q \text{ transmisión} = \sum U_i * A_i * (T_{ext} - T_{int})$$

$$Q \text{ transmisión fachada N} = 0.34 * 2.153 * (33.6 - 25) = 6.210 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ transmisión fachada S} = 0.34 * 1.608 * (33.6 - 25) = 4.638 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ transmisión fachada E} = 0.34 * 1.037 * (33.6 - 25) = 2.990 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ transmisión fachada O} = 0.34 * 456 * (33.6 - 25) = 1.314 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ transmisión techo} = 1.55 * 12.776 * (33.6 - 25) = 27.402 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q \text{ transmisión Exutorios} = 1.72 * 351 * (33.6 - 25) = 5.194 \frac{Kcal}{h}$$

Q Transmisión	$\frac{Kcal}{h}$
Q Transmisión S	47.748
Q Transmisión total	47.748

Tabla 34 Q transmisión

**Q Radiación**

$$Q \text{ radiación} = \text{Irradiación} * \text{Atenuación} * \text{Superficie} * Nvi$$

$$Q \text{ radiación} = 617.5 * 0.55 * 351 * 1 = 119.245 \frac{Kcal}{h}$$

Q Radiación	$\frac{Kcal}{h}$
Q Radiación S	119.245
Q Radiación total	119.245

Tabla 35 Q Radiación

**Q Renovación**

$$Q \text{ renovación } s = m * C_{\text{aire}} * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$Q \text{ renovación } S = 6.480 * 1 * (8.6) * 0.288 = 16.049 \frac{Kcal}{h}$$

- Rendimiento del recuperador de calor 70%

$$Q \text{ renovación } L = m * C_{\text{aire}} * (\Delta W)$$

$$Q \text{ renovación} = 6.480 * 1 * (2.2) * 0.716 = 10.207 \frac{Kcal}{h}$$

Q Renovación	$\frac{Kcal}{h}$
Q Renovación S	4.814,7
Q Renovación L	10.207
Q Renovación total	15.021

Tabla 36 Renovación

### Q Infiltraciones

$$Q \text{ infiltración puertas } s = m * C_{paire} * (T_{int} - T_{ext})$$

$$Q \text{ infiltración puertas } S = 34892 * 1 * (8.6) * 0.288 = 86.420 \frac{kcal}{h}$$

$$Q \text{ infiltración puertas } L = m * C_{paire} * (\Delta W)$$

$$Q \text{ infiltración puertas } L = 34892 * 1 * (2.2) * 0.716 = 54.961 \frac{kcal}{h}$$

Q Infiltraciones	$\frac{Kcal}{h}$
Q Infiltraciones S	86.420
Q Infiltraciones L	54.961
Q Infiltraciones total	141.382

Tabla 37 Q infiltraciones

### Q Personas

$$Q \text{ Personas } S = n^{\circ} \text{ Personas} * q \text{ Persona}$$

$$Q \text{ Personas } S = 90 * 71 = 6.390 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$Q \text{ Personas } L = n^{\circ} \text{ Personas} * q \text{ Persona}$$

$$Q \text{ Personas } L = 90 * 59 = 5.310 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Q Personas	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$
Q Personas S	6.390
Q Personas L	5.310
<b>Q Personas total</b>	<b>11.700</b>

Tabla 38 Q personas

### Q Equipos

$$Q \text{ Equipos} = \Sigma n^{\circ} \text{ equipos} * Pot_i + \Sigma ilu * Pot_{ilu}$$

$$Q \text{ Equipos} = 860 * 90 + 5 * 0.86 * 18297 = 154.504 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Q Equipos	$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$
Q Equipos S	154.504
<b>Q Equipos total</b>	<b>154.504</b>

Tabla 39 Q equipos

### 6.2.3.2.1. Calor total

EL calor total es la suma de calor efectivo sensible y calor latente. Con este valor se puede seleccionar la máquina exterior.

$$\text{Calor Total} = Q \text{ efectivo Sensible} + Q \text{ latente}$$

#### Q efectivo Sensible local

$$Q \text{ efectivo Sensible } E = (Q.S.E + C * \Delta T * BF * 0.288) + Q.S.E * G. fugas + Q.S.E * G. pérdidas Vent.$$

$$Q.S.E = Q \text{ trans} + Q \text{ radi} + Q \text{ Pers.S} + Q.Equi + Q.Infil.S$$

$$Q \text{ sensible Estancia} = (47.748 + 119.245 + 6.390 + 154.504 + 86.420) * 1.05 = 435.022 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- \* coeficiente de mayoración 5%

$$\begin{aligned} Q \text{ efectivo Sensible } E &= (435.022 + 6480 * 8.6 * 0.1 * 0.288) + 435.022 * 0.01 + 435.022 * 0.03 \\ &= 454.027 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

#### Q efectivo Sensible total

$$Q \text{ efectivo sensible total} = Q.Efectivo sensible estancia + Q ventil. sensible * \eta \text{ Recu.}$$

$$Q \text{ efectivo sensible total} = 454.027 + 16049.7 * 0.3 = 458.841 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

#### Q Latente local

$$Q \text{ Latente local} = Q.Inf.L + Q.Ocup.L$$

$$Q \text{ Latente local} = (54.961 + 5.310) * 1.05 = 63.284 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

- \* coeficiente de mayoración 5%

#### Q Latente total

$$Q \text{ Latente total} = Q \text{ latente local} + Q \text{ renovación } L$$

$$Q \text{ Latente local} = 63.284 + 10.207 = 73.491 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

#### Q Total

$$Q \text{ Total} = Q \text{ latente total} + Q \text{ sensible total}$$

$$Q \text{ Total} = 73.491 + 458.841 = 532.332 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

## 6.3. CONDUCTOS

Para el dimensionado de conductos existen varios métodos y formas para hacerlo. Los más utilizados son:

- Método de reducción de velocidad
- Método de pérdida de carga constante
- Método de misma pérdida en cada ramificación.
- Método de recuperación.

Los métodos antes señalados tienen resultado diferentes, el resultado final depende de la regulación de los difusores. Se va a estudiar en profundidad el segundo. El cuarto es una continuación del tercero y primero depende sobre todo de la experiencia del profesional encargado de la puesta en marcha.

La elección de que método utilizar va a afectar diferentes aspectos de la obra, económico, medioambiente, material adicional...[16]

### 6.3.1. *Método dimensionado de conductos*

Para hallar el valor del diámetro, que ha de tener una tubería, se ha de seguir el siguiente proceso descrito.

En primer lugar, definimos el recorrido de los conductos. Es decir, dibujamos sobre el plano todo el circuito de conductos. Este circuito ha de pasar por cada una de las instancias que hemos diseñado. Hemos de tener en cuenta las diferentes normativas que restringen o limitan ciertos recorridos, por ejemplo: La normativa "Seguridad contra incendios" nos obliga a que haya compuertas corta fuego si el conducto pasa por lugares de alto riesgo.

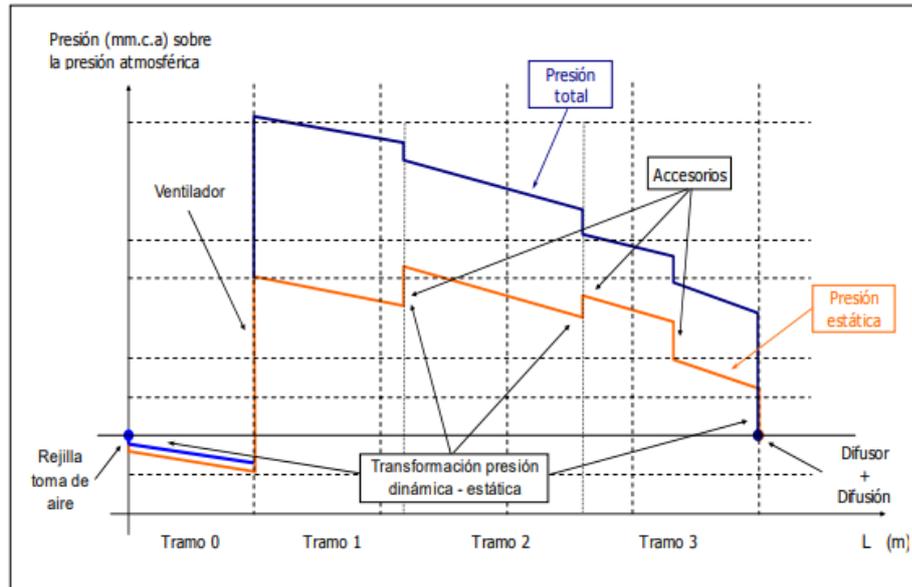


Ilustración 28 Variación de la presión a lo largo la instalación[16]

Una vez ya diseñado el circuito de conductos fijamos una pérdida de presión lineal de 1 Pa/m ( $\gg 0.1$  mm.c.a/m) Puesto que ya sabemos el valor del caudal, podemos obtener el diámetro hidráulico del conducto.

$$Di = \left[ \frac{\alpha * 21.89 * 10^{-3} * Qi^{1.82}}{\frac{Pa - Pb}{L}} \right]^{\frac{1}{4.86}}$$

Dónde:

- Di: Es el diámetro hidráulico de cada tramo del conducto. Se mide en (m)
- Qi: es el caudal del circuito (m3/s)
- $(Pa - Pb)/L$  es la pérdida de presión lineal. Como hemos comentado se establece 1 Pa/m
- $\alpha$ : es un factor sin unidades definido por el material del conducto.

Material	Rugosidad	$\alpha$
Acero Inox.	0.05	0.835
Fibra de Vidrio	0.58	1.125
Chapa Galvanizada	0.14	0.9
Ladrillo	3.25	1.8

Tabla 40 Alpha

En nuestro caso se trata de chapa galvanizada.

La velocidad de cada tramo se puede calcular con la siguiente fórmula, en caso de conductos circulares.

$$V_i = \frac{4 * Q_i}{\pi D_i^2}$$

Tenemos que  $V_i$  es la velocidad medida en m/s

- En caso de que no se pueda instalar conductos circulares, podemos transformar este diámetro hidráulico a cotas rectangulares con la siguiente fórmula.

$$D_i = \frac{(a_i * b_i)^{0.6255}}{(a_i + b_i)^{0.251}}$$

La norma nos de seguridad y salud (HS3) nos marca una serie de parámetros que hemos de cumplir para salvaguardar el bienestar de las personas. En este caso, el ruido generado por la impulsión no ha sobrepasar valores definidos por la norma. Definimos que el valor límite de velocidad, menor a 6m/s y superior a 2.5m/s. Siguiendo lo señalado por ATECYR en "Fundamentos de climatización".

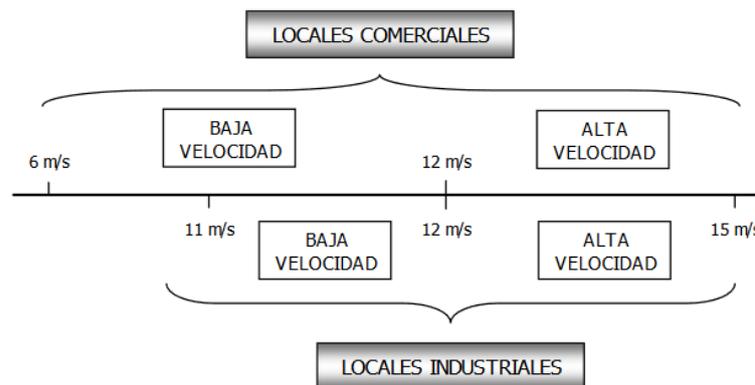


Ilustración 29 Velocidad aire para locales

$$V_i = \frac{Q_i}{a_i * b_i}$$

Luego de dimensionar los conductos, procedemos al cálculo de pérdida de presión lineal real.

$$\frac{P_a - P_b}{L} = \alpha \frac{14.1 * 10^{-3} * v^{1.82}}{D^{1.22}}$$

Las pérdidas de carga se calculan con coeficientes C para cada uno de los tramos. Con la suma de todos los coeficientes C podemos obtener la longitud equivalente de dicho tramo.

$$L_{equivalente} = 60 * \sum C * D^{1.22}$$

El valor de la caída de presión existente se calcula con la siguiente fórmula

$$\Delta P = (\text{longitud tramo} + \text{longitud equivalente}) * \text{presión lineal}$$

La pérdida de presión no ha de ser inferior a la del entorno, porque el recorrido del aire no llegaría al final.

### 6.3.1.1. Perdidas Codos

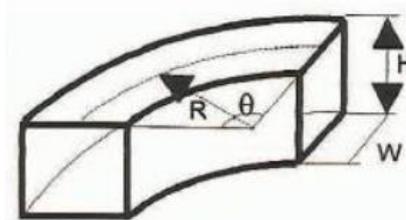


Ilustración 30 Desviación del conductor[13]

Por lo general, todos los codos tendrán el mismo valor de radio que de anchura. El coeficiente C se calcula con la siguiente fórmula.

$$C = k_{Re} * k_{\theta} * C_0$$

Donde  $C_0$  se obtiene de la siguiente tabla.

R/W	H/W										
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
0,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83
0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
1	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,27	0,27
1,5	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2,0	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

Tabla 41 H/W

donde  $k_{\theta}$  se obtiene de la siguiente tabla.

$\theta$	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
$K_{\theta}$	0,31	0,45	0,6	0,78	0,9	1	1,13	1,2	1,28	1,4

Tabla 42  $k_{\theta}$

Donde  $k_{Re}$  se obtiene de la siguiente tabla.

Re	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$
$K_{Re}$	1,4	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,04	1,0

Tabla 43  $K_{Re}$

### 6.3.1.2. Perdidas Codos

Al mantener una superficie de entrada y salida proporcional, el cálculo del coeficiente C es más sencillo.

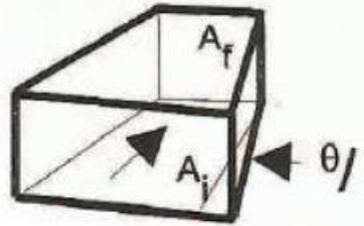


Ilustración 31 estrechamiento del conducto[13]

Coeficiente C.

A <sub>f</sub> /A <sub>i</sub>	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0,17	0,21	0,21	0,30	0,48	0,65	0,76	0,83	0,83	0,82	0,80
0,25	0,17	0,18	0,25	0,42	0,60	0,68	0,70	0,69	0,68	0,66
0,5	0,14	0,14	0,15	0,24	0,35	0,37	0,38	0,37	0,36	0,35
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,22	0,24	0,48	0,72	0,96	1,04
4	0,8	0,64	0,64	0,64	0,96	1,12	2,72	4,32	5,6	6,56
6	1,8	1,44	1,44	1,44	2,16	2,52	6,48	10,08	13	15,1
10	5	5	5	5	6,5	8	19	29	37	43

Tabla 44 Coeficientes C

### 6.3.1.3. Perdidas Bifurcaciones

Cuando hay una bifurcación en el transcurso del conducto, hay pérdidas de presión. La C equivalente se encuentra tabulada.

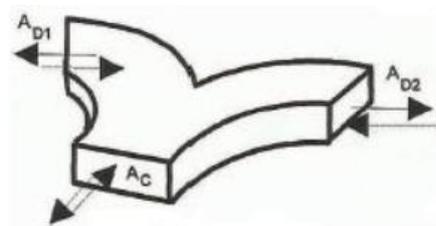


Ilustración 32 Desdoblamiento del conducto[13]

C para supuesto divergente.

A <sub>D1</sub> /A <sub>C</sub> ó A <sub>D2</sub> /A <sub>C</sub>	0,5	1,0
C	0,23	0,07

Tabla 45 C conductos divergentes

C para supuesto convergente

$A_{D1}/A_C$ ó $A_{D2}/A_C$	0,5	1,0
C	0,30	0,25

Tabla 46 C conductos convergentes

Los cálculos referentes a los conductos de climatización; impulsión, extracción, retorno y ventilación están indicados en el anexo Cálculos.

### 6.3.1.4. Supuesto

#### 6.3.1.4.1. Entrada

Se describe el proceso a seguir para calcular la dimensión que ha de tener un conducto para que no genere ruido o perturbe el bienestar de las personas.

Para la entrada de las oficinas, ha de llegar un caudal igual a  $292 \text{ m}^3/\text{h}$ , para ello definimos una pérdida de  $0.1 \text{ mmcda}$ .

$$Di = \left[ \frac{0.835 * 21.89 * 10^{-3} * \left(\frac{292}{3600}\right)^{1.82}}{0.595} \right]^{\frac{1}{4.86}}$$

$$Di = \left[ \frac{0.835 * 21.89 * 10^{-3} * \left(\frac{292}{3600}\right)^{1.82}}{0.595} \right]^{\frac{1}{4.86}} = 0.190\text{m}$$

$$\text{Área} = 3.14 * \frac{0.190^2}{4} = 0.0287\text{m}^2$$

Para un conducto Rectangular.

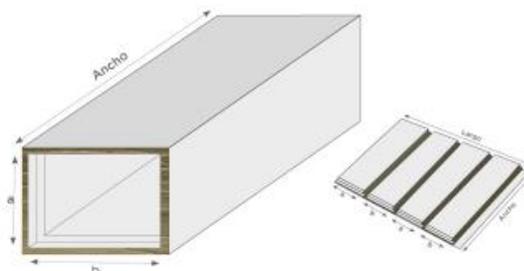


Ilustración 33 Conducto Rectangular [22]

Obtenemos el valor del b, definiendo el valor del a (0.2m).

$$0.0287m^2 = a \times b$$

$$0.0287m^2 = 0.2 \times b$$

$$b \approx 0.150m$$

con lo valor que ya tenemos, procedemos a calcular la velocidad en los conductos, aplicando la ley de continuidad.

$$V_i = \frac{Q}{A} = \frac{192}{\frac{3600}{0.03}} = 2.7 \text{ m/s}$$

Luego de realizar el cálculo de los conductos, procedemos a verificar si cumple con la normativa de seguridad y salud referente a este aspecto. Los decibelios no han de superar los valores definidos por la norma.

$$Db = 10 + 50 * \log(vel) + 10 * \log\left(\frac{\text{Área útil}}{1000000}\right)$$

$$Db = 10 + 50 * \log(2.7) + 10 * \log(0.03) = 15.51 \text{ DB}$$

No superando los 33 decibelios marcados por el reglamento de Seguridad y salud.

### 6.3.1.4.1. Roof Top

Para la entrada del aire procedente de 4 Roof top, ha de llegar un caudal igual a  $172000 \text{ m}^3/h$ , para ello definimos una pérdida de 0.1 mmca.

$$Di = \left[ \frac{0.835 * 21.89 * 10^{-3} * \left( \frac{172000}{3600} \right)^{1.82}}{0.32} \right]^{\frac{1}{4.86}}$$

$$Di = \left[ \frac{0.835 * 21.89 * 10^{-3} * \frac{172000}{3600}^{1.82}}{0.595} \right]^{\frac{1}{4.86}} = 2.354m$$

$$\text{Área} = 3.14 * \frac{2.354^2}{4} = 4.35m$$

Para un conducto Rectangular.

Obtenemos el valor del b, definiendo el valor del a (1.5m).

$$4.35m = a \times b$$

$$4.35m = 1.5 \times b$$

$$b = 2.9m$$

con lo valor que ya tenemos, procedemos a calcular la velocidad en los conductos, aplicando la ley de continuidad.

$$Vi = \frac{Q}{A} = \frac{172000}{3600 * 4.35} = 10.98 \text{ m/s}$$

Luego de realizar el cálculo de los conductos, procedemos a verificar si cumple con la normativa de seguridad y saluda referente a este aspecto. Los decibelios no han de superar los valores definidos por la norma.



$$Db = 10 + 50 * \log(vel) + 10 * \log\left(\frac{\text{Área útil}}{1000000}\right)$$

$$Db = 10 + 50 * \log(10.98) + 10 * \log(4.35) = 68 \text{ DB}$$

Tiene este valor tan alto, dado que se han conectado 4 Roof top. De modo que nos entregan un caudal muy grande, eso hace que aumente en gran medida los decibelios de ruido. Dado que esta parte de la instalación no la recoge la normativa RITE, no nos afecta la prohibición de los 33 DB. Pero si hemos de tener presente el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas y sus Instrucciones Complementarias según Real Decreto 138/2011, de 8 de febrero.

## 7. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un proyecto desde 0 para climatizar una nave farmacéutica. El proceso empieza con el cálculo de cargas y finaliza con la puesta en marcha. Para llegar al final se ha superado una serie de hitos, los cuales son de vital importancia.

Los hitos marcan las decisiones que se han de tomar como ingeniero dedicado al sector. En función de las necesidades de las instancias se optará por sistema o por otro. Para seleccionar el sistema más adecuado a los requerimientos de la nave, se ha de tener conocimiento de todos los sistemas existentes.

En el caso de las oficinas, se ha elegido un sistema VRV dado a la versatilidad que tiene. Este sistema nos ayuda a climatizar las estancias por separado, dado a que la válvula de expansión se encuentra en la entrada de la máquina interior. Tiene la ventaja de poder recuperar el calor extraído de las zonas y aprovecharlo en otras instancias. Además, el sistema de control proporcional junto con la tecnología Inverter llevas a que nuestra instalación se muy eficiente y reduce la contaminación. Por último, este sistema cumple con toda la normativa vigente respecto a clima. Respetando emisiones, aprovechando calor al máximo, recirculando el aire de las instancias.

Por otra parte, el almacén de la nave farmacéutica está formado por 3 alturas. Estas no recorren toda la superficie útil, como se puede ver en los planos. Para climatizar grandes extensiones a la misma temperatura es ideal el uso de las maquinas Roof Top. Son máquinas todo en uno, facilitando mucho el trabajo. Se encargan de impulsar grandes caudales de aire tratado a través de conductos de chapa o pantalones. Si lo comparamos al sistema VRV, requerimos de unidades interiores, sujeciones, conductos ... encareciendo la obra y llegando al mismo resultado.

Dado que es un proyecto académico, no se ha tenido en consideración marcas ni modelos más económicos. Pero si se ha desarrollado el documento de mediciones y presupuesto.

Los hitos propuestos se han cumplido satisfactoriamente, los sistemas diseñados se han instalado en su totalidad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

[1]W. William C y J. Willilam M, *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*, vol. 4. ESPAÑA: Paraninfo Thomson Learning, 2000. Accedido: ago. 27, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.elaireacondicionado.com/libros/tecnologia-de-la-refrigeracion-y-aire-acondicionado-vol4>

[2]CARRIER, Ed., *AIRE ACONDICIONADO*. Marcombo, 2017. Accedido: ago. 10, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.marcombo.com/manual-de-aire-acondicionado-carrier-9788426723819/>

[3]AIRDALE SERVICES, «Equipo autónomo», 2021. Accedido: ago. 22, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.airdaleservices.com.au/products>

[4]Reinaldo Ariza, «Irreversible», 2016. Accedido: sep. 01, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://dokumen.tips/engineering/refrigeracion-por-absorcion-de-amoniaco-y-por-bromuro-de-litio.html>

[5]Nick Connor, «Reversibles», 2020. Accedido: sep. 05, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.thermal-engineering.org/de/was-ist-heizung-und-klimaanlage-definition/>

[6]Selectra, «Ciclo Bomba de Calor», 2021. Accedido: sep. 07, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/climatizacion>

[7]Ramasubramanian S, «Equipo compacto», 2017. Accedido: sep. 07, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://contest.techbriefs.com/2017/entries/sustainable-technologies/8026>

[8]CARRIER, «Enfriadora de agua condensada por agua», 2021. Accedido: ago. 22, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.archiexpo.es/prod/carrier-commercial/product-49317-2141617.html>

[9]CARRIER, «Enfriadoras de aire condensadas por aire», 2021. Accedido: sep. 07, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://www.enfriadoras.com/condensacion-por-aire>

[10]J. Parcerisa, «Sistemas VRV para el acondicionamiento del aire», *Revista Técnica Industrial*, ESPAÑA, Informe N° 246 *Revista Técnica Industrial.*, 2009. Accedido: ago. 27, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnicaindustrial.es/sistemas-vrv-para-el-acondicionamiento-del-ai/>

[11] Jañez, Nestor Navarro, «Sistema vrv», 2016. Accedido: sep. 07, 2021. [En línea]. Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21412/Mem%C3%B2ria.pdf>

[12] Intensity, «VRV», 2016. Accedido: sep. 07, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.intensity.mx/en/file/sistema-vrfpng>

[13] Támer E. Kamal Lopéz, «Diseño de un sistema de climatización para el control de las condiciones ambientales en una galería de arte.», UPV, Valencia, España, Académico Proyecto Final de Grado, 2018 2017. Accedido: ago. 01, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112393/Kamal%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20sistema%20de%20climatizaci%C3%B3n%20para%20el%20control%20de%20las%20condiciones%20ambientales%20en%20u....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[14] Contaval, «CONTROL OFF ON», 2017. Accedido: sep. 05, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.contaval.es/regulacion-onoff/>

[15] DAIKIN, «Fluctuaciones tecnología Inverter y sistema convencional», 2017. Accedido: sep. 05, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://daikinlatam.com/es/rentabilidad/>

[16] ATECYR, Ed., *Cálculo de conductos*. ESPAÑA: ATECYR, 2014. Accedido: ago. 21, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.atecyr.org/publicaciones/es/dtie-digitales/53-dtie-501-calculo-de-conductos.html>

[17] ATECYR, Ed., *Criterio de cálculo y diseño de tuberías en la edificación*, Reedición. ESPAÑA: ATECYR, 2019. Accedido: ago. 20, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.atecyr.org/publicaciones/es/manuales/77-fundamentos-de-climatizacion.html>

[18] ATECYR, *Recuperación de energía en sistemas de climatización*. ESPAÑA: ATECYR, 2015. Accedido: ago. 25, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.atecyr.org/publicaciones/es/dtie-digitales/59-dtie-801-recuperacion-de-energia-en-sistemas-de-climatizacion.html>

[19] J. M. MARTÍNEZ MASA, «Proyecto Climatización de un edificio de oficinas en Zaragoza», UNIZAR, Zaragoza, España, Académico Proyecto Final de Grado, 2015. Accedido: ago. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://zagan.unizar.es/record/6314/files/TAZ-PFC-2011-479.pdf>

[20] J. LÓPEZ, «Diseño y cálculo de la climatización de una vivienda unifamiliar mediante energía geotérmica», UJA, JAÉN, ESPAÑA, Académico Proyecto Final de Grado, 2014. Accedido: ago. 17, 2021. [En línea]. Disponible en:



<http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/1788/2/TFG-L%C3%B3pez-L%C3%B3pez-Juan.pdf>

[21]ATECYR, Ed., *Fundamentos de Climatización*. Madrid, España: ATECYR, 2019. Accedido: jul. 15, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.atecyr.org/publicaciones/es/manuales/77-fundamentos-de-climatizacion.html>

[22]ISOVER Saint Gobain, *Manual de Conductos CLIMAVER*, vol. 1. ESPAÑA: Isover, 2016. Accedido: ago. 26, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/08\\_manual\\_conductos.pdf](https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/08_manual_conductos.pdf)

## Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	109	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	209	páginas
<input type="checkbox"/> Planos	16	páginas

La Almunia, a 23 de noviembre de 2021



Firmado: JAIRO ALEXANDER OÑA TOCUMBE