



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Jon Biurrún Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

MEMORIA

Jon Biurrun Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

### ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. CONDICIONES .....</b>	<b>5</b>
3.1. CONDICIONES EXTERIORES.....	5
<b>4. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS .....</b>	<b>6</b>
<b>5. CONDICIONES DE USO .....</b>	<b>8</b>
<b>6. CALCULOS DE CARGAS TERMICAS .....</b>	<b>9</b>
<b>7. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE CALEFACCION</b>	
<b>    Y CLIMATIZACION.....</b>	<b>10</b>
7.1. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCION .....	10
7.1.1. Por el grado de concentración .....	11
7.1.2. Según el tipo de energía .....	12
7.1.3. En función del fluido portador de calor .....	13
7.1.4. Por el tipo de aparato generador de calor .....	15
<b>8. SOLUCION ADOPTADA.....</b>	<b>16</b>
8.1. PRIMERA PLANTA.....	16
8.1.1. Descripción del sistema elegido.....	16
8.1.2. Centrales de producción de frío y calor .....	17
8.1.3. Redes de distribución de agua.....	18
8.1.4. Elementos de renovación de aire y ventilación.....	19
8.1.5. Redes de conductos .....	20
8.1.6. Unidades terminales .....	20
8.1.7. Diseño de las bombas.....	21
8.1.8. Diseño de elementos auxiliares.....	21
8.2. NAVE .....	22
8.2.1. Descripción del sistema elegido.....	22
8.2.2. Centrales de producción de frío y calor .....	23
8.2.3. Elementos de renovación de aire y ventilación.....	23
8.2.4. Redes de conductos .....	24
8.2.5. Unidades terminales .....	25

<b>9. JUSTIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE .....</b>	<b>26</b>
9.1. CALIDAD TERMICA. CONDICIONES DE DISEÑO .....	26
9.2. EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AMBIENTE ACUSTICO .....	26
<b>10. JUSTIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGETICA .....</b>	<b>27</b>
10.1. GENERACION DE CALOR Y FRIO .....	27
10.2. REDES DE TUBERIAS Y CONDUCTOS .....	27
10.2.1. Aislamiento térmico de tuberías.....	27
10.2.2. Aislamiento térmico en conductos .....	29
10.3. CONTROL DE LAS INTALACIONES .....	29

## 1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto la descripción y justificación técnica y normativa de la instalación de climatización y calefacción diseñada para una nave industrial, situada en el Polígono Industrial “La Nava” en Olite (Navarra).

La finalidad de la instalación de climatización y calefacción es lograr una temperatura artificial en el interior de un recinto cerrado que sea más elevada que la temperatura exterior en invierno y más baja que la temperatura exterior en verano. En definitiva, buscar el confort en la instalación.

Para ello debemos calcular las cargas que producen el desequilibrio energético del edificio que queremos climatizar.

Una vez averiguado qué perturba y cuando el nivel energético, hay que aportar unas cargas en sentido contrario a las que producen el desnivel. Para ello debemos tener la información necesaria para planificar los sistemas de distribución de aire y agua. Luego, se elegirá el equipo necesario para satisfacer la demanda de carga necesaria.

Existen tres métodos de transmisión de calor:

- **Conducción:** Es la transferencia de calor a través de un cuerpo sólido llamado conductor. Tiene lugar cuando se ponen en contacto dos objetos a diferentes temperaturas. El calor fluye desde el objeto que está a mayor temperatura hasta el que la tiene menor. La conducción continúa hasta que los dos objetos alcanzan la misma temperatura (equilibrio térmico). Los metales son buenos conductores de calor.
- **Convección:** Es el calor que se transmite por mediación de un fluido: líquido o gas. Las corrientes son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.
- **Radiación:** Es la transmisión de calor a través de sustancias intermedias, sin calentar éstas. Es un método de transferencia de calor que no precisa de contacto entre la fuente de calor y el receptor. El calor transmitido por los rayos solares no calienta el aire a través del cual pasan dichos rayos, sino que ejerce su acción sobre los objetos que aquellos encuentran a su camino, los cuales absorben dicho calor.

Las formas de desprendimiento de calor se dividen en dos:

- **Calor latente:** Es el que se elimina en forma de humedad. Dicho de otra forma, es la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de un cuerpo sin alterar su temperatura.
- **Calor sensible:** Es el calor evidente al tacto. Este calor hace aumentar la temperatura.

El estudio de la situación que padece la nave la vamos a dividir en dos épocas: invierno y verano.

## 2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO

El edificio se sitúa en el Polígono Industrial “La Nava”, dentro del término municipal de Olite (Navarra). Se encuentra entre las localidades de Tafalla y Olite.

La nave que se va a acondicionar térmicamente es una nave rectangular cuya finalidad es la exposición y diseño de muebles, cocinas y demás mobiliario doméstico. La nave consta de planta baja y de planta primera. La planta baja se compone de dos partes: una donde se encuentra la exposición de mobiliario, y la otra de un almacén, en donde se encuentra la sala de calderas. También dispone de aseos y un cuarto de limpieza. La planta baja y la planta primera están comunicadas por unas escaleras. La planta primera estará destinada para las oficinas de diseño, los despachos y la sala de reuniones, y dispondrá de vestuarios para los operarios.

La nave es un edificio aislado, sin locales adosados, con fachadas en contacto con el exterior en todas sus direcciones.

Las superficies útiles de la nave industrial son las que se detallan a continuación:

### Planta Baja:

ESPACIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Zona de exposiciones	1441,30
Aseos	20,18
Cuarto de limpieza	7,93
Almacén	307,93
Sala de calderas	30,41
Superficie total	1807,75

### Planta Primera:

ESPACIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Vestuario masculino	17,96
Vestuario femenino	17,96
Oficina 1	10,31
Oficina 2	10,40
Oficina 3	10,40
Oficina 4	10,31
Oficina 5	10,40
Despacho 1	20,00
Despacho 2	20,00
Despacho 3	20,00
Sala de reuniones	64,54
Superficie total	364,62

El horario de apertura al público de la nave es de unas 8 horas diarias, en días laborables de lunes a viernes. Sin embargo, el horario de trabajo es mayor, de unas 11 horas diarias.

El número de trabajadores en la nave es de 16 personas.

## 3. CONDICIONES

A la hora de determinar el calor que debemos evacuar de nuestro edificio, debemos tener en cuenta las condiciones interiores y exteriores de éste. Hay que cuidar los saltos bruscos ya que pueden ser peligrosos para las personas que habitan en el edificio. En cuanto a las humedades, no debemos consumir demasiada energía para bajarla en verano y subirla en invierno, por eso en verano la humedad relativa no debe ser superior a 55%, mientras que en invierno no debe ser inferior al 30%.

### 3.1. Condiciones exteriores

Las condiciones exteriores de cálculo se fijarán según la ITE 03.3, que nos remite a las tablas climáticas de la norma UNE 100001-85 sobre condiciones para proyectos.

La elección de las condiciones exteriores se hará en base al criterio de niveles percentiles como se indica en la norma ITE 02.3 Para la elección de los niveles percentiles aplicaremos las indicaciones de la norma UNE 100014-84.

Las condiciones exteriores dependen de la situación geográfica que estamos estudiando, altura sobre el nivel del mar, etc. En nuestro caso corresponde a la localidad de Olite, y es la siguiente:

- Longitud: 1° 39' oeste
- Latitud: 42° 28' norte
- Altitud: 405 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones para el cálculo de refrigeración, para las 15 horas solares de un día del mes de Julio, y que no han sido excedidas en más de un 90% de las horas totales de los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, son las siguientes:

- Temperatura exterior: 33 °C
- Temperatura de locales no climatizados: 28 °C
- Temperatura del terreno: 6 °C

Las condiciones para el cálculo de calefacción, que cubren el 90% de las horas totales de los meses de Diciembre, Enero y Febrero en la localidad de la obra son:

- Temperatura exterior: - 5 °C
- Temperatura de locales no climatizados: 8 °C
- Temperatura del terreno: 6 °C

#### 4. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

En este apartado se dan la composición de los distintos cerramientos de que se compondrá nuestra nave. Estos datos son de gran importancia para obtener de nuestro sistema de climatización un buen rendimiento. Así una vez conocidos estos elementos, calcularemos los Coeficientes de Transmisión Térmica de los cerramientos, U, utilizando la DB-HE1. Estos cálculos aparecen en el documento de “cálculos” de este proyecto.

La composición de los distintos cerramientos es la siguiente:

- Fachada:
  - Hormigón armado
  - Cámara de aire
  - Poliestireno expandido
  - Fábrica de ladrillo hueco sencillo
  - Enlucido de yeso
  
- Tabiques interiores:
  - Enlucido de yeso
  - Fábrica de ladrillo hueco doble
  - Enlucido de yeso
  
- Forjado piso oficinas
  - Baldosa cerámica-porcelana
  - Mortero de cemento
  - Recrecido de gravilla
  - Fábrica de bloque de hormigón convencional
  - Enlucido de yeso
  
- Separación almacén-nave
  - Mortero de cemento
  - Fábrica de bloque de hormigón convencional
  - Poliestireno expandido
  - Fábrica de ladrillo hueco doble
  - Enlucido de yeso

Los coeficientes de transmisión térmica (U) calculados, para los cerramientos tratados son los siguientes:

CERRAMIENTO	U (W/m <sup>2</sup> K)
Fachada	0,6164
Tabiques interiores	1,2711
Forjado piso oficinas	2,1313
Separación almacén-nave	0,5667
Cubierta	0,490
Solera	1,920
Puerta de acceso a la nave	4,50
Puerta de entrada de muebles	5,70
Puerta de “salida de emergencia”	5,70
Puertas aseos, oficinas, despachos	2,00
Puertas almacén y sala de calderas	5,70
Ventanas	3,50

## 5. CONDICIONANTES DE USO

- **Orientación:** La situación del edificio es importante para la realización de los cálculos, ya que durante el cálculo de la carga térmica de calefacción, se usa el coeficiente de orientación, que es un factor adimensional empleado para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros.
- **Alumbrado:** El nivel de iluminación promedio considerado en los espacios a climatizar es de 25 W/m<sup>2</sup>.
- **Ocupación:** La ocupación y actividad desarrollada en el interior del edificio nos influirá a la hora del cálculo de las cargas, ya que el cuerpo humano desprende calor, tanto en forma latente como sensible. Por lo tanto dependiendo de la actividad y número de personas que tengamos en los diferentes locales influirá más o menos a la hora de la climatización. El número de personas influye a la hora de introducir el aire de ventilación para que sea correcta. La actividad o trabajo que desarrolla el individuo generará mayor o menos aporte de calor al ambiente, que se ha de combatir con nuestros equipos de climatización.

- **Equipos utilizados:** Los locales podrán disponer de diversos equipos como ordenadores, impresoras, etc. que aportarán cargas extras al edificio.

## 6. CALCULO DE CARGAS TERMICAS

Las cargas térmicas se han calculado local a local, calculando por separado las de calefacción y las de refrigeración.

Los resultados se exponen a continuación, y los cálculos en la parte de cálculos:

- **Resumen carga térmica de calefacción**

CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL NAVE: **194,381 KW**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACCION TOTAL PLANTA PRIMERA: **24,667 KW**

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	Carga térmica (W)
Oficina 1	10,31	1341,034
Oficina 2	10,40	1243,253
Oficina 3	10,40	1490,453
Oficina 4	10,31	1188,352
Oficina 5	10,40	1329,770
Despacho 1	20,00	1440,760
Despacho 2	20,00	1440,760
Despacho 3	20,00	1440,760
Sala de reuniones	64,56	7060,238
Vestuario masculino	17,96	3268,511
Vestuario femenino	17,96	3423,030

**Suma = 24666,921 W**

- Resumen carga térmica de refrigeración

CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACION TOTAL NAVE: **172,523 KW**

CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACION TOTAL PLANTA PRIMERA: **29,812 KW**

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	Carga térmica (W)
Oficina 1	10,31	1955,495
Oficina 2	10,40	1928,294
Oficina 3	10,40	2004,356
Oficina 4	10,31	1906,055
Oficina 5	10,40	1954,916
Despacho 1	20,00	2306,186
Despacho 2	20,00	2306,186
Despacho 3	20,00	2306,186
Sala de reuniones	64,56	6950,591
Vestuario masculino	17,96	3073,093
Vestuario femenino	17,96	3120,637

**Suma = 29811,995 W**

## 7. ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE CALEFACCION Y CLIMATIZACION

Antes de elegir un sistema de calefacción para nuestro proyecto, exponemos los distintos tipos de sistemas de calefacción.

### 7.1. Clasificación de los sistemas de calefacción

Hay muchas formas de clasificar los sistemas de calefacción. Una forma puede ser la siguiente:

- Por el grado de concentración
- Según el tipo de energía
- En función del fluido portador de calor
- Por el tipo de aparato generador de calor

### 7.1.1. Por el grado de concentración

Por el grado de concentración puede ser:

- **Unitaria:** es aquella en la que el calor se emite desde un aparato que calienta total o parcialmente el recinto.
- **Individual:** la producción de calor se lleva a cabo por varios aparatos a diferentes locales pero que corresponden a una única unidad de consumo.
- **Centralizada o colectiva:** aquella que dispone de una fuente calorífica común para todo un edificio y mediante una instalación adecuada se reparte el calor por todas las dependencias y es transportado por medio de un fluido.
- **Urbana:** aquella en la que la central térmica se separa del edificio, ya que rebasa los límites del mismo, y es ubicada en sus proximidades, pero como edificación totalmente independiente de aquellas otras que habían de recibir calor.

Desde el punto de vista general de un edificio, los sistemas colectivos son siempre mejores que los individuales; el sistema colectivo concentra toda la problemática y las servidumbres de los sistemas de calefacción en un solo punto, resolviendo su situación, disposición y funcionamiento de una forma más racional, para el propio edificio (situación de la caldera, evacuación de humos, distribución, etc.), mientras que en los sistemas individuales se reparte toda esa problemática en muchos puntos, con lo que se multiplican las dificultades, también se produce un uso de la energía mayor con menor aprovechamiento de los recursos energéticos.

El calentamiento del edificio con un sistema colectivo es uniforme y por igual, actuando como un único cuerpo caliente, mientras que los sistemas individuales, su calentamiento no es por igual.

La utilización actual de los combustibles gaseosos, ha permitido la proliferación en los últimos años de los sistemas individuales, con la única ventaja por parte del usuario de poder utilizar su instalación de calefacción a su voluntad, pasando de ser una instalación de usos generales del edificio a ser una instalación individual privada para cada vivienda.

### 7.1.2. Según el tipo de energía

Según este criterio los sistemas se clasifican de la siguiente manera:

- **Calefacción termodinámica**

Este tipo de calefacción se centra en una bomba de calor. Consiste en un sistema de bombeo por energía, desde el exterior al interior del edificio a caldear, con una bomba (aire-aire) tomando la energía de un nivel térmico inferior (aire exterior) al utilizado en la calefacción interior del local a calefactar (aire interior).

El equipo consiste básicamente en un compresor (movido por un motor eléctrico) un condensador y un evaporador, constituyendo un equipo productor de frío con un líquido frigorífero que cambia el estado y que circula por la acción del compresor, desde el condensador al evaporador y viceversa.

- **Calefacción eléctrica**

Corresponde a todos aquellos sistemas de calefacción que utilizan la disipación de la energía eléctrica mediante el efecto Joule como fuente de calor. Se conoce como efecto Joule el fenómeno de que una corriente eléctrica, al pasar por una resistencia, desprende calor. Se distinguen dos grandes sistemas: calefacción directa, mediante estufas, calentadores etc., y la calefacción por acumulación, mediante acumuladores.

- **Calefacción por energía solar**

En esta clase de instalaciones se hace uso de la radiación electromagnética que procede del sol y que, mediante conversión foto térmica, se transforma en energía térmica que almacena un fluido (agua generalmente).

- **Calefacción convencional**

Los sistemas de calefacción convencional son los que emplean como fuente energética el calor de combustión de un combustible orgánico sólido, líquido o gaseoso. Es el tipo de calefacción más utilizado.

Según el combustible que se quema, los sistemas o instalaciones de calefacción convencional son los siguientes:

- Calefacción de gasoil
- Calefacción de gas natural
- Calefacción de gases manufacturados

### 7.1.3. En función del fluido portador de calor

Según el tipo de fluido encargado de aportar el calor los sistemas se dividen en:

- **Calefacción por aire caliente**

En el campo industrial se utilizan generadores de aire caliente independientes, que impulsan el aire a lo largo y ancho de la nave, aunque a veces también se utiliza una red de distribución de conductos de aire.

En el campo de confort se trata el aire en un equipo que dispone de un intercambiador alimentado por agua o vapor, donde se calienta el aire. Este se distribuye por una red de conductos.

La calefacción por aire caliente es poco apropiada para el calentamiento de edificios de oficinas, ya que requiere una red de canalizaciones, larga, voluminosa y compleja, que es por lo general cara y difícil de conseguir, por razones de espacio fundamentalmente.

Por el contrario, este tipo de calefacción tiene una gran aplicación en locales grandes (talleres, naves, auditorios, iglesias, etc.) obteniendo en estos casos un rápido calentamiento del local y un costo inicial relativamente bajo.

Las ventajas son:

- Corto periodo de encendido y puesta en marcha
- Apta para servicios discontinuos
- Regulación sencilla
- Ausencia de superficies de regulación
- Bajo costo inicial de calefacción

Los inconvenientes:

- Necesidad de gran volumen por la red de conductos
- Mayor complejidad del cálculo de la instalación
- Falta de uniformidad en el reparto de la temperatura
- Incidencia directa del aire, puede llegar a molestar

- **Calefacción por vapor**

La red de circulación lleva por las tuberías vapor de agua a presión generado en la caldera, hasta los elementos denominados intercambiadores, que por lo general son radiadores empleando un ventilador para acelerar la circulación y finalmente el agua condensada que resulta es devuelta de nuevo a la caldera en donde comenzará otra vez el ciclo.

Donde tiene una mayor aceptación es en instalaciones de locales de uno intermitente, logrando llegar rápidamente al ritmo normal de funcionamiento, tales como para escuelas, iglesias, talleres, etc.

Las ventajas son:

- Elevada entalpía que contiene el vapor de agua, resultando un fluido calorífico muy eficaz.
- Rápido aumento de la temperatura.
- Radiadores y tuberías más pequeños

Los inconvenientes:

- Mala regulación a nivel central (caldera), ya que es más fácil regular temperaturas que cantidades de calor.
- Alta temperatura de las superficies de calefacción, que puede influir en las condiciones higiénicas del local.
- Necesidad de mayor altura en sala de calderas.

- **Calefacción por agua**

Es el sistema más utilizado y preferido para edificios medianos, presentando como ventajas fundamentales su sencillez de funcionamiento, su gran seguridad y su fácil regulación térmica, mediante la variación de la temperatura de la caldera.

La disposición de la instalación establece dos sistemas diferenciados: instalación abierta e instalación cerrada.

La calefacción abierta es aquella en que la instalación está comunicada con la atmósfera, por su parte superior (depósito de expansión), alcanzando una temperatura máxima en el agua, de unos 90-95 °C, admitiendo que en los retornos alcanza unos 70 °C de temperatura media.

Por el contrario, la instalación cerrada, es aquella en la que el agua no está en comunicación con la atmósfera. Puede alcanzar temperaturas por encima de los 100 °C, y mantiene una determinada presión interior, teniendo un rendimiento térmico superior, denominándose calefacción por agua sobrecalentada. Para su funcionamiento precisa calderas presurizadas.

#### 7.1.4. Por el tipo de aparato generador de calor

Por este concepto las instalaciones se clasifican en:

- **Instalaciones de radiadores**

Es, sin lugar a dudas, la superficie de calefacción más utilizada, aunque solamente emite un 20% aproximadamente de su calor por radiación y el resto básicamente por convección, por ello como mejor trabaja es aislado y libre. Su concepción es a base de elementos y columnas que definen su longitud y profundidad.

- **Instalaciones de convectores**

El convector cede todo su calor por convección al aire que se hace circular a través de sus superficies calientes (serpentes, placas, radiadores o tubos) dándole forma a su cubrición para canalizar el aire del local y hacerle pasar forzosamente a través del foco de calor de una forma natural (convección natural) o forzada (convección forzada).

- **Instalación de fan-coils (ventilador y serpentín)**

El fan-coil es un serpentín formando un radiador (batería) por cuyo interior circula el agua de la calefacción, y lleva incorporado un ventilador eléctrico que fuerza a pasar el aire recirculado de la habitación a caldear a través del citado radiador o batería robándole su calor.

- **Instalaciones de aerotermos**

Estos emisores de calor, también denominados unitermos, consisten en una batería de tubos de cobre con aletas y un ventilador helicoidal colocado detrás de la batería, emitiendo una corriente de aire que se calienta al pasar por la batería, impulsándola a salir a través de unas persianas orientables en su frente, produciendo el movimiento del aire del local.

Los aerotermos emiten una gran cantidad de calor por unidad de volumen de aire, estando orientada su instalación al calentamiento industrial de naves y talleres. Tienen un fuerte nivel sonoro debido al ventilador y por ello no es idóneo para calefacciones de edificios de elevado confort.

- **Instalaciones de paneles radiantes**

Los paneles son placas huecas de muy poco espesor, por cuyo interior circula el fluido calefactor, presentando una gran superficie de cesión del calor por radiación, y también parte por convección del aire que circula entre las placas y la pared.

- **Instalaciones de tubos de aletas**

Los tubos de aletas son tubos de hierro fundido o de acero rodeados de unas aletas metálicas se sección disminuyente hacia el exterior, que se calientan en su contacto con el tubo y ceden calor al aire por convección y radiación. Se suelen combinar en una o varias filas y su utilización más corriente es en grandes locales.

Su mayor inconveniente es que precisan de una limpieza periódica, para evitar que las aletas queden atascadas con suciedades y el aire no circule bien entre ellas, bajando su rendimiento.

## 8. SOLUCION ADOPTADA

El sistema está elegido en función de las características constructivas del edificio, de su uso y de su capacidad de adaptación a las necesidades térmicas y a la normativa vigente.

### 8.1. Primera planta

#### 8.1.1. Descripción del sistema elegido

Dadas las características y uso de los locales, la instalación de climatización de la primera planta va a utilizar una enfriadora y una caldera para la alimentación de las unidades ventilo-convectoras, que serán fan-coils de tipo cassette a cuatro tubos. Esto quiere decir que el sistema puede funcionar en régimen de refrigeración o en régimen de calefacción simultáneamente, adaptándose en todo momento a las necesidades de cada local. Cada local dispone de uno o dos fan-coils de tipo cassette de cuatro vías de diferentes tamaños, dependiendo de la carga térmica necesaria en el local.

Tanto la caldera como la enfriadora se encuentran situadas en la sala de calderas situada dentro del almacén, en la planta baja de la nave.

El sistema se fundamenta en una generación de agua fría en la enfriadora, y de agua caliente en la caldera, que alimentan a los fan-coils. Este sistema proporciona un tratamiento individualizado de cada local, manteniendo las condiciones de confort mediante control de temperatura en los diferentes locales de forma totalmente independiente.

Toda la distribución de tubería para transportar el fluido caloportador, en ese caso agua, se ejecuta en acero negro DIN-2440, unido mediante accesorios y soldadura. El agua será impulsada por las tuberías a través de una bomba.

Antes de la entrada del agua a la caldera y a la enfriadora, se colocará un circuito con un depósito acumulador, un vaso de expansión y la bomba, además de filtros, antivibratorios, válvulas y demás elementos de seguridad e higiene. Este circuito se puede apreciar detallado en uno de los planos adjuntos al proyecto.

Para la regeneración del aire debemos prever un caudal de ventilación, que estará determinado por las dimensiones y por el número de ocupantes en el local. Se ha considerado la norma UNE 100-011 para el cálculo del caudal de aire de ventilación. El caudal de aire que sea necesario para cada local de la primera planta viene adjunto en la parte de cálculos.

La ventilación de los locales es generada por un climatizador de aire, ubicado en la cubierta. Impulsa aire exterior tratado y filtrado a los fan-coils, que están distribuidos por los diferentes locales. El aire viciado se extrae a través de rejillas ubicadas en los propios locales.

El aire de ventilación se distribuye a través de conductos rectangulares de aire hasta cada fan-coil. En estos conductos hay diferentes reguladores de caudal para garantizar los caudales de aporte de diseño. La extracción del aire viciado se lleva a cabo desde el propio local, mediante rejillas de retorno, hasta el climatizador antes mencionado.

### 8.1.2. Centrales de producción de frío y calor

Como se ha comentado anteriormente, en la primera planta se emplea una caldera, para la producción de agua caliente, y una enfriadora para la de agua fría. Estas dos máquinas se encuentran situadas en la sala de calderas, dentro del almacén de la planta baja de la nave.

La caldera es de la marca HOVAL, y las características más importantes son:

- Modelo: TopGas 35
- Potencia nominal(con gas natural y agua a 80/60 °C): 5,8 – 32 KW
- Potencia nominal(con gas natural y agua a 40/30 °C): 6,5 – 35,5 KW
- Presión de trabajo máxima/mínima: 3,0/1,0 bar
- Temperatura máxima de servicio: 85 °C
- Contenido en agua:4,5 l
- Rendimiento 40/30 °C: 109,1 %
- Rendimiento 75/60 °C: 106,1 %
- Pérdidas de mantenimiento a 70 °C: 95 W
- Emisiones:
  - Nitrógeno: 30,0 mg/kWh
  - CO: 9,0 mg/kWh
- Dimensiones: 920 \* 650 \* 465 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 83 kg

La enfriadora es de la marca CARRIER, y sus características más importantes son:

- Modelo: 30RA-033
- Potencia frigorífica: 31 kw (con agua a 7/12 °C y ambiente exterior a 35 °C)
- Tipo de compresor: Scroll
- Refrigerante: R407C
- Número de compresores: 1
- Potencia sonora: 78 dB(A)
- Presión sonora: 50 dB(A) a 10 metros de distancia
- Consumo: 13,30 KW
- Dimensiones: 1667,5 \* 518 \* 1503 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 315 kg

### 8.1.3. Redes de distribución de agua

La red general y colectores se montará con tuberías de acero negro DIN-2440, unido mediante accesorios y soldadura. En función de los caudales obtenidos y de las pérdidas de carga (que serán inferiores a 400 Pa/m en tramos rectos) se obtienen los diámetros de las tuberías a instalar y las velocidades del agua en estas tuberías, que no serán superiores a 1,5 m/s con el fin de mantener un nivel sonoro adecuado y una longevidad máxima de la instalación. Todo el dimensionado de la red de tuberías puede apreciarse en el apartado de cálculos de este proyecto.

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 para un aislamiento mínimo con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 kcal/ (h m °C).

Se realizará el trazado de la red de tuberías a lo largo de la instalación, siendo una red para el caudal de impulsión y otra para el retorno tanto para agua fría como para agua caliente, por eso decimos que es una instalación a cuatro tubos. Bastará con dimensionar una de ellas (la tubería de impulsión), puesto que la de retorno es igual. Se llegará así al resultado final multiplicando por dos el circuito de impulsión

Todos los circuitos de agua llevarán intercalados sus correspondientes filtros y están de acuerdo a los diámetros de las tuberías y conforme a la normativa vigente.

Cálculo de la pérdida de carga: Es la suma de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas secundarias. Las pérdidas por metro lineal se producen porque el agua circula generalmente en régimen turbulento, de forma que en los tramos rectos hay una pérdida de presión, que es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad, a la longitud del tramo y a la rugosidad de las paredes del tubo, e inversamente proporcional al diámetro. Las pérdidas secundarias son las que se producen en los codos, curvas, estrechamientos y válvulas, que dependen de las características del elemento y de la velocidad del agua

#### 8.1.4. Elementos de renovación de aire y ventilación

Como se ha comentado anteriormente, la renovación de aire y ventilación de los locales se lleva a cabo mediante una inyección de aire exterior, gracias a un climatizador que se encuentra en la cubierta de la nave.

El climatizador es de la marca TROX, y sus características más importantes son:

- Modelo: TBSN – S9
- Filas en la batería de frío: 4
- Filas en la batería de calor: 2
- Potencia frigorífica máxima: 3352 kcal/h
- Potencia calorífica máxima: 9694 kcal/h
- Medidas (ancho\*alto\*largo): 750mm \* 325mm \* 1350mm
- Peso: 100 kg

### 8.1.5. Redes de conductos

Desde el climatizador, la impulsión del aire se realizará en baja velocidad, mediante conductos rectangulares contruidos en chapa de acero. Estos conductos serán de diferentes tamaños según las necesidades, y discurrirán por los lugares indicados en los planos adjuntos a este proyecto.

La instalación consta de dos tipos de conductos:

- Impulsión: los conductos de impulsión llevan aire del climatizador hasta los fan-coils.
- Retorno: los conductos de retorno extraen aire usado desde los locales que estamos climatizando mediante rejillas.

El cálculo de tamaños de conductos, tanto en impulsión como de retorno, se ha basado en las condiciones de velocidad y pérdida de carga exigidas en la Norma UNE 100-102-88.

Las velocidades de aire en los conductos están comprendidas entre 2,4 y 4,8 m/s.

En los conductos de impulsión y retorno más importantes, se colocarán reguladores de caudal constante de la marca TROX, serie VMR, de los tamaños 100 y 125.

También se colocarán compuertas cortafuego, una al inicio del circuito de impulsión y otra al inicio del de retorno, de la marca TROX, serie FKA-3 y tamaño 250\*200 mm.

### 8.1.6. Unidades terminales

Se van a colocar fan-coils de tipo cassette de cuatro tubos, de la marca CARRIER. Los fan-coils de cuatro tubos dotan a las instalaciones de una mayor versatilidad al poder satisfacer tanto las necesidades de calefacción como las de refrigeración, gracias a sus conductos tanto de agua fría como de caliente. El tamaño y el número de fan-coils por local depende de las necesidades de cada local.

Se va a colocar lo siguiente:

Local	Modelo fan-coil	Uds.	Prestaciones calor unidad (W)	Q <sub>c</sub> (l/h)	Prestaciones frío unidad (W)	Q <sub>f</sub> (l/h)
Oficina 1	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 2	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 3	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 4	42GW 004	1	1200	400	1896	326,036
Oficina 5	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 1	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 2	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 3	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Sala de reuniones	42GW 010	2	3440	3000	3948	678,898
Vestuario masculino	42GW 010	1	3390	2000	3948	678,898
Vestuario femenino	42GW 010	1	3440	3000	3948	678,898

Para el retorno del aire de los locales al climatizador, se utilizan rejillas la de la marca TROX, de la serie VAT, que están fabricadas de aluminio.

### 8.1.7. Diseño de las bombas

Se colocará una bomba antes de la entrada del agua a la caldera, y otra antes de la entrada del agua a la enfriadora.

Serán de la marca EBARA:

- Circuito de frío: modelo ELINE-D 40-160/0,55B.
- Circuito de calor: modelo ELINE-D 40-160/0,75A.

### 8.1.8. Diseño de elementos auxiliares

- Válvulas de corte: es un mecanismo que sirve para regular el flujo del agua. Se han elegido válvulas de bola. La bola perforada permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90°.

Se colocarán a la entrada de cada conducto de agua al fan-coil (agua fría y caliente) y a la entrada del agua en la caldera y en la enfriadora. El modelo elegido son válvulas de bola de la marca HARD, del modelo S-2000 2 vías, de acuerdo con el artículo del R.I.T.E 04.3.

El tamaño depende del diámetro del conducto, siendo del diámetro 3/8'' y 1/2'' para las correspondientes a los fan-coils, de diámetro 2'' para las de la enfriadora y de 2 1/2'' para las de la caldera.

- Antivibratorios: Se han diseñado y dimensionado de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 100156. Se colocan a la salida del agua de la caldera y de la enfriadora y a la entrada del agua en las bombas. Son de la marca SEDICAL, de diámetros 2'' (enfriadora) y 2 1/2'' (caldera).
- Filtros: se utilizan para la correcta limpieza del caudal del agua. Todas las bombas y válvulas deben protegerse por medio de filtros situados aguas arriba del elemento a proteger, según el artículo del R.I.T.E 02.8.7. En nuestro caso se colocan antes de la entrada del agua en las bombas. Se han elegido filtros de la marca BIDARTE, del tipo "Y" roscado y de diámetros de 2'' y 2 1/2''.

## 8.2. Nave

### 8.2.1. Descripción del sistema elegido

La instalación de climatización elegida está compuesta por una bomba de calor aire-aire "rooftop", que se encuentra situado en la cubierta de la nave. Los equipos "rooftop" tienen la ventaja de la ausencia de tuberías de agua y de refrigerante. Por tanto, el montaje de la instalación tiene únicamente conductos de aire. Estos conductos serán rectangulares. La bomba de calor distribuye el aire a través de una red de conductos dotada de toberas de largo alcance para su correcta impulsión a la nave. Estos conductos de impulsión se encuentran en los laterales de la nave.

El aire de retorno regresa a la bomba de calor por medio de rejillas que se encuentran en conducto de retorno. Este conducto se encuentra en la parte de arriba de la nave, en la zona central, como se puede apreciar en los planos de este proyecto.

Para la ventilación y renovación del aire viciado de la nave se utiliza un recuperador de calor, que se encuentra también en la cubierta de la nave. El aire de ventilación se distribuye a través de un conducto rectangular, situado en uno de los laterales de la nave. En el conducto hay rejillas de impulsión que es por donde sale el aire. La extracción de aire viciado se lleva a cabo de igual manera, a través de un conducto situado en el otro lateral de la nave, que dispone de rejillas de retorno que llevan el aire hasta el recuperador antes mencionado.

Para la ventilación de los aseos, situados en la zona del almacén de la planta baja, se colocará una caja de extracción, que por medio de una rejilla de intemperie expulsará aire al exterior. Cada uno de los WC tendrá colocado en el techo del aseo una boca de ventilación, que por medio de conductos circulares, conectará con la caja de extracción.

### 8.2.2. Centrales de producción de frío y calor

La central térmica utilizada en la climatización de la nave es una bomba de calor aire-aire “rooftop”. Esta máquina va a estar situada en la cubierta de la nave. Es de la marca SADINTER, y sus características más importantes son:

- Modelo: B-CAAE 170
- Capacidad frigorífica: 184 kw
- Capacidad calorífica: 202 kw
- Tipo de compresor: Hermético
- Refrigerante: R407C
- Número de compresores: 2
- Nivel sonoro: 70 dB
- Dimensiones: 1780 \* 2200 \* 6820 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 1780 kg

La unidad interior está compuesta por un ventilador centrífugo (36000 m<sup>3</sup>/h) y batería de evaporación.

### 8.2.3. Elementos de renovación de aire y ventilación

Como se ha comentado anteriormente, la renovación de aire y ventilación de la nave se lleva a cabo mediante un recuperador de calor. Este recuperador funciona mediante la combinación de dos ventiladores centrífugos de bajo nivel sonoro, donde uno de ellos realiza la extracción del aire viciado del interior de la nave hacia la calle, y el otro impulsa aire fresco del exterior hacia el interior de la nave.

El recuperador es de la marca MUNDOCLIMA, y sus características más importantes son:

- Modelo: G10
- Caudal de aire máximo: 10000 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura aire impulsión: 8,8 °C
- Temperatura aire extracción: 11,8 °C
- Pérdida de carga en impulsión: 126 Pa
- Pérdida de carga en extracción: 135 Pa

- Largo: 2750 mm
- Alto: 1900 mm
- Ancho: 1385 mm

En lo referente a la renovación y ventilación de los aseos de la planta baja, se utiliza una caja de extracción, de la marca SODECA. Sus características más importantes son:

- Modelo: SV/PLUS-125/H
- Velocidad: 2220 r/min
- Potencia: 0,08 KW
- Caudal máximo: 400 m<sup>3</sup>/h
- Peso: 7,2 kg
- Medidas (alto\*ancho\*largo): 222\*290\*370 mm

#### 8.2.4. Redes de conductos

- **Bomba de calor aire-aire “rooftop”:**

Desde el rooftop, que se encuentra situado en la cubierta, la impulsión y retorno del aire se realizará mediante conductos rectangulares contruidos en chapa de acero. Estos conductos serán de diferentes tamaños según las necesidades, y discurrirán por los lugares indicados en los planos adjuntos a este proyecto.

El cálculo de tamaños de conductos, tanto en impulsión como de retorno, se ha basado en las condiciones de velocidad y pérdida de carga exigidas en la Norma UNE 100-102-88.

Las velocidades de aire en los conductos de impulsión están comprendidas entre 5,1 y 12,5 m/s, y las del conducto de retorno entre 8 y 12,7 m/s.

- **Recuperador de aire:**

Desde el recuperador de aire, que se encuentra situado en la cubierta, la impulsión del aire se realizará mediante conductos rectangulares contruidos en chapa de acero. Estos conductos serán de diferentes tamaños según las necesidades, y discurrirán por los lugares indicados en los planos adjuntos a este proyecto.

El cálculo de tamaños de conductos, tanto en impulsión como de retorno, se ha basado en las condiciones de velocidad y pérdida de carga exigidas en la Norma UNE 100-102-88.

Las velocidades de aire en los conductos de impulsión y retorno están comprendidas entre 4,1 y 9,1 m/s.

- **Caja de extracción:**

La extracción del aire de los aseos se realizará mediante conductos circulares construidos en chapa de acero. Estos conductos serán de diferentes diámetros según las necesidades, y discurrirán por los lugares indicados en los planos adjuntos a este proyecto.

#### 8.2.5. Unidades terminales

En lo referente a la bomba de calor de aire-aire rooftop, al tratarse de una nave con una sala de exposición de grandes dimensiones la impulsión del aire se realiza mediante toberas de largo alcance. Se trata de toberas de la marca TROX, modelo DUE-R-250 con un alcance de 20 metros.

Para tomar el aire de retorno son las rejillas las encargadas. Se colocarán rejillas de la marca TROX, modelo TRS-K de 325\*1025 mm.

Respecto al recuperador de aire, como elementos de difusión, tanto de impulsión como de retorno, se van a colocar rejillas de la marca TROX, modelo TRS-K.

En los aseos de la nave, se van a colocar una boca de ventilación por WC. Serán de la marca TROX, modelo LVS-100.

## 9. JUSTIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

### 9.1. Calidad térmica. Condiciones de diseño (IT 1.1.4.1.)

Se han escogido las condiciones interiores de diseño en base a los siguientes parámetros:

- Actividad metabólica: 1,2 met
- Grado de vestimenta en verano: 0,5 clo
- Grado de vestimenta en invierno: 1 clo
- PPD: entre 10% y 15%

En base a esto, según IT 1.1.4.1.2.1. a), los valores de la temperatura operativa y la humedad relativa serán:

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

Escogiendo en nuestro caso como temperatura operativa 24 °C para verano y 21°C para invierno.

### 9.2. Exigencia de calidad del ambiente acústico (IT 1.1.4.4.)

La instalación cumplirá la exigencia del documento DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la edificación.

Las medidas de protección contra el ruido previstas son:

- Caldera y enfriadora:
  - Se instalarán sobre soportes antivibratorios.
  - Su unión a la red de tuberías se efectuará mediante manguitos antivibratorios.
- Climatizador:
  - Apoyo del climatizador sobre soportes antivibratorios.
  - Las uniones entre las distintas tomas del climatizador y los conductos se efectuará mediante lona antivibratoria.

- Bombas:
  - Su unión a la red de tuberías se efectuará mediante manguitos antivibratorios.

## **10. JUSTIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGETICA**

### **10.1. Generación de calor y frío (IT 1.2.4.1.)**

La potencia que suministren las unidades de producción de calor o frío que utilicen energías convencionales se ajustará a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

Cuando se interrumpa el funcionamiento de un generador, deberá interrumpirse también el funcionamiento de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo aquellos que, por razones de seguridad o explotación, lo requiriesen. Para ello, la circulación del agua por cada equipo está a cargo de bombas específicas que se detendrán cuando este quede fuera de servicio.

### **10.2. Redes de tuberías y conductos (IT 1.2.4.2.)**

#### **10.2.1. Aislamiento térmico de tuberías (IT 1.2.4.2.1.)**

Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran, o con una temperatura mayor que 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados.

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanqueidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

En toda instalación térmica por la que circules fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporta.

En el procedimiento simplificado, que es el que se va a utilizar en el proyecto, los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m °K) deben ser los indicados en las tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4, que se exponen a continuación.

**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
$D \leq 35$	30	20	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

**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
$D \leq 35$	50	40	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

**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...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

**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...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

### 10.2.2. Aislamiento térmico en conductos (IT 1.2.4.2.2.)

Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.

Las redes de retorno se aislarán cuando discurran por el exterior del edificio y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la de rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.

Cuando los conductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. Se prestará especial cuidado en la realización de la estanqueidad de las juntas al paso del agua de lluvia.

### 10.3. Control de las instalaciones

Todas las instalaciones térmicas estarán dotadas de los sistemas de control automáticos necesarios para que se puedan mantener en los locales las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.

El control y supervisión de edificios e instalaciones solo es posible con un sistema de gestión desde el que poder tener el control del edificio en una pantalla de ordenador. La automatización de las diferentes instalaciones y equipos harán que el edificio funcione de una forma óptima, obteniendo de él los resultados para los que fue proyectado y permitiendo una óptima explotación de la misma, extrayendo los datos necesarios para el análisis del funcionamiento.

TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

CÁLCULOS

Jon Biurrún Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULOS

### ÍNDICE

<b>1. BASES DE CÁLCULO .....</b>	<b>3</b>
1.1. DATOS DE PARTIDA .....	3
1.2. CONDICIONES EXTERIORES.....	3
1.3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	4
1.4. RÉGIMEN DE UTILIZACIÓN .....	4
<b>2. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA “U” DE LOS CERRAMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CERRAMIENTOS.....	4
2.2. CALIDAD DE LOS CERRAMIENTOS .....	4
<b>3. NECESIDADES TÉRMICAS.....</b>	<b>9</b>
3.1. CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN .....	9
3.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN .....	11
3.2.1. Nave .....	11
3.2.2. Planta primera .....	12
3.2.2.1. Oficina 1 .....	12
3.2.2.2. Oficina 2 .....	13
3.2.2.3. Oficina 3 .....	14
3.2.2.4. Oficina 4 .....	15
3.2.2.5. Oficina 5 .....	16
3.2.2.6. Despachos .....	17
3.2.2.7. Sala de reuniones .....	18
3.2.2.8. Vestuario masculino .....	19
3.2.2.9. Vestuario femenino.....	20
3.2.3. Resumen carga térmica calefacción .....	21
3.3. CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN .....	22
3.4. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN .....	25
3.4.1. Nave .....	25
3.4.2. Planta primera .....	27
3.4.2.1. Oficina 1 .....	27
3.4.2.2. Oficina 2 .....	29

3.4.2.3. Oficina 3 .....	31
3.4.2.4. Oficina 4 .....	33
3.4.2.5. Oficina 5 .....	35
3.4.2.6. Despachos .....	37
3.4.2.7. Sala de reuniones .....	39
3.4.2.8. Vestuario masculino .....	41
3.4.2.9. Vestuario femenino .....	43
3.4.3. Resumen carga térmica refrigeración.....	45
<b>4. SISTEMA DE INSTALACIÓN ELEGIDO .....</b>	<b>46</b>
4.1. PRIMERA PLANTA.....	46
4.1.1. Selección de la enfriadora .....	46
4.1.2. Selección de la caldera .....	47
4.1.3. Selección de los fan-coils.....	51
4.1.4. Cálculo de la red de conductos.....	59
4.1.5. Selección de otros elementos .....	70
4.1.6. Selección del climatizador .....	71
4.1.7. Cálculo de la red de distribución de agua .....	72
4.1.8. Selección de las válvulas, filtros y antivibratorios.....	80
4.1.9. Cálculo del depósito acumulador .....	80
4.1.10. Cálculo de los vasos de expansión .....	81
4.1.11. Selección de las bombas.....	84
4.2. NAVE .....	85
4.2.1. Selección de la bomba de calor aire-aire.....	85
4.2.2. Selección del recuperador de aire .....	86
4.2.3. Cálculo de la red de conductos.....	87
4.2.3.1. Conductos del recuperador de aire.....	87
4.2.3.2. Conductos del rooftop.....	88
4.2.4. Selección de los elementos de difusión.....	89
4.2.5. Selección de la caja de extracción.....	90

## 1. BASES DE CÁLCULO

### 1.1. Datos de partida

A la hora de determinar el calor que debemos evacuar de nuestro edificio, debemos tener en cuenta las condiciones interiores y exteriores de éste. Hay que cuidar los saltos bruscos ya que pueden ser peligrosos para las personas que habitan en el edificio. En cuanto a las humedades, no debemos consumir demasiada energía para bajarla en verano y subirla en invierno, por eso en verano la humedad relativa no debe ser superior a 55%, mientras que en invierno no debe ser inferior al 30%.

### 1.2. Condiciones exteriores

Las condiciones exteriores de cálculo se fijarán según la ITE 03.3, que nos remite a las tablas climáticas de la norma UNE 100001-85 sobre condiciones para proyectos.

La elección de las condiciones exteriores se hará en base al criterio de niveles percentiles como se indica en la norma ITE 02.3 Para la elección de los niveles percentiles aplicaremos las indicaciones de la norma 100014-84.

Las condiciones exteriores dependen de la situación geográfica que estamos estudiando, altura sobre el nivel del mar, etc. En nuestro caso corresponde a la localidad de Olite, y es la siguiente:

- Longitud: 1° 39' oeste
- Latitud: 42° 28' norte
- Altitud: 405 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones para el cálculo de refrigeración, para las 15 horas solares de un día del mes de Julio, y que no han sido excedidas en más de un 90% de las horas totales de los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, son las siguientes:

- Temperatura exterior: 33 °C
- Temperatura de locales no climatizados: 28 °C
- Temperatura del terreno: 6 °C

Las condiciones para el cálculo de calefacción, que cubren el 90% de las horas totales de los meses de Diciembre, Enero y Febrero en la localidad de la obra son:

- Temperatura exterior: - 5 °C
- Temperatura de locales no climatizados: 8 °C
- Temperatura del terreno: 6 °C

### 1.3. Descripción del edificio

Se trata de una nave rectangular, que consta de planta baja y de planta primera. La superficie total construida es de 2151,32 m<sup>2</sup>.

### 1.4. Régimen de utilización

Al tratarse de una nave industrial, el régimen de utilización será continuo, con climatización durante todo el año en la planta primera (donde se encuentran las oficinas y los despachos), y con calefacción en la nave industrial en invierno.

## 2. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA “U” DE LOS CERRAMIENTOS

### 2.1. Características de los cerramientos

Definiremos cerramientos como los objetos físicos y materiales que utilizaremos para evitar el flujo de energía desde un foco caliente a un foco frío, debido a una diferencia de temperaturas.

Para el cálculo de los Coeficientes de Transmisión Térmica de los cerramientos, U, utilizaremos la actual DB-HE 1.

### 2.2. Calidad de los cerramientos

El coeficiente de transmisión térmica “U” nos cuantifica el comportamiento térmico del edificio y su ajuste de aislamiento térmico que vamos a utilizar.

La expresión a utilizar para el cálculo de los coeficientes de transmisión tanto para un cerramiento de caras planoparalelas, formado por un material homogéneo, como para un cerramiento formado por una serie de láminas planoparalelas de materiales diferentes es:

$$U = 1 / R_T$$

Donde  $R_T$  es la resistencia térmica total del componente constructivo; se mide en m<sup>2</sup>K/W.

La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

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

Donde:

- $R_{si}$ : Resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio ( $m^2 K/W$ ).
- $R_{se}$ : Resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio ( $m^2 K/W$ ).
- $R_1, R_2 \dots R_n$ : Resistencias térmicas de cada capa que viene definida por la expresión:

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

Donde:

- $e$ : espesor de la capa (m)
- $\lambda$ : conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos. Se mide en  $W/m K$ .

a) Cerramientos con el exterior: fachada

<b>CERRAMIENTOS CON EL EXTERIOR: FACHADA</b>	$\lambda$ (W/m K)	e (m)	$R = e/\lambda$ ( $m^2 K/W$ )
$R_{si}$	-	-	0,0400
Hormigón armado	2,300	0,20	0,0870
Cámara de aire	0,170	0,02	0,1176
Poliestireno expandido	0,038	0,04	1,0526
Fábrica de ladrillo hueco sencillo	0,444	0,07	0,1577
Enlucido de yeso	0,400	0,015	0,0375
$R_{se}$	-	-	0,1300

$$R_T = 1,6224$$

$$U = 1/ R_T = 1/1,6224 = 0,6164$$

$$U = 0,6164 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

b) Tabiques interiores

TABIQUES INTERIORES	$\lambda$ (W/m K)	e (m)	$R=e/\lambda$ (m <sup>2</sup> K/W)
R <sub>si</sub>	-	-	0,1300
Enlucido de yeso	0,400	0,02	0,0500
Fábrica de ladrillo hueco doble	0,375	0,16	0,4267
Enlucido de yeso	0,400	0,02	0,0500
R <sub>se</sub>	-	-	0,1300

$$R_T = 0,7867$$

$$U = 1/ R_T = 1/0,7867 = 1,2711$$

$$U = 1,2711 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

c) Forjado piso oficinas

FORJADO PISO OFICINAS	$\lambda$ (W/m K)	e (m)	$R= e/\lambda$ (m <sup>2</sup> K/W)
R <sub>si</sub>	-	-	0,0400
Baldosa cerámica-porcelana	1,300	0,015	0,0115
Mortero de cemento	1,300	0,03	0,0231
Recrecido de gravilla	0,810	0,03	0,0370
Fábrica de bloque de hormigón convencional	0,909	0,2	0,2200
Enlucido de yeso	0,400	0,015	0,0375
R <sub>se</sub>	-	-	0,1000

$$R_T = 0,4692$$

$$U = 1/ R_T = 1/0,4692 = 2,1313$$

$$U = 2,1313 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

d) Separación almacén-nave

SEPARACION ALMACEN NAVE	$\lambda$ (W/m K)	e (m)	$R = e/\lambda$ (m <sup>2</sup> K/W)
R <sub>si</sub>	-	-	0,1300
Mortero de cemento	1,300	0,01	0,0077
Fábrica de bloque de hormigón convencional	0,909	0,20	0,2200
Poliestireno expandido	0,038	0,04	1,0526
Fabrica de ladrillo hueco doble	0,375	0,07	0,1867
Enlucido de yeso	0,400	0,015	0,0375
R <sub>se</sub>	-	-	0,1300

$$R_T = 1,7645$$

$$U = 1/ R_T = 1/1,7645 = 0,5667$$

$$U = 0,5667 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

e) Cubierta

Panel metálico tipo sándwich de chapa de acero galvanizada. Aislamiento de espuma de poliuretano de 35 mm.

$$U = 0,490 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

f) Solera

La composición de la solera es:

Hormigón en masa: 20 cm.

Fibras plásticas: 25 cm.

Encachado de grava: 15cm.

$$U = 1,920 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

g) Puertas

- Puerta de acceso a la nave

La puerta de acceso a la nave será metálica de vidrio con acristalamiento doble con cámara de 6 mm en 30 a 70%.

$$U = 4,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

- Puerta de entrada de muebles  
La puerta de entrada de muebles, situada en la fachada lateral izquierda, será una puerta seccional metálica y opaca.

$$U = 5,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

- Puertas de “salida de emergencia”  
Las puertas de salida de emergencia serán metálicas opacas.

$$U = 5,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

- Puertas interiores

Hay de dos tipos:

- Puertas de acceso a aseos, oficinas, despachos...  
Serán puertas de madera y opacas.

$$U = 2,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

- Puertas de acceso a almacén y sala de calderas  
Serán puertas metálicas y opacas

$$U = 5,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

#### h) Ventanas

Las ventanas de la nave son de acristalamiento doble, su espesor nominal de la cámara de aire de 12 mm y carpintería metálica.

$$U = 3,50 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

### 3. NECESIDADES TÉRMICAS

#### 3.1. Carga térmica de calefacción (invierno)

Para estimar la carga térmica de calefacción de un edificio es preciso tener en cuenta los siguientes puntos:

- Pérdidas por transmisión: Se da cuando existe una diferencia de temperatura entre el muro exterior y la temperatura ambiente fuera del edificio.

La carga térmica por transmisión viene dada por:

$$Q_T = S \cdot U \cdot Co \cdot (T_{\text{interior}} - T_{\text{exterior}})$$

Donde:

- $Q_T$ : carga térmica por transmisión (W)
- S: superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas ( $m^2$ )
- U: coeficiente de transmisión térmica del cerramiento ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ )
- Co: coeficiente de orientación del cerramiento
- $T_{\text{interior}}$ : temperatura proyectada en el local calefactado ( $^\circ C$ )
- $T_{\text{exterior}}$ : temperatura del exterior o local no calefactado ( $^\circ C$ )

El coeficiente de orientación es un factor adimensional empleado para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros, en función de su orientación. En los muros de separación con otros locales o en los cerramientos no verticales no se tiene en cuenta. Habitualmente se emplean los siguientes valores para los coeficientes de orientación:

- Norte: 1,2
  - Noreste: 1,1
  - Este: 1,10
  - Sureste: 1,5
  - Sur: 1,00
  - Suroeste: 1,5
  - Oeste: 1,1
  - Noroeste: 1,15
- Pérdidas por entrada de aire exterior: las cargas térmicas por aire exterior responden a la carga térmica que supone el calentamiento de este aire exterior hasta la temperatura ambiente del local.

El cálculo del valor que tomaremos de caudal de ventilación, se determinará de acuerdo con la norma UNE EN 13779. En los locales acondicionados es necesario prever un cierto caudal de aire exterior para la regeneración del aire dentro del local. El volumen de aire de renovación varía principalmente con el número de ocupantes, su actividad, etc.

La carga térmica por entrada de aire exterior viene dada por:

$$Q_A = V \cdot C_e \cdot \delta \cdot (T_{\text{interior}} - T_{\text{exterior}})$$

Donde:

- $Q_A$ : carga térmica por renovación de aire (kcal/h)
- $V$ : caudal de aire aportado ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $C_e$ : calor específico del aire (kcal / kg °C)
- $\delta$ : densidad del aire ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )
- $T_{\text{interior}}$ : temperatura proyectada en el local calefactado (°C)
- $T_{\text{exterior}}$ : temperatura del exterior o local no calefactado (°C)

El calor específico del aire es 0,24 kcal/kg °C, y la densidad del aire (a 10 °C) es de 1,24  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Por tanto:

$$C_e \cdot \delta = 0,24 \cdot 1,24 = 0,2976 \text{ kcal} / \text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 3.2. Cálculo de cargas térmicas de calefacción

#### 3.2.1. Nave

Tipo de local: Nave de producción

Superficie: 1807,75 m<sup>2</sup>

Ocupación: 8 personas

Ventilación: 5,4 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*1807,75 m<sup>2</sup> = 9761,85 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 23 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Fachada exterior Noroeste	494,82	0,6164	1,15	26	8067,436
Fachada exterior Noreste	303,27	0,6164	1,1	26	4729,471
Fachada exterior Suroeste	320,19	0,6164	1,5	26	6809,097
Fachada exterior Sureste	500,00	0,6164	1,5	26	10632,900
Solera	1807,75	1,920	-	11	38179,680
Cubierta	1807,75	0,490	-	26	20373,343
Puerta de acceso a la nave	13,00	4,500	1,5	26	2018,250
Puerta de entrada de muebles	30,00	5,700	1,15	26	4522,950
Puertas de "salida de emergencia"	9,750	5,700	1,25	26	1597,781
Ventanas	23,375	3,500	1,1	26	2069,856

**Transmisión nave: 99000,764 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
9761,85	0,2976	26	66817,911	77709,251

**Ventilación nave: 77709,251 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 176710,015 W

Factor de seguridad 10%: 17671,002 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 194381,017 W**

#### CÁLCULOS

### 3.2.2. Planta primera

#### 3.2.2.1. Oficina 1

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,31 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	13,60	0,5667	-	13	100,1926
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0
Forjado piso oficinas	10,31	2,1313	-	15	329,6055
Cubierta	10,31	0,4900	-	26	131,3494
Puerta oficina	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión oficina 1: 902,437 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación oficina 1: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1226,395 W

Factor de seguridad 10%: 122,639 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1341,034 W**

### 3.2.2.2. Oficina 2

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	-	15	332,4828
Cubierta	10,40	0,4900	-	26	132,4960
Puerta oficina	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión oficina 2: 806,268 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación oficina 2: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1130,226 W

Factor de seguridad 10%: 113,027 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1243,253 W**

### 3.2.2.3. Oficina 3

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	-	13	224,7305
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0,0000
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	-	15	332,4828
Cubierta	10,40	0,4900	-	26	132,4960
Puerta oficina	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión oficina 3: 1030,999 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación oficina 3: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1354,957 W

Factor de seguridad 10%: 135,496 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1490,453 W**

### 3.2.2.4. Oficina 4

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,31 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	13,60	0,5667	-	13	100,1926
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	8,84	1,2711	-	0	0,0000
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0,0000
Forjado piso oficinas	10,31	2,1313	-	15	329,6055
Cubierta	10,31	0,4900	-	26	131,3494
Puerta oficina	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión oficina 4: 756,362 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación oficina 4: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1080,320 W

Factor de seguridad 10%: 108,032 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1188,352 W**

### 3.2.2.5. Oficina 5

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	-	13	224,7305
Tabique interior	8,84	1,2711	-	0	0
Tabique interior	8,84	1,2711	-	13	146,0748
Tabique interior	13,60	1,2711	-	0	0
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	-	15	332,4828
Cubierta	10,40	0,4900	-	26	132,4960
Puerta oficina	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión oficina 5: 884,924 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación oficina 5: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1208,882 W

Factor de seguridad 10%: 120,888 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1329,770 W**

### 3.2.2.6. Despachos

Tipo de local: oficina

Superficie: 20,00 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	12,58	0,5667	-	13	92,6781
Tabique interior	18,36	1,2711	-	0	0
Tabique interior	18,36	1,2711	-	0	0
Tabique interior	12,58	1,2711	-	13	207,8757
Forjado piso oficinas	20,00	1,2711	-	15	381,3300
Cubierta	20,00	0,4900	-	26	254,8000
Puerta despacho	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión despacho: 985,824 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	26	278,554	323,958

**Ventilación despacho: 323,958 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 1309,782 W

Factor de seguridad 10%: 130,978W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 1440,760 W**

### 3.2.2.7. Sala de reuniones

Tipo de local: sala de reuniones

Superficie: 64,56 m<sup>2</sup>

Ocupación: 6 personas

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 6 persona = 216 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	22,10	0,5667	-	13	162,8129
Fachada exterior Noroeste	34,44	0,6164	1,15	26	634,7416
Tabique interior	18,36	1,2711	-	0	0
Tabique interior	15,91	1,2711	-	13	262,9016
Tabique interior	22,56	1,2711	-	13	372,7882
Forjado piso oficinas	64,56	2,1313	-	15	2063,9509
Cubierta	64,56	0,4900	-	26	822,4944
Puerta sala reuniones	5,96	2,0000	-	13	154,9600

**Transmisión sala de reuniones: 4474,650 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
216	0,2976	26	1671,322	1943,748

**Ventilación sala de reuniones: 1943,748 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 6418,398 W

Factor de seguridad 10%: 641,840 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 7060,238 W**

### 3.2.2.8. Vestuario masculino

Tipo de local: servicios

Superficie: 17,96 m<sup>2</sup>

Ocupación: 4 personas

Ventilación: 9 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*17,96 m<sup>2</sup> = 161,64 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	15,34	0,5667	-	13	113,0113
Fachada exterior Sureste	13,60	0,6164	1,5	26	326,9386
Tabique interior	15,34	1,2711	-	0	0
Tabique interior	13,60	1,2711	-	13	224,7305
Forjado piso oficinas	17,96	2,1313	-	15	574,1722
Cubierta	17,96	0,4900	-	26	228,8104
Puerta vestuario	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión vestuario masculino: 1516,803 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
161,164	0,2976	26	1250,071	1454,571

**Ventilación vestuario masculino: 1454,571 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 2971,374 W

Factor de seguridad 10%: 297,137 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 3268,511 W**

### 3.2.2.9. Vestuario femenino

Tipo de local: servicios

Superficie: 17,96 m<sup>2</sup>

Ocupación: 4 personas

Ventilación: 9 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*17,96 m<sup>2</sup> = 161,64 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: -5 °C

Temperatura interior: 21 °C

Temperatura local no climatizado: 8 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 26 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Fachada exterior Sureste	13,60	0,6164	1,5	26	326,9386
Tabique interior	15,34	1,2711	-	0	0
Tabique interior	13,60	1,2711	-	13	224,7305
Tabique interior	15,34	1,2711	-	13	253,4828
Forjado piso oficinas	17,96	2,1313	-	15	574,1722
Cubierta	17,96	0,4900	-	26	228,8104
Puerta vestuario	1,89	2,0000	-	13	49,1400

**Transmisión vestuario femenino: 1657,274 W**

### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
161,164	0,2976	26	1250,071	1454,571

**Ventilación vestuario masculino: 1454,571 W**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACION PARCIAL: 3111,854 W

Factor de seguridad 10%: 311,185 W

**CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL: 3423,030 W**

### 3.2.3. Resumen carga térmica de calefacción

CARGA TERMICA DE CALEFACCION TOTAL NAVE: **194,381 KW**

CARGA TÉRMICA DE CALEFACCION TOTAL PLANTA PRIMERA: **24,667 KW**

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	Carga térmica (W)
Oficina 1	10,31	1341,034
Oficina 2	10,40	1243,253
Oficina 3	10,40	1490,453
Oficina 4	10,31	1188,352
Oficina 5	10,40	1329,770
Despacho 1	20,00	1440,760
Despacho 2	20,00	1440,760
Despacho 3	20,00	1440,760
Sala de reuniones	64,56	7060,238
Vestuario masculino	17,96	3268,511
Vestuario femenino	17,96	3423,030

**Suma = 24666,921 W**

### 3.3. Carga térmica de refrigeración (verano)

Se trata de calcular la carga de refrigeración del edificio. El cálculo de las cargas debe hacerse para cada local individualmente.

La carga térmica es el calor por unidad de tiempo que por diferentes conceptos entra o se genera en un local cuando se mantiene una temperatura inferior a la del exterior y una humedad diferente.

En la época de demanda de frío se prevé la existencia de cargas térmicas sensibles, debidas a la diferencia de temperatura y a la radiación térmica, y cargas latentes, debidas a la aportación de humedad al aire.

#### CARGA SENSIBLE

- Calor debido a la radiación solar

Se tiene en cuenta la energía que llega al local procedente de la radiación solar que atraviesa elementos transparentes a la radiación. Para el cálculo es necesario saber la orientación de la ventana, elegir una hora solar de cálculo y obtener la radiación solar unitaria  $R$  en  $\text{Kcal/h m}^2$ .

Se calcula:

$$Q = S \cdot R \cdot f$$

Donde:

- $Q$ : carga térmica por radiación solar ( $\text{kcal/h}$ )
- $S$ : superficie translúcida expuesta a la radiación ( $\text{m}^2$ )
- $R$ : radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo ( $\text{kcal/h m}^2$ )
- $f$ : factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio, efecto de sombras, etc.

En nuestro caso no lo tendremos en cuenta porque las únicas ventanas que tiene la nave se encuentran en el almacén, y este local no va a ser climatizado.

- Calor debido a la transmisión a través de los cerramientos

La carga térmica por transmisión a través de cerramientos translúcidos no se corrige en función de la orientación dado que la radiación solar se cuantifica como carga aparte. Se obtiene como:

$$Q = S \cdot U \cdot (T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}})$$

- $Q$ : carga térmica por transmisión ( $\text{kcal/h}$ )
- $S$ : superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas ( $\text{m}^2$ )
- $U$ : coeficiente de transmisión térmica del muro ( $\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- $T_{\text{interior}}$ : temperatura proyectada en el local calefactado ( $^\circ\text{C}$ )

-  $T_{\text{exterior}}$ : temperatura del exterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

- Calor sensible generado por las personas que ocupan el local

Las personas que ocupan un local generan calor sensible debido a que su temperatura es mayor (unos  $37^{\circ}\text{C}$ ) que la del local, y calor latente debido al sudor. Estos dos calores serán mayores o menores dependiendo de su actividad. Cuando se refiere a las personas que ocupan el local debe hacerse la ocupación media, y no la que pueda haber en un momento determinado.

- Calor generado por la iluminación del local

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje del calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local pudiendo también producirse estratificación del calor emitido por convección.

Para nuestro caso se hará una estimación de cargas térmicas debidas al alumbrado de  $25 \text{ W/m}^2$ .

El calor se calcula como:

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S$$

- Calor sensible procedente del aire de ventilación

Se calcula de la siguiente manera:

$$Q = V_v \cdot C_e \cdot \delta \cdot (T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}})$$

Donde:

- $Q_A$ : carga térmica por renovación de aire (Kcal/h)
- $V_v$ : caudal volumétrico de ventilación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $C_e$ : calor específico del aire (Kcal / kg  $^{\circ}\text{C}$ )
- $\delta$ : densidad del aire ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )
- $T_{\text{interior}}$ : temperatura proyectada en el local climatizado ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_{\text{exterior}}$ : temperatura del exterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

El calor específico del aire es  $0,24 \text{ Kcal/kg } ^{\circ}\text{C}$ , y la densidad del aire (a  $10^{\circ}\text{C}$ ) es de  $1,24 \text{ kg/m}^3$ . Por tanto:

$$C_e \cdot \delta = 0,24 * 1,24 = 0,2976 \text{ Kcal} / \text{m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

- Calor generado por las máquinas presentes en el local

En nuestro caso, los únicos equipos que emitirán calor serán ordenadores e impresoras. Las potencias térmicas que disiparán estos equipos son las siguientes:

- Ordenadores:  $300 \text{ W}$
- Impresoras:  $400 \text{ W}$

## CARGA LATENTE

- Calor latente generado por las personas que ocupan el local

Es el calor radiado por las personas. Para calcularlo, basta multiplicar la ocupación media por el valor que se obtiene de la tabla según la actividad desarrollada.

### 3.4. Cálculo de cargas térmicas de refrigeración

#### 3.4.1. Nave

Tipo de local: Nave de producción

Superficie: 1807,75 m<sup>2</sup>

Ocupación: 8 personas

Ventilación: 5,4 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*1807,75 m<sup>2</sup> = 9761,85 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### CARGA SENSIBLE:

##### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	C <sub>o</sub>	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Fachada exterior Noroeste	494,82	0,6164	1,15	4	1403,0324
Fachada exterior Noreste	303,27	0,6164	1,1	4	822,5168
Fachada exterior Suroeste	320,19	0,6164	1,5	4	1184,1907
Fachada exterior Sureste	500,00	0,6164	1,5	4	1849,2000
Solera	1807,75	1,920	-	18	62475,8400
Cubierta	1807,75	0,490	-	9	7972,1775
Puerta de acceso a la nave	13,00	4,500	1,5	9	789,7500
Puerta de entrada de muebles	30,00	5,700	1,15	9	1769,8500
Puertas de "salida de emergencia"	9,750	5,700	1,25	9	625,2188
Ventanas	23,375	3,500	1,1	9	809,9438

**Transmisión nave: 79701,720 W**

##### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
9761,85	0,2976	9	26146,139	30407,968

**Ventilación nave: 30407,968 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 1807,75 = 45193,750 \text{ W}$$

**Iluminación nave: 45193,75 W**

## OCUPACION

En la nave, a 24 °C, el calor sensible es de 70 W/persona.

$$Q = 70 \text{ W/persona} * 8 \text{ personas} = 560 \text{ W}$$

**Ocupación nave: 560,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 2

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 2 \text{ ordenadores} = 600 \text{ W}$$

**Máquinas nave: 600,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	156463,438 W
Factor de seguridad 10%:	15646,344 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>172109,782 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En la nave, a 24 °C, el calor latente es de 47 W/persona.

$$Q = 47 \text{ W/persona} * 8 \text{ persona} = 376 \text{ W}$$

**Ocupación nave: 376,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	376,000 W
Factor de seguridad 10%:	37,600 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>413,600 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 172523,382 W**

### 3.4.2. Planta primera

#### 3.4.2.1. Oficina 1

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,31 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### CARGA SENSIBLE:

##### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	13,60	0,5667	4	30,8285
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0
Forjado piso oficinas	10,31	2,1313	18	395,5267
Cubierta	10,31	0,4900	9	45,4671
Puerta oficina	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión oficina 1: 576,834 W**

##### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación oficina 1: 112,139 W**

##### ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 10,31 = 257,75 \text{ W}$$

**Iluminación oficina 1: 257,750 W**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 1: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas oficina 1: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	1717,723 W
Factor de seguridad 10%:	171,772 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>1889,495 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 1: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	60,000 W
Factor de seguridad 10%:	6,000 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>66,000 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 1955,495 W**

### 3.4.2.2. Oficina 2

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CARGA SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0,0000
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	18	398,9794
Cubierta	10,40	0,4900	9	45,8640
Puerta oficina	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión oficina 2: 549,856 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación oficina 2: 112,139 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 10,40 = 260 \text{ W}$$

**Iluminación oficina 2: 260,000 W**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 2: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas oficina 2: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 1692,995 W

Factor de seguridad 10%: 169,299 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 1862,294 W**

## CARGA LATENTE:

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 1: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 60,000 W

Factor de seguridad 10%: 6,000 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 66,000 W**

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 1928,294 W**

### 3.4.2.3. Oficina 3

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CARGA SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	4	69,1478
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0,0000
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	18	398,9794
Cubierta	10,40	0,4900	9	45,8640
Puerta oficina	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión oficina 3: 619,003 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación oficina 3: 112,139 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 10,40 = 260 \text{ W}$$

**Iluminación oficina 3: 260,000 W**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 3: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas oficina 3: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 1762,142 W

Factor de seguridad 10%: 176,214 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 1938,356 W**

## CARGA LATENTE:

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 3: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 60,000 W

Factor de seguridad 10%: 6,000 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 66,000 W**

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 2004,356 W**

#### 3.4.2.4. Oficina 4

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,31 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

#### CARGA SENSIBLE:

##### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	13,60	0,5667	4	30,8285
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	8,84	1,2711	0	0
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0
Forjado piso oficinas	10,31	2,1313	18	395,5267
Cubierta	10,31	0,4900	9	45,4671
Puerta oficina	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión oficina 4: 531,888 W**

##### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación oficina 4: 112,139 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 10,31 = 257,75 \text{ W}$$

**Iluminación oficina 4: 257,750 W**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 4: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas oficina 4: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	1672,777 W
Factor de seguridad 10%:	167,278 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>1840,055 W</b>

## CARGA LATENTE:

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 4: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	60,000 W
Factor de seguridad 10%:	6,000 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>66,000 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 1906,055 W**

### 3.4.2.5. Oficina 5

Tipo de local: oficina

Superficie: 10,40 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CARGA SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Tabique interior	13,60	1,2711	4	69,1478
Tabique interior	8,84	1,2711	0	0
Tabique interior	8,84	1,2711	4	44,9461
Tabique interior	13,60	1,2711	0	0
Forjado piso oficinas	10,40	2,1313	18	398,9794
Cubierta	10,40	0,4900	9	45,8640
Puerta oficina	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión oficina 5: 574,057 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación oficina 5: 112,139 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 10,40 = 260 \text{ W}$$

**Iluminación oficina 5: 260,000 W**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 5: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas oficina 5: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	1717,196 W
Factor de seguridad 10%:	171,720 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>1888,916 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En las oficinas, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación oficina 5: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	60,000 W
Factor de seguridad 10%:	6,000 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>66,000 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 1954,916 W**

### 3.4.2.6. Despachos

Tipo de local: oficina

Superficie: 20,00 m<sup>2</sup>

Ocupación: 1 persona

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 1 persona = 36 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CALOR SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	12,58	0,5667	4	28,5163
Tabique interior	18,36	1,2711	0	0,0000
Tabique interior	18,36	1,2711	0	0,0000
Tabique interior	12,58	1,2711	4	63,9618
Forjado piso oficinas	20,00	1,2711	18	457,5960
Cubierta	20,00	0,4900	9	88,2000
Puerta despacho	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión despacho: 653,394 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
36	0,2976	9	96,422	112,139

**Ventilación despacho: 112,139 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 20,00 = 500 \text{ W}$$

**Iluminación despacho: 500,000 W**

## OCUPACION

En los despachos, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 71 \text{ W}$$

**Ocupación despacho: 71,000 W**

## MÁQUINAS

Nº de ordenadores: 1

Nº de impresoras: 1

$$Q = 300 \text{ W/ordenador} * 1 \text{ ordenador} + 400 \text{ W/impresora} * 1 \text{ impresora} = 700 \text{ W}$$

**Máquinas despacho: 700,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 2036,533 W

Factor de seguridad 10%: 203,653 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 2240,186 W**

## CARGA LATENTE:

## OCUPACION

En los despachos, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 1 \text{ persona} = 60 \text{ W}$$

**Ocupación despacho: 60,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL: 60,000 W

Factor de seguridad 10%: 6,000 W

**CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL: 66,000 W**

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 2306,186 W**

### 3.4.2.7. Sala de reuniones

Tipo de local: sala de reuniones

Superficie: 64,56 m<sup>2</sup>

Ocupación: 6 personas

Ventilación: 36 m<sup>3</sup>/h persona \* 6 persona = 216 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CALOR SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	22,10	0,5667	4	50,0963
Fachada exterior Noroeste	34,44	0,6164	9	191,0593
Tabique interior	18,36	1,2711	0	0
Tabique interior	15,91	1,2711	4	80,8928
Tabique interior	22,56	1,2711	4	114,7041
Forjado piso oficinas	64,56	2,1313	18	2476,7411
Cubierta	64,56	0,4900	9	284,7096
Puerta sala reuniones	5,96	2,0000	4	47,6800

**Transmisión sala de reuniones: 3245,883 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
216	0,2976	9	578,534	672,836

**Ventilación sala de reuniones: 672,836 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 64,56 = 1614 \text{ W}$$

**Iluminación sala de reuniones: 1614,000 W**

## OCUPACION

En la sala de reuniones, a 24 °C, el calor sensible es de 71 W/persona.

$$Q = 71 \text{ W/persona} * 6 \text{ persona} = 426 \text{ W}$$

**Ocupación sala de reuniones: 426,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	5958,719 W
Factor de seguridad 10%:	595,872 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>6554,591 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En los despachos, a 24 °C, el calor latente es de 60 W/persona.

$$Q = 60 \text{ W/persona} * 6 \text{ persona} = 360 \text{ W}$$

**Ocupación sala de reuniones: 360,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	360,000 W
Factor de seguridad 10%:	36,000 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>396,000 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 6950,591 W**

## 3.4.2.8. Vestuario masculino

Tipo de local: servicios

Superficie: 17,96 m<sup>2</sup>

Ocupación: 4 personas

Ventilación: 9 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*17,96 m<sup>2</sup> = 161,64 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

**CALOR SENSIBLE:**

## TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Separación almacén-nave	15,34	0,5667	4	34,7727
Fachada exterior Sureste	13,60	0,6164	9	75,4474
Tabique interior	15,34	1,2711	0	0
Tabique interior	13,60	1,2711	4	69,1478
Forjado piso oficinas	17,96	2,1313	18	689,0067
Cubierta	17,96	0,4900	9	79,2036
Puerta vestuario	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión vestuario masculino: 962,698 W**

## VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
161,164	0,2976	9	431,662	502,023

**Ventilación vestuario masculino: 502,023 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 17,96 = 449 \text{ W}$$

**Iluminación vestuario masculino: 449,000 W**

## OCUPACION

En los vestuarios, a 24 °C, el calor sensible es de 86 W/persona.

$$Q = 86 \text{ W/persona} * 4 \text{ persona} = 344 \text{ W}$$

**Ocupación vestuario masculino: 344,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	2257,721 W
Factor de seguridad 10%:	225,772 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>2483,493 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En los vestuarios, a 24 °C, el calor latente es de 134 W/persona.

$$Q = 134 \text{ W/persona} * 4 \text{ persona} = 536 \text{ W}$$

**Ocupación sala de reuniones: 536,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	536,000 W
Factor de seguridad 10%:	53,600 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>589,600 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 3073,093 W**

### 3.4.2.9. Vestuario femenino

Tipo de local: servicios

Superficie: 17,96 m<sup>2</sup>

Ocupación: 4 personas

Ventilación: 9 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>\*17,96 m<sup>2</sup> = 161,64 m<sup>3</sup>/h

Temperatura exterior: 33 °C

Temperatura interior: 24 °C

Temperatura local no climatizado: 28 °C

Diferencia de temperatura con el exterior: 9 °C

Temperatura suelo: 6 °C

### CALOR SENSIBLE:

#### TRANSMISION

Descripción cerramientos	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>T</sub> (W)
Fachada exterior Sureste	13,60	0,6164	9	75,4474
Tabique interior	15,34	1,2711	0	0,0000
Tabique interior	13,60	1,2711	4	69,1478
Tabique interior	15,34	1,2711	4	77,9947
Forjado piso oficinas	17,96	2,1313	18	689,0067
Cubierta	17,96	0,4900	9	79,2036
Puerta vestuario	1,89	2,0000	4	15,1200

**Transmisión vestuario femenino: 1005,920 W**

#### VENTILACION

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	C <sub>e</sub> · δ (Kcal / m <sup>3</sup> °C)	ΔT (°C)	Q <sub>A</sub> (Kcal/h)	Q <sub>A</sub> (W)
161,164	0,2976	9	431,662	502,023

**Ventilación vestuario masculino: 502,023 W**

## ILUMINACION

$$Q = 25 \text{ W/m}^2 * S = 25 * 17,96 = 449 \text{ W}$$

**Iluminación vestuario femenino: 449,000 W**

## OCUPACION

En los vestuarios, a 24 °C, el calor sensible es de 86 W/persona.

$$Q = 86 \text{ W/persona} * 4 \text{ persona} = 344 \text{ W}$$

**Ocupación vestuario femenino: 344,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	2300,943 W
Factor de seguridad 10%:	230,094 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>2531,037 W</b>

**CARGA LATENTE:**

## OCUPACION

En los vestuarios, a 24 °C, el calor latente es de 134 W/persona.

$$Q = 134 \text{ W/persona} * 4 \text{ persona} = 536 \text{ W}$$

**Ocupación sala de reuniones: 536,000 W**

CARGA SENSIBLE EFECTIVA PARCIAL:	536,000 W
Factor de seguridad 10%:	53,600 W
<b>CARGA SENSIBLE EFECTIVA TOTAL:</b>	<b>589,600 W</b>

**CARGA EFECTIVA TOTAL: 3120,637 W**

### 3.4.3. Resumen carga térmica de refrigeración

CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACION TOTAL NAVE: **172,523 KW**

CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACION TOTAL PLANTA PRIMERA: **29,812 KW**

Local	Superficie (m <sup>2</sup> )	Carga térmica (W)
Oficina 1	10,31	1955,495
Oficina 2	10,40	1928,294
Oficina 3	10,40	2004,356
Oficina 4	10,31	1906,055
Oficina 5	10,40	1954,916
Despacho 1	20,00	2306,186
Despacho 2	20,00	2306,186
Despacho 3	20,00	2306,186
Sala de reuniones	64,56	6950,591
Vestuario masculino	17,96	3073,093
Vestuario femenino	17,96	3120,637

**Suma = 29811,995 W**

## 4. SISTEMA DE INSTALACION ELEGIDO

### 4.1. Primera planta

Una vez conocidas las necesidades térmicas de cada local, vamos a continuar con el cálculo de las características de los elementos terminales, que aportarán el calor necesario para vencer las cargas internas.

#### 4.1.1. Selección de la enfriadora

Para el cálculo de la potencia necesaria que tiene que suministrar la enfriadora, se debe saber la potencia necesaria para vencer todas las cargas térmicas de la instalación.

En nuestro caso, la potencia resultante para vencer las cargas térmicas es de 29,812 KW.

Mirando los tipos de enfriadoras de la marca CARRIER, la primera que cumple las necesidades frigoríficas requeridas es el modelo 30RA-033. Esta enfriadora da una potencia de 31KW, basada en una temperatura de aire exterior de 35°C, con temperatura de entrada de agua al evaporador de 12°C y temperatura de salida de 7°C; mirando en las tablas del catálogo, para una temperatura exterior de 30°C y con temperatura de entrada de agua al evaporador de 12°C y temperatura de salida de 7°C, esta enfriadora nos da una potencia de 33,15 KW. El cálculo de los 29,812 KW necesarios para cubrir la demanda de la instalación está basado en las condiciones de proyecto, que son 33 °C y agua a 7/12°C, por lo que esta enfriadora cubre perfectamente las necesidades requeridas por la instalación.

Las características más importantes de la enfriadora CARRIER 30RA-033 son:



- Potencia frigorífica: 31 kw (con agua a 7/12 °C y ambiente exterior a 35 °C)
- Tipo de compresor: Scroll
- Refrigerante: R407C
- Número de compresores: 1
- Potencia sonora: 78 dB(A)
- Presión sonora: 50 dB(A) a 10 metros de distancia
- Consumo: 13,30 KW
- Dimensiones: 1667,5 \* 518 \* 1503 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 315 kg

#### 4.1.2. Selección de la caldera

Para calcular la potencia total que tiene que suministrar la caldera, se necesita saber la potencia necesaria de calefacción y la necesaria de ACS, ya que la caldera debe suministrar ambas potencias.

La potencia de calefacción es 24,667 KW, calculados anteriormente. A esto se suma la potencia calorífica necesaria para la producción de ACS. Aunque el ACS tenga apoyo solar, como manda CTE DB-HE4, se dimensionará la caldera para satisfacer el 100% de la demanda.

#### Cálculo de la demanda energética de ACS

Se va a calcular la demanda energética en base a la acumulación estimada y número de usuarios. Primero procederemos a calcular el consumo diario según el CTE DB-HE4. Y finalmente calcularemos la demanda energética dependiendo del volumen de acumulación elegido.

De la tabla 3.1 del Código Técnico de la Edificación en su documento HE4 “Ahorro de energía: contribución solar mínima” calcularemos la demanda.

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

El criterio para escoger la demanda va a ser una fábrica, ya que los servicios principales para ACS son las duchas y lavabos de los vestuarios que existen para los empleados de la fábrica. En la nave hay 16 trabajadores diarios. Según la tabla 3.1 del CTE DB-HE4 habrá que estimar 15 litros por persona al día. Por lo tanto, el consumo será:

$$\text{Consumo}_{60^{\circ}\text{C}} = 16 \text{ personas} * 15 \text{ litros} / \text{persona} * \text{día} = 240 \text{ litros} / \text{día}.$$

La energía útil que proporcione el sistema debe ser capaz de cubrir la demanda en la punta que es:

$$E_{hp} (\text{Wh}) = Q_{\text{punta}} (l) * (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AFCH}}) (^{\circ}\text{C}) * 1,16 \text{ Wh} / l * ^{\circ}\text{C}$$

Donde:

- $T_{\text{ACS}}$  = Temperatura de utilización del ACS
- $T_{\text{AFCH}}$  = Temperatura del agua de la red

La energía proporcionada por el sistema es la suma de la que aporta la producción (intercambiador) más la almacenada en los depósitos de acumulación.

La energía que aporta la producción referida a 1 hora, resulta:

$$E_{\text{producción}} (\text{Wh}) = P_{\text{calderas}} (\text{W}) * 1 \text{ h} * \eta_{\text{prdACS}}$$

Donde:

- $P_{\text{calderas}}$  = Potencia Útil de las calderas.
- $\eta_{\text{prdACS}}$  = Rendimiento del sistema de producción de ACS. Incluye las pérdidas por intercambio, acumulación, distribución y recirculación.

La energía acumulada en los depósitos, que puede ser utilizada durante la punta de consumo es:

$$E_{\text{acum}} (\text{Wh}) = V_{\text{acum}} (\text{l}) * (T_{\text{acum}} - T_{\text{AFCH}}) (^\circ\text{C}) * 1,16 \text{ Wh} / \text{l}^\circ\text{C} * F_{\text{uso acum.}}$$

Donde:

- $V_{\text{acum}}$  = Volumen total de los depósitos (acumulación o interacumuladores).
- $T_{\text{acum}}$  = Temperatura de acumulación del agua. Puede ser igual o superior a la de uso ( $T_{\text{ACS}}$ ).
- $F_{\text{uso acum}}$  = Factor de uso del volumen acumulado. Depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación, ya que en el interior de los mismos existe una zona de mezcla entre las aguas fría y caliente, en la cual la temperatura resulta inferior a la de uso, por lo que dicho volumen no puede ser utilizado.

$$F_{\text{uso acum}} = 0,63 + 0,14 \cdot H/D$$

(H y D: altura y diámetro del depósito, respectivamente).

Para dimensionar la instalación de producción de ACS debe considerarse que la energía aportada (producción más acumulación) ha de igualar a la consumida en la punta; por ello si los volúmenes de acumulación son menores las potencias deberán ser mayores (sistemas de semiacumulación, o semiinstantáneos) y si los volúmenes de acumulación son mayores las potencias podrán ser inferiores (sistemas de acumulación). La potencia a instalar resulta:

$$P_{\text{calderas}} = (Q_{\text{punta}} * (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AFCH}}) - V_{\text{acum}} * (T_{\text{acum}} - T_{\text{AFCH}}) * F_{\text{uso acum}}) * 1,16 / \eta_{\text{prdACS}}$$

Se tiene una ecuación con tres incógnitas: el caudal durante la punta, el volumen de acumulación y la potencia a instalar. La potencia será mayor cuanto mayor sea el consumo en punta y cuanto menor sea el volumen de acumulación.

El problema fundamental es conocer el caudal punta, tanto en valor como en duración de la misma, para lo cual no existen datos oficiales publicados ni normas establecidas. Hay algunos métodos de cálculo que determinan la punta y la duración de la misma, pero todos son métodos empíricos, basados en estimaciones. Hipótesis conservadoras, que conllevan sistemas que no presentan problemas de funcionamiento, son tomar como consumo en la hora punta el 50% del consumo medio diario en edificios

como viviendas y hoteles, mientras que en polideportivos el consumo presenta más puntas, por lo que se puede considerar que en la hora punta se tiene un consumo del 30% del medio diario. En este caso se va a considerar que el consumo punta corresponde a un tercio del consumo total.

Por lo tanto:

$$Q_{\text{punta}} = Q_{\text{total}} * 1/3 = 240 \text{ l} * 1/3 = 80 \text{ l}.$$

Este consumo no se dará todos los días, sino en la hora punta del año, y evidentemente la instalación debe ser capaz de hacer frente a la misma. Los sistemas con acumuladores (semiacumulación o acumulación) se dimensionan con la pareja de valores acumulación/potencia.

La capacidad de acumulación elegida para nuestra instalación es de un 80% del consumo punta  $80 * 0,8 \sim 64 \text{ l}$ . Bastaría con un depósito de 75 litros.

$$F_{\text{uso acum}} = 0,63 + 0,14 \cdot 580/490 = 0,796 \text{ (79,6 \%)}$$

$\eta_{\text{prdACS}}$ : Estimado del 75%.

Para simplificar el cálculo de la potencia necesaria en calderas se supone que la temperatura de uso es de 60 °C; los resultados apenas van a variar, ya que si se toma otra temperatura en primer lugar se debe modificar el consumo, pero las necesidades de energía son idénticas. Como temperatura de acumulación se toma 60 °C.

$$P_{\text{calderas}} = (Q_{\text{punta}} * (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AFCH}}) - V_{\text{acum}} * (T_{\text{acum}} - T_{\text{AFCH}}) * F_{\text{uso acum}}) * 1,16 / \eta_{\text{prdACS}} =$$

$$P_{\text{calderas}} = (80 * (60 - 12) - 75 * (60 - 12) * 0,796) * 1,16 / 0,75 = 1507,072 \text{ W}.$$

Para el dimensionado de la caldera, destinaremos 1,507 KW de la producción de la misma para el consumo de ACS.

Por tanto, la potencia total de calefacción y ACS será:

$$P_{\text{total}} = 24,667 + 1,507 = 26,174 \text{ KW}$$

Para cubrir la demanda se va a instalar una caldera de la marca HOVAL, modelo TopGas 35 para ACS y Calefacción. Esta caldera tiene una potencia nominal 80/60 °C de 31,8 KW. Si consideramos unas pérdidas de distribución del 4% (no pueden ser superiores por normativa, según RITE IT 1.2.4.2.1.1.), tenemos un total disponible de:

$$P_{\text{caldera disponible}} = 31,8 - 1,272 = 30,528 \text{ KW}.$$

Las características más importantes de la caldera HOVAL TopGas 35 son:



- Potencia nominal(con gas natural y agua a 80/60 °C): 5,8 – 32 KW
- Potencia nominal(con gas natural y agua a 40/30 °C): 6,5 – 35,5 KW
- Presión de trabajo máxima/mínima: 3,0/1,0 bar
- Temperatura máxima de servicio: 85 °C
- Contenido en agua:4,5 l
- Rendimiento 40/30 °C: 109,1 %
- Rendimiento 75/60 °C: 106,1 %
- Pérdidas de mantenimiento a 70 °C: 95 W
- Emisiones:
  - Nitrógeno: 30,0 mg/kWh
  - CO: 9,0 mg/kWh
- Dimensiones: 920 \* 650 \* 465 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 83 kg

#### 4.1.3. Selección de fan-coils

Según las cargas y los resultados obtenidos en las tablas de cargas térmicas, seleccionaremos los diferentes modelos de fan-coils que utilizaremos del catálogo de la

marca CARRIER y que instalaremos para combatir las cargas de invierno y verano y alcanzar así las condiciones de confort deseadas.

Los fan-coils pueden ser de dos o de cuatro tubos. Los fan-coils de dos tubos deberán estar todos en régimen de refrigeración ó calefacción a la vez, ya que únicamente cuentan con un conducto de entrada y otro de salida de agua. Los fan-coils de cuatro tubos, en cambio, dotan las instalaciones de una mayor versatilidad al poder satisfacer ambas necesidades gracias a sus conductos tanto de agua fría como de caliente, por lo que nuestros equipos serán de estas características.

Vamos a colocar fan-coils de tipo cassette:



La tabla sobre la que vamos a trabajar es la siguiente:

Local	Carga térmica calor (W)	Carga térmica frío (W)
Oficina 1	1341,034	1955,495
Oficina 2	1243,253	1928,294
Oficina 3	1490,453	2004,356
Oficina 4	1188,352	1906,055
Oficina 5	1329,770	1954,916
Despacho 1	1440,760	2306,186
Despacho 2	1440,760	2306,186
Despacho 3	1440,760	2306,186
Sala de reuniones	7060,238	6950,591
Vestuario masculino	3268,511	3073,093
Vestuario femenino	3423,030	3120,637

Los datos de partida para el cálculo de potencia frigorífica del fan-coil, sumados a las necesidades requeridas son:

- Temperatura seca del aire: 27 °C
- Temperatura húmeda del aire: 19 °C
- Temperatura de entrada del agua(con el ventilador en alta velocidad): 7 °C
- Incremento de temperatura del agua: 5 °C

Los datos de partida para el cálculo de potencia calorífica del fan-coil, sumados a las necesidades requeridas son:

- Temperatura del aire: 20 °C
- Temperatura de entrada del agua(con el ventilador en alta velocidad): 60 °C

Disponemos de unas tablas del fabricante en donde vienen reflejadas las capacidades frigoríficas dependiendo de la temperatura de entrada del agua a la batería, el incremento de temperatura del agua y la temperatura del aire interior del local. Al final de la tabla tenemos los factores de corrección que hay que aplicar dependiendo de la velocidad del ventilador, y de la batería si es a dos o cuatro tubos.

## Capacidades frigoríficas, batería de dos tubos (con el ventilador a alta velocidad)

Temperatura de entrada del agua °C	Diferencia de temp. de agua, K	Temperatura del aire, °C		42GW 004		42GW 008		42GW 010		42GW 012		42GW 016		42GW 020	
		bh	bs	Total	Sensible										
5	3	15	21	2,23	2,09	3,61	2,92	4,23	3,46	5,17	4,17	7,12	5,50	9,44	7,40
5	5	15	21	1,64	1,64	2,52	2,39	2,97	2,83	4,00	3,54	5,53	4,72	7,33	6,37
5	7	15	21	1,08	1,08	1,71	1,71	2,00	2,00	2,92	2,91	4,06	3,97	5,38	5,32
5	9	15	21	0,70	0,70	1,14	1,14	1,23	1,23	2,07	2,07	3,08	3,08	4,02	4,02
7	3	15	21	1,83	1,83	2,77	2,52	3,26	3,00	4,10	3,63	5,51	4,73	7,34	6,40
7	5	15	21	1,29	1,29	1,95	1,95	2,34	2,34	3,06	3,05	4,09	4,00	5,45	5,39
7	7	15	21	0,73	0,73	1,23	1,23	1,42	1,42	2,22	2,22	3,10	3,10	4,15	4,15
7	9	15	21	0,52	0,52	0,84	0,84	0,90	0,90	1,58	1,58	2,29	2,29	2,86	2,86
9	3	15	21	1,47	1,47	2,14	2,14	2,54	2,54	3,11	3,10	4,04	4,00	5,43	5,43
9	5	15	21	0,93	0,93	1,43	1,43	1,68	1,68	2,37	2,37	3,16	3,16	4,23	4,23
9	7	15	21	0,50	0,50	0,81	0,81	0,88	0,88	1,51	1,51	2,22	2,22	2,91	2,91
9	9	15	21	0,36	0,36	0,56	0,56	0,59	0,59	1,11	1,11	1,47	1,47	1,86	1,86
11	3	15	21	1,11	1,11	1,65	1,65	1,95	1,95	2,44	2,44	3,16	3,16	4,25	4,25
11	5	15	21	0,57	0,57	0,92	0,92	1,07	1,07	1,66	1,66	2,25	2,25	3,01	3,01
13	3	15	21	0,74	0,74	1,13	1,13	1,34	1,34	1,76	1,76	2,27	2,27	3,01	3,01
5	3	17	23	3,11	2,39	4,73	3,31	5,53	3,91	6,86	4,76	9,34	6,27	12,39	8,41
5	5	17	23	2,05	1,94	3,52	2,76	4,13	3,27	5,28	4,06	7,52	5,44	9,99	7,33
5	7	17	23	1,47	1,47	2,28	2,17	2,71	2,60	3,99	3,41	5,74	4,64	7,59	6,25
5	9	17	23	0,91	0,91	1,56	1,56	1,80	1,80	2,81	2,79	4,11	3,89	5,42	5,22
7	3	17	23	2,40	2,09	3,82	2,90	4,46	3,43	5,51	4,15	7,56	5,45	9,99	7,33
7	5	17	23	1,67	1,67	2,66	2,38	3,12	2,83	4,19	3,53	5,80	4,68	7,69	6,31
7	7	17	23	1,12	1,12	1,76	1,75	2,06	2,06	2,96	2,90	4,19	3,94	5,53	5,30
7	9	17	23	0,70	0,70	1,14	1,14	1,26	1,26	2,11	2,11	3,08	3,08	4,07	4,07
9	3	17	23	1,84	1,84	2,79	2,53	3,28	3,00	4,14	3,63	5,54	4,71	7,36	6,38
9	5	17	23	1,32	1,32	1,99	1,99	2,38	2,38	3,07	3,05	4,10	4,01	5,46	5,40
9	7	17	23	0,77	0,77	1,27	1,27	1,47	1,47	2,28	2,28	3,12	3,12	4,18	4,18
9	9	17	23	0,53	0,53	0,84	0,84	0,90	0,90	1,58	1,58	2,28	2,28	2,87	2,87
11	3	17	23	1,49	1,49	2,15	2,15	2,55	2,55	3,12	3,11	4,02	4,00	5,42	5,42
11	5	17	23	0,96	0,96	1,46	1,46	1,74	1,74	2,41	2,41	3,16	3,16	4,24	4,24
11	7	17	23	0,50	0,50	0,81	0,81	0,90	0,90	1,55	1,55	2,22	2,22	2,94	2,94
11	9	17	23	0,18	0,18	0,27	0,27	0,29	0,29	1,11	1,11	1,46	1,46	1,86	1,86
13	3	17	23	1,13	1,13	1,66	1,66	1,96	1,96	2,45	2,45	3,15	3,15	4,25	4,25
13	5	17	23	0,60	0,60	0,95	0,95	1,10	1,10	1,70	1,70	2,26	2,26	3,03	3,03
13	7	17	23	0,33	0,33	0,52	0,52	0,56	0,56	1,02	1,02	1,39	1,39	1,78	1,78
13	9	17	23	0,18	0,18	0,27	0,27	0,29	0,29	1,11	1,11	1,46	1,46	1,86	1,86
5	3	19	25	4,05	2,67	6,04	3,73	7,07	4,40	8,67	5,33	11,73	7,04	15,64	9,47
5	5	19	25	2,93	2,22	4,75	3,16	5,58	3,75	7,20	4,69	9,93	6,23	13,19	8,36
5	7	19	25	1,85	1,78	3,36	2,58	3,92	3,06	5,33	3,91	7,89	5,36	10,45	7,21
5	9	19	25	1,30	1,30	2,12	2,01	2,46	2,36	3,96	3,27	5,94	4,55	7,82	6,11
7	3	19	25	3,32	2,38	5,05	3,29	5,89	3,89	7,32	4,73	9,95	6,23	13,19	8,36
7	5	19	25	2,13	1,92	3,76	2,75	4,40	3,26	5,69	4,05	8,01	5,40	10,63	7,28
7	7	19	25	1,51	1,51	2,38	2,17	2,87	2,61	4,22	3,41	6,07	4,60	8,02	6,20
7	9	19	25	0,97	0,97	1,61	1,60	1,87	1,87	2,90	2,77	4,28	3,85	5,62	5,19
9	3	19	25	2,57	2,08	4,04	2,87	4,72	3,40	5,88	4,13	8,04	5,41	10,62	7,27
9	5	19	25	1,70	1,70	2,80	2,36	3,28	2,80	4,39	3,51	6,14	4,64	8,13	6,26
9	7	19	25	1,17	1,17	1,81	1,79	2,13	2,11	3,13	2,90	4,38	3,90	5,76	5,25
9	9	19	25	0,70	0,70	1,15	1,15	1,31	1,31	2,18	2,18	3,09	3,09	4,12	4,12
11	3	19	25	1,88	1,81	3,08	2,48	3,58	2,94	4,44	3,56	6,10	4,63	8,07	6,25
11	5	19	25	1,35	1,35	2,06	2,00	2,43	2,37	3,28	2,99	4,40	3,92	5,83	5,30
11	7	19	25	0,82	0,82	1,31	1,31	1,52	1,52	2,34	2,34	3,14	3,14	4,21	4,21
11	9	19	25	0,53	0,53	0,84	0,84	0,90	0,90	1,58	1,58	2,27	2,27	2,89	2,89
13	3	19	25	1,50	1,50	2,19	2,11	2,58	2,51	3,30	3,03	4,33	3,91	5,75	5,30
13	5	19	25	0,99	0,99	1,49	1,49	1,79	1,79	2,44	2,44	3,16	3,16	4,25	4,25
13	7	19	25	0,50	0,50	0,83	0,83	0,95	0,95	1,61	1,61	2,22	2,22	2,97	2,97
13	9	19	25	0,36	0,36	0,56	0,56	0,59	0,59	1,11	1,11	1,46	1,46	1,85	1,85
5	3	19	27	4,03	3,05	6,03	4,18	7,06	4,95	8,63	5,97	11,66	7,82	15,52	10,52
5	5	19	27	2,91	2,60	4,87	3,67	5,72	4,35	7,16	5,32	9,92	7,03	13,18	9,47
5	7	19	27	2,22	2,22	3,63	3,13	4,25	3,71	5,74	4,67	8,14	6,25	10,79	8,43
5	9	19	27	1,69	1,69	2,62	2,57	3,08	3,03	4,53	4,05	6,45	5,50	8,52	7,41
7	3	19	27	3,31	2,76	5,09	3,77	5,95	4,46	7,29	5,37	9,99	7,01	13,13	9,44
7	5	19	27	2,40	2,35	4,00	3,28	4,70	3,90	5,90	4,76	8,30	6,27	11,00	8,47
7	7	19	27	1,89	1,89	2,91	2,79	3,45	3,33	4,73	4,17	6,51	5,53	8,62	7,47
7	9	19	27	1,36	1,36	2,14	2,14	2,51	2,51	3,63	3,61	5,00	4,83	6,62	6,48
9	3	19	27	2,61	2,50	4,18	3,37	4,89	4,00	5,90	4,79	8,08	6,24	10,71	8,41
9	5	19	27	2,07	2,07	3,14	2,92	3,68	3,46	4,84	4,25	6,51	5,55	8,64	7,50
9	7	19	27	1,55	1,55	2,34	2,34	2,81	2,81	3,73	3,69	5,01	4,85	6,68	6,55
9	9	19	27	1,02	1,02	1,66	1,66	1,93	1,93	2,96	2,96	4,01	4,01	5,37	5,37
11	3	19	27	2,21	2,21	3,28	3,00	3,85	3,57	4,79	4,27	6,38	5,51	8,46	7,46
11	5	19	27	1,72	1,72	2,55	2,54	3,02	3,01	3,80	3,75	4,97	4,86	6,65	6,57
11	7	19	27	1,21	1,21	1,85	1,85	2,18	2,18	3,08	3,08	4,04	4,04	5,42	5,42
11	9	19	27	0,71	0,71	1,19	1,19	1,37	1,37	2,25	2,25	3,10	3,10	4,16	4,16
13	3	19	27	1,86	1,86	2,64	2,64	3,12	3,12	3,77	3,77	4,83	4,81	6,53	6,53
13	5	19	27	1,37	1,37	2,07	2,07	2,44	2,44	3,14	3,14	4,04	4,04	5,44	5,44
13	7	19	27	0,86	0,86	1,35	1,35	1,57	1,57	2,39	2,39	3,15	3,15	4,22	4,22
13	9	19	27	0,53	0,53	0,84	0,84	0,90	0,90	1,59	1,59	2,26	2,26	2,91	2,91

Condiciones Eurovent

## Capacidades frigoríficas, batería de dos tubos

Temperatura de entrada del agua °C	Diferencia de temp. de agua, K	Temperatura del aire, °C		42GW 004		42GW 008		42GW 010		42GW 012		42GW 016		42GW 020	
		bh	bs	Total	Sensible										
5	3	21	29	5,04	3,33	7,42	4,59	8,70	5,43	10,55	6,52	14,18	8,57	18,91	11,52
5	5	21	29	3,97	2,91	6,17	4,05	7,19	4,79	9,13	5,91	12,50	7,81	16,54	10,46
5	7	21	29	2,66	2,42	4,82	3,49	5,64	4,14	7,36	5,18	10,49	6,95	13,94	9,37
5	9	21	29	2,07	2,07	3,44	2,95	4,12	3,54	5,82	4,53	8,53	6,16	11,29	8,30
7	3	21	29	4,31	3,04	6,42	4,15	7,51	4,92	9,21	5,93	12,43	7,77	16,53	10,45
7	5	21	29	3,19	2,61	5,21	3,65	6,08	4,33	7,72	5,32	10,61	7,00	14,03	9,40
7	7	21	29	2,22	2,19	3,88	3,12	4,54	3,70	6,01	4,64	8,61	6,19	11,42	8,35
7	9	21	29	1,74	1,74	2,72	2,60	3,21	3,08	4,78	4,05	6,80	5,45	8,98	7,35
9	3	21	29	3,54	2,74	5,41	3,74	6,32	4,43	7,79	5,34	10,55	6,97	14,00	9,38
9	5	21	29	2,49	2,36	4,23	3,26	4,96	3,88	6,22	4,73	8,67	6,21	11,50	8,39
9	7	21	29	1,93	1,93	3,04	2,77	3,56	3,29	4,96	4,15	6,86	5,48	9,07	7,41
9	9	21	29	1,41	1,41	2,19	2,18	2,57	2,57	3,72	3,57	5,16	4,80	6,83	6,46
11	3	21	29	2,74	2,45	4,40	3,34	5,13	3,96	6,26	4,74	8,57	6,17	11,36	8,34
11	5	21	29	2,09	2,09	3,29	2,91	3,86	3,45	5,05	4,22	6,82	5,48	9,08	7,43
11	7	21	29	1,59	1,59	2,40	2,38	2,86	2,84	3,87	3,66	5,16	4,80	6,86	6,51
11	9	21	29	1,07	1,07	1,71	1,71	2,00	2,00	3,02	3,02	4,02	4,02	5,40	5,40
13	3	21	29	2,21	2,21	3,44	2,96	4,02	3,52	4,97	4,22	6,68	5,45	8,86	7,37
13	5	21	29	1,74	1,74	2,59	2,54	3,05	3,01	3,93	3,71	5,11	4,80	6,81	6,52
13	7	21	29	1,24	1,24	1,89	1,89	2,24	2,24	3,12	3,12	4,04	4,04	5,43	5,43
13	9	21	29	0,72	0,72	1,23	1,23	1,42	1,42	2,32	2,32	3,12	3,12	4,20	4,20
5	3	23	31	6,12	3,61	8,92	5,00	10,48	5,91	12,59	7,07	16,86	9,31	22,53	12,50
5	5	23	31	5,01	3,17	7,61	4,44	8,88	5,24	11,17	6,46	15,22	8,57	20,19	11,46
5	7	23	31	3,80	2,73	6,24	3,89	7,32	4,62	9,59	5,82	13,29	7,74	17,64	10,39
5	9	23	31	2,55	2,33	4,74	3,32	5,53	3,94	7,54	5,03	11,10	6,87	14,71	9,24
7	3	23	31	5,38	3,31	7,92	4,57	9,29	5,40	11,25	6,48	15,12	8,52	20,16	11,44
7	5	23	31	4,26	2,90	6,59	4,03	7,67	4,75	9,77	5,88	13,36	7,77	17,67	10,40
7	7	23	31	2,96	2,45	5,21	3,50	6,09	4,15	8,02	5,21	11,26	6,93	14,95	9,33
7	9	23	31	2,06	2,05	3,75	2,96	4,39	3,52	6,13	4,51	9,09	6,11	12,03	8,24
9	3	23	31	4,60	3,02	6,86	4,13	8,02	4,89	9,83	5,90	13,26	7,72	17,64	10,38
9	5	23	31	3,47	2,62	5,56	3,63	6,45	4,29	8,26	5,29	11,35	6,96	14,97	9,33
9	7	23	31	2,34	2,22	4,17	3,12	4,88	3,70	6,41	4,62	9,20	6,15	12,20	8,31
9	9	23	31	1,79	1,79	2,83	2,60	3,39	3,12	5,04	4,04	7,18	5,40	9,48	7,29
11	3	23	31	3,79	2,73	5,75	3,70	6,71	4,39	8,31	5,31	11,27	6,92	14,94	9,32
11	5	23	31	2,59	2,32	4,50	3,24	5,24	3,94	6,65	4,71	9,25	6,17	12,21	8,31
11	7	23	31	1,96	1,96	3,21	2,77	3,76	3,29	5,20	4,13	7,23	5,43	9,56	7,34
11	9	23	31	1,46	1,46	2,26	2,23	2,65	2,62	3,93	3,56	5,40	4,74	7,10	6,40
13	3	23	31	2,93	2,44	4,66	3,30	5,44	3,92	6,69	4,72	9,14	6,13	12,08	8,26
13	5	23	31	2,11	2,11	3,46	2,87	4,06	3,41	5,27	4,18	7,20	5,43	9,55	7,35
13	7	23	31	1,62	1,62	2,48	2,41	2,94	2,87	4,06	3,64	5,41	4,75	7,14	6,44
13	9	23	31	1,12	1,12	1,76	1,76	2,06	2,06	3,08	3,07	4,06	4,03	5,42	5,41
5	3	25	33	7,29	3,87	10,52	5,40	12,38	6,38	14,78	7,60	19,72	10,03	26,40	13,46
5	5	25	33	6,14	3,43	9,22	4,84	10,77	5,70	13,36	7,00	18,11	9,30	24,07	12,43
5	7	25	33	5,02	3,04	7,83	4,30	9,10	5,06	11,85	6,39	16,30	8,53	21,55	11,39
5	9	25	33	3,61	2,57	6,26	3,72	7,32	4,41	9,98	5,68	14,11	7,66	18,74	10,29
7	3	25	33	6,54	3,58	9,53	4,97	11,19	5,87	13,44	7,02	18,00	9,25	24,04	12,41
7	5	25	33	5,38	3,16	8,16	4,42	9,51	5,21	11,95	6,42	16,26	8,51	21,56	11,39
7	7	25	33	4,18	2,76	6,74	3,89	7,85	4,60	10,36	5,82	14,28	7,72	18,87	10,33
7	9	25	33	2,72	2,30	5,17	3,34	6,03	3,96	8,29	5,08	11,95	6,85	15,83	9,22
9	3	25	33	5,75	3,29	8,47	4,54	9,93	5,36	12,02	6,44	16,15	8,46	21,53	11,36
9	5	25	33	4,57	2,89	7,05	4,01	8,20	4,72	10,45	5,85	14,28	7,72	18,88	10,33
9	7	25	33	3,28	2,47	5,61	3,49	6,57	4,14	8,72	5,22	12,10	6,90	16,01	9,28
9	9	25	33	2,19	2,08	4,08	2,97	4,76	3,53	6,57	4,50	9,75	6,08	12,89	8,20
11	3	25	33	4,92	3,00	7,34	4,11	8,58	4,86	10,50	5,86	14,19	7,67	18,84	10,31
11	5	25	33	3,74	2,61	5,93	3,60	6,89	4,26	8,86	5,27	12,15	6,92	16,01	9,27
11	7	25	33	2,46	2,24	4,46	3,10	5,21	3,68	6,87	4,60	9,84	6,11	13,04	8,25
11	9	25	33	1,84	1,84	3,03	2,61	3,62	3,13	5,30	4,02	7,62	5,36	10,07	7,25
13	3	25	33	4,05	2,71	6,14	3,68	7,16	4,35	8,89	5,27	12,05	6,88	15,97	9,25
13	5	25	33	2,83	2,33	4,81	3,22	5,56	3,81	7,14	4,68	9,89	6,13	12,99	8,23
13	7	25	33	1,99	1,99	3,36	2,74	3,94	3,26	5,45	4,10	7,66	5,38	10,13	7,28
13	9	25	33	1,51	1,51	2,32	2,24	2,74	2,66	4,14	3,55	5,66	4,69	7,47	6,35

## Capacidades frigoríficas, batería de cuatro tubos

Para obtener las capacidades frigoríficas para baterías de cuatro tubos, multiplicar los valores de la tabla anterior para las baterías de dos tubos por los siguientes factores de corrección:

42GW	Factor de corrección
004	0,79
008	0,85
010	0,84
020	0,89

## Factores de corrección

42GW	Capacidad	Velocidad del ventilador		
		Alta	Media	Baja
004	Total	1	0,76	0,65
	Sensible	1	0,73	0,62
008	Total	1	0,71	0,48
	Sensible	1	0,71	0,47
010	Total	1	0,75	0,61
	Sensible	1	0,73	0,58
012	Total	1	0,76	0,57
	Sensible	1	0,75	0,57
016	Total	1	0,74	0,49
	Sensible	1	0,73	0,47
020	Total	1	0,74	0,42
	Sensible	1	0,73	0,40

## Capacidades caloríficas, batería de cuatro tubos (con el ventilador a alta velocidad)

Caudal de agua		Diferencia de temp. disponible K	42GW 004	42GW 008	42GW 010	42GW 020
l/h	l/s					
68	0.02	20	0.39	-	-	-
80	0.02	20	0.41	-	-	-
150	0.04	20	0.50	1.01	1.10	2.58
200	0.06	20	0.53	1.10	1.21	3.07
250	0.07	20	0.55	1.17	1.29	3.44
300	0.08	20	0.57	1.21	1.35	3.73
400	0.11	20	0.59	1.28	1.43	4.18
600	0.17	20	0.62	1.35	1.52	4.75
800	0.22	20	0.63	1.39	1.58	5.09
1000	0.28	20	0.64	1.41	1.61	5.31
2000	0.56	20	0.66	1.47	1.68	5.82
3000	0.83	20	0.67	1.49	1.71	6.00
4000	1.11	20	0.67	1.50	1.73	6.10
<hr/>						
200	0.06	30	0.81	1.68	1.85	4.60
250	0.07	30	0.84	1.77	1.96	5.14
300	0.08	30	0.86	1.84	2.05	5.58
400	0.11	30	0.90	1.93	2.17	6.27
600	0.17	30	0.93	2.03	2.30	7.13
800	0.22	30	0.95	2.09	2.38	7.64
1000	0.28	30	0.96	2.13	2.43	7.97
2000	0.56	30	0.99	2.21	2.54	8.73
3000	0.83	30	1.00	2.24	2.58	9.01
4000	1.11	30	1.00	2.26	2.60	9.16
<hr/>						
250	0.07	40	1.13	2.38	2.64	6.84
300	0.08	40	1.16	2.47	2.75	7.42
400	0.11	40	1.20	2.59	2.91	8.35
600	0.17	40	1.25	2.73	3.09	9.50
800	0.22	40	1.27	2.80	3.19	10.2
1000	0.28	40	1.29	2.85	3.25	10.6
2000	0.56	40	1.32	2.96	3.39	11.6
3000	0.83	40	1.33	2.99	3.44	12.0
4000	1.11	40	1.34	3.01	3.47	12.2
<hr/>						
300	0.08	50	1.46	3.11	3.47	9.27
400	0.11	50	1.51	3.26	3.66	10.4
600	0.17	50	1.57	3.43	3.88	11.9
800	0.22	50	1.60	3.52	4.00	12.7
1000	0.28	50	1.62	3.58	4.08	13.3
2000	0.56	50	1.66	3.70	4.25	14.6
3000	0.83	50	1.67	3.75	4.31	15.0
4000	1.11	50	1.68	3.77	4.34	15.3
<hr/>						
350	0.10	60	1.83	3.91	4.37	12.0
400	0.11	60	1.85	3.99	4.48	12.6
600	0.17	60	1.92	4.20	4.75	14.4
800	0.22	60	1.96	4.32	4.91	15.5
1000	0.28	60	1.98	4.39	5.00	16.2
2000	0.56	60	2.03	4.55	5.22	17.7
3000	0.83	60	2.05	4.61	5.30	18.3
4000	1.11	60	2.06	4.64	5.34	18.6
<hr/>						
400	0.11	70	2.17	4.68	5.26	14.7
600	0.17	70	2.25	4.92	5.57	16.8
800	0.22	70	2.29	5.05	5.74	18.1
1000	0.28	70	2.32	5.14	5.86	18.9
2000	0.56	70	2.38	5.32	6.10	20.7
3000	0.83	70	2.40	5.38	6.19	21.4
4000	1.11	70	2.41	5.42	6.24	21.7

Diferencia de temperatura disponible = temperatura de entrada del agua caliente - temperatura seca de entrada del aire  
 Máxima temperatura del agua en funcionamiento 80°C, máx. presión en funcionamiento 14 bar

## Distancia de descarga de aire, m

42GW	Todas las rejillas orientables abiertas			Una rejilla cerrada		Velocidad baja	Dos rejillas cerradas		Velocidad baja
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja	Velocidad alta	Velocidad media		Velocidad alta	Velocidad media	
004	3.8	3.2	2.7	4.3	3.7	3.0	4.8	4.1	3.4
008	4.0	3.4	2.8	4.5	3.8	3.2	5.0	4.3	3.5
010	4.8	4.1	3.4	5.3	4.5	3.7	5.8	4.9	4.1
012	3.0	2.6	2.1	3.5	3.0	2.5	4.0	3.4	2.8
016	3.4	2.9	2.4	3.9	3.3	2.7	4.4	3.7	3.1
020	4.3	3.7	3.0	4.8	4.1	3.4	5.3	4.5	3.7

**Notas:**

- Las rejillas se ajustaron para utilizar el efecto Coanda, con el fin de obtener un patrón de circulación de aire lo más adherido al techo posible y paralelo a éste.
- La distancia de descarga de aire se define como aquella a la que la velocidad de circulación del aire desciende a 0,2 m/s, cuando el aire sale de la unidad paralelo al techo.
- Los valores deben considerarse sólo orientativos, ya que pueden variar en función del tipo de techo, de las dimensiones de la habitación e incluso de los muebles utilizados.

## Contenido de agua de la batería

42GW	004	008	010	012	016	020	
Contenido de agua	1	0,55	1,1	1,1	1,6	2,4	2,4

## Límites de funcionamiento

### Circuito de agua

Máxima presión en el lado del agua	1400 kPa
Mínima temperatura de entrada del agua	+4°C
Máxima temperatura de entrada del agua	+80°C

### Aire ambiente

Temperatura mínima	5°C*
Temperatura máxima	32°C

### Alimentación eléctrica

Tensión monofásica nominal	230 V, 50 Hz
Límites de tensión de funcionamiento	198 V-264 V

\* Si la temperatura ambiente de la habitación puede descender hasta 0 °C, es aconsejable vaciar el circuito de agua para evitar daños por el hielo.

## Niveles sonoras

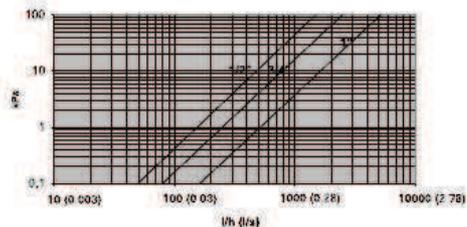
42GW	Lw(A)			Lp(A)			NR		
	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja	Velocidad alta	Velocidad media	Velocidad baja
004	47	37	30	38	28	21	34	24	17
008	49	41	30	40	32	21	37	28	18
010	54	48	43	45	39	34	40	35	30
012	49	40	34	40	31	25	36	27	20
016	56	49	38	47	40	29	43	36	25
020	63	55	42	54	46	33	50	42	29

Los niveles de presión sonora en dB(A) y los valores nominales de ruido NR se refieren a una unidad instalada en el techo y medidos en una habitación de 100 m<sup>3</sup> con un tiempo de reverberación de 0,5 segundos.

Lp(A) - Nivel de presión sonora, dB(A)  
 Lw(A) - Nivel de potencia acústica, dB(A)  
 NR - Valores nominales de ruido, dB(A)

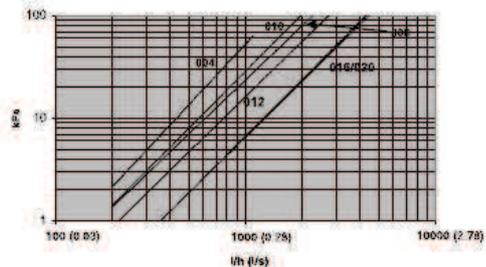
## Pérdidas de carga

### Kit de montaje de válvulas



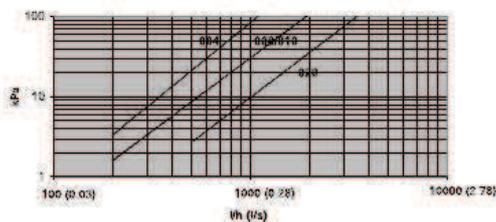
### Batería de dos tubos

Sólo la batería (conexiones de agua y válvulas no incluidas)



### Batería de cuatro tubos

Sólo la batería (conexiones de agua y válvulas no incluidas)



No. de pedido: 84202-20, 05.2005. Reemplaza no. de pedido: 84202-20, 06.2003.  
 El fabricante se reserva el derecho de hacer cualquier modificación sin previo aviso.

Fabricado por: Carrier, Villasanta, Italia.  
 Impreso en Holanda.

En el cálculo de los fan-coils, vamos a poner como ejemplo el cálculo para la oficina 1. Todas las demás habitaciones se harán de la misma manera.

Para calcular el modelo de fan-coil adecuado, primero se comprobará que las prestaciones frigoríficas de dicho fan-coil complacen las necesidades creadas en la habitación, en este caso la oficina 1. Con los datos de partida dados, para elegir los fan-coils de cassette, vamos a la línea:

Temperatura de entrada del agua °C	Diferencia de temp. de agua, K	Temperatura del aire, °C		42GW 004		42GW 008		42GW 010		42GW 012		42GW 016		42GW 020	
		bh	bs	Total	Sensible										
7	3	19	27	3,31	2,76	5,09	3,77	5,95	4,46	7,29	5,37	9,89	7,01	13,13	9,44
7	5	19	27	2,40	2,35	4,00	3,28	4,70	3,90	5,90	4,76	8,30	6,27	11,00	8,47
7	7	19	27	1,89	1,89	2,91	2,79	3,45	3,33	4,73	4,17	6,51	5,53	8,62	7,47

Carga térmica frigorífica oficina 1: 1955,495 W. Cogemos de la tabla el valor 2,40 KW, del fan-coil 42GW 004. Le aplicamos su factor de corrección:

$$2400 \text{ W} * 0,79 = 1896 \text{ W}$$

Como no satisface la demanda, cogemos el siguiente valor: 4,00 KW del fan-coil 42GW 008. Le aplicamos su factor de corrección:

$$4000 \text{ W} * 0,85 = 3400 \text{ W}$$

Como 3400 W es mayor que 1955,495 W, cubre la demanda.

Ahora hay que calcular que cumpla la demanda calorífica. Con los datos de partida dados, vamos al grupo de la tabla:

Caudal de agua		Diferencia de temp. disponible K	42GW 004	42GW 008	42GW 010	42GW 020
l/h	l/s					
250	0,07	40	1,13	2,38	2,64	6,84
300	0,08	40	1,16	2,47	2,75	7,42
400	0,11	40	1,20	2,59	2,91	8,35
600	0,17	40	1,25	2,73	3,09	9,50
800	0,22	40	1,27	2,80	3,19	10,2
1000	0,28	40	1,29	2,85	3,25	10,6
2000	0,56	40	1,32	2,96	3,39	11,6
3000	0,83	40	1,33	2,99	3,44	12,0
4000	1,11	40	1,34	3,01	3,47	12,2

Carga térmica calorífica oficina 1: 1341,034 W

Elegimos el primer valor, ya que 2380 W es superior a la demanda solicitada. Para que el 42GW 008 cubra la demanda de calor habrá que impulsar un caudal de agua por la batería de 250 l/h.

Para obtener los caudales de la batería de frío en l/h, se divide la potencia frigorífica de las prestaciones del fan-coil (kcal/h) entre el incremento de temperatura del agua a su entrada y salida de la batería (°C).

En nuestro ejemplo, tenemos:

$$(3400 * 0,8598) / 5 = 584,664 \text{ l/h.}$$

Entonces, el caudal en la batería de frío será de 584,664 l/h.

Siguiendo el mismo procedimiento en todos los locales, obtenemos la siguiente elección de fan-coils:

Local	Modelo fan-coil	Uds.	Prestaciones calor unidad (W)	Q <sub>c</sub> (l/h)	Prestaciones frío unidad (W)	Q <sub>f</sub> (l/h)
Oficina 1	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 2	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 3	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Oficina 4	42GW 004	1	1200	400	1896	326,036
Oficina 5	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 1	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 2	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Despacho 3	42GW 008	1	2380	250	3400	584,664
Sala de reuniones	42GW 010	2	3440	3000	3948	678,898
Vestuario masculino	42GW 010	1	3390	2000	3948	678,898
Vestuario femenino	42GW 010	1	3440	3000	3948	678,898

#### 4.1.4. Cálculo de la red de conductos

La red de conductos se diseña para conseguir llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseados. Antes de entrar en el diseño de la red de conductos, vamos a introducir las propiedades físicas del aire, el concepto de diámetro equivalente y el cálculo de pérdidas de carga.

#### Propiedades físicas del aire

Obviamente las propiedades físicas del aire van a depender de la temperatura y de la presión. En el diseño de conductos, las propiedades más utilizadas son la densidad y la viscosidad. La densidad se puede aproximar como:

$$\rho = \frac{Patm}{287 * T}$$

Donde:

- $P_{atm}$  = presión atmosférica (Pa)
- $T$  = temperatura del aire (K)
- $\rho$  = densidad del aire ( $\text{kg/m}^3$ )

De todas formas, puede tomarse como aproximación una densidad del aire constante de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

En cuanto a la viscosidad del aire, se puede obtener gracias a la fórmula:

$$\mu = 1,724 * 10^{-5} * \left( \frac{T}{273,16} \right)^{0,76}$$

Donde  $\mu$  está en  $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$  y  $T$  en K.

El efecto de la presión en la determinación de las propiedades del aire sólo tiene efecto cuando la instalación se ubica a mucha altura sobre el nivel del mar.

### **Diámetro equivalente**

Los conductos utilizados en la distribución del aire pueden ser circulares o rectangulares. Debido a que la mayoría de las tablas y expresiones se dan para conductos circulares, resulta muy útil el concepto de diámetro equivalente.

Para determinar el diámetro equivalente de un conducto rectangular puede utilizarse la expresión:

$$D_{eq} = 1,3 * \frac{(H*W)^{0,625}}{(H+W)^{0,25}}$$

Donde:

- $D_{eq}$  = diámetro equivalente
- $H$  = altura del conducto
- $W$  = anchura del conducto

De todas formas, resulta de gran utilidad la tabla de diámetros equivalentes que se adjunta a continuación:

CONDUCTO (mm.)	150		200		250		300		350	
	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ
250	0.036	213	0.048	249		287				
300	0.042	231	0.057	272	0.071	302	0.087	333		
350	0.043	249	0.067	292	0.084	328	0.103	367	0.119	389
400	0.055	264	0.075	308	0.094	348	0.115	384	0.134	414
450	0.061	280	0.084	328	0.106	368	0.129	407	0.151	439
500	0.067	292	0.092	343	0.117	384	0.142	427	0.163	460
550	0.072	305	0.100	358	0.128	404	0.156	447	0.184	485
600	0.078	315	0.107	377	0.139	422	0.169	465	0.193	503
650	0.032	326	0.118	384	0.149	435	0.182	483	0.214	524
700	0.083	335	0.123	396	0.158	450	0.193	498	0.229	541
750	0.093	346	0.130	409	0.168	465	0.205	514	0.244	559
800	0.099	356	0.137	479	0.179	478	0.218	529	0.260	576
850	0.105	366	0.148	432	0.188	490	0.230	544	0.274	592
900	0.109	374	0.153	442	0.198	504	0.242	556	0.288	607
950	0.113	381	0.160	452	0.208	516	0.255	572	0.303	622
1000	0.113	389	0.167	463	0.216	526	0.267	585	0.318	637
1050	0.123	396	0.172	470	0.225	536	0.276	595	0.330	650
1100	0.128	404	0.130	480	0.233	546	0.288	607	0.343	662
1150	0.132	412	0.188	488	0.242	556	0.293	618	0.359	678
1200	0.137	419	0.193	498	0.250	567	0.310	630	0.373	691
1250			0.196	506	0.260	577	0.320	641	0.384	701
1300			0.205	574	0.270	587	0.330	657	0.398	714
1350			0.212	521	0.276	595	0.343	664	0.410	724
1400			0.218	531	0.286	605	0.354	674	0.422	734
1450			0.225	636	0.296	676	0.365	684	0.434	744
1500			0.237	544	0.303	622	0.376	694	0.448	756
1600			0.244	559	0.320	640	0.392	709	0.472	778
1700					0.336	656	0.415	729	0.497	798
1800					0.355	674	0.436	746	0.527	820
1900					0.380	696	0.454	762	0.543	834
2000					0.384	701	0.478	782	0.570	854
2100							0.502	800	0.594	876
2200							0.517	813	0.615	887
2300							0.535	828	0.640	905
2400							0.546	839	0.650	920
2500									0.685	937
2600									0.704	951
2700									0.731	966
2800									0.750	981
2900										
3000										
3100										
3200										
3300										
3400										
3500										
3600										

CONDUCTO (mm.)	400		450		500		550		600	
	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ
250										
300										
350										
400	0.154	445								
450	0.173	470	0.196	507						
500	0.192	496	0.216	526	0.242	556				
550	0.210	518	0.238	551	0.264	582	0.292	672		
600	0.229	541	0.257	574	0.288	607	0.316	638	0.346	666
650	0.246	561	0.278	597	0.310	630	0.341	664	0.373	692
700	0.265	582	0.301	620	0.333	655	0.363	689	0.401	716
750	0.283	602	0.320	640	0.360	677	0.392	717	0.433	745
800	0.301	620	0.341	667	0.381	696	0.418	734	0.457	765
850	0.318	637	0.360	678	0.404	779	0.443	756	0.485	788
900	0.336	656	0.378	696	0.424	736	0.467	775	0.517	813
950	0.352	671	0.398	774	0.448	757	0.494	798	0.542	834
1000	0.368	686	0.418	732	0.469	775	0.517	816	0.569	853
1050	0.384	707	0.436	741	0.492	793	0.540	834	0.597	874
1100	0.401	776	0.453	762	0.513	810	0.563	852	0.624	894
1150	0.416	729	0.472	777	0.534	825	0.686	869	0.652	914
1200	0.430	742	0.491	793	0.553	841	0.611	887	0.675	930
1250	0.448	757	0.510	808	0.573	856	0.633	903	0.702	949
1300	0.463	770	0.530	824	0.594	871	0.656	975	0.728	966
1350	0.478	782	0.546	836	0.614	896	0.879	935	0.755	984
1400	0.492	793	0.563	849	0.636	902	0.702	957	0.779	999
1450	0.507	806	0.580	862	0.654	975	0.724	965	0.798	1011
1500	0.523	879	0.802	876	0.673	927	0.747	983	0.822	1027
1600	0.548	841	0.636	902	0.714	956	0.790	1008	0.872	1057
1700	0.580	862	0.665	923	0.752	981	0.831	1034	0.923	1088
1800	0.810	885	0.697	946	0.786	1004	0.676	1063	0.961	1775
1900	0.632	900	0.735	971	0.824	1029	0.923	1088	0.998	1147
2000	0.670	925	0.766	991	0.853	1052	0.961	1113	1.063	1168
2100	0.698	946	0.792	1008	0.900	1075	0.993	1133	1.108	1192
2200	0.730	966	0.827	1030	0.934	1095	1.035	1152	1.155	1277
2300	0.753	982	0.368	1055	0.962	1113	1.081	1177	1.192	1237
2400	0.778	996	0.893	1070	0.999	1130	1.118	1200	1.226	1258
2500	0.787	7020	0.907	1080	1.045	1155	1.138	1210	1.285	1285
2600	0.324	1030	0.940	1705	1.072	1172	1.202	1240	1.350	1315
2700	0.852	1045	0.952	1179	1.110	1194	1.238	1267	1.368	1325
2800	0.880	7063	1.005	1735	1.138	1205	1.275	1278	1.396	1348
2900	0.906	1078	1.040	1158	1.165	1222	1.320	1303	1.460	1370
3000	0.925	1090	1.065	1168	1.210	1248	1.330	1308	1.497	1387
3100	0.940	1105	1.100	1785	1.233	1260	1.387	1331	1.535	1402
3200	0.953	1120	1.120	1197	1.277	1279	1.432	1353	1.580	1425
3300			1.156	1276	1.302	1292	1.460	1368	1.608	1486
3400			1.185	1237	1.334	1370	1.493	1380	1.655	1456
3500			1.220	1247	1.352	1321	1.525	1397	1.710	1478
3600			1.230	1252	1.397	1344	1.551	1414	1.738	1490

## Pérdidas de carga

Dentro del conducto el fluido experimenta una pérdida de presión por rozamiento, denominándose ésta pérdida de carga. Estas pérdidas de carga se dividen en pérdidas en el conducto y pérdidas en singularidades.

### - Pérdidas en conducto

Se produce una pérdida de carga por el paso del aire en el conducto, la cual suele expresarse por metro de longitud como:

$$\frac{\Delta P}{L} \text{ (Pa/m)} = f * \frac{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{D_{\text{eq}} \text{ (m)}} * \frac{c^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{2}$$

Donde:

- $\frac{\Delta P}{L}$  = Incremento de presión lineal.
- $f$  = factor de fricción (adimensional) del material.
- $\rho$  = Densidad del aire.
- $D_{\text{eq}}$  = Diámetro equivalente.
- $c$  = velocidad del aire.

### - Pérdidas en singularidades

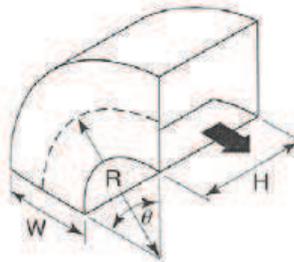
Habitualmente estas pérdidas se miden de forma experimental y se determinan por expresiones del tipo:

$$\Delta P = K * \rho \text{ (kg / m}^3\text{)} * \frac{c^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{2}$$

Donde:

- $\rho$  = Densidad del aire
- $c$  = velocidad del aire
- $K$  = el factor de forma de la singularidad

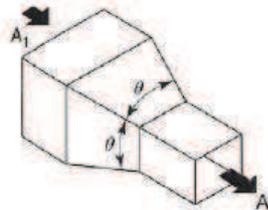
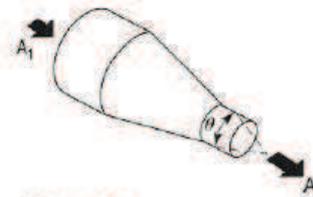
**TABLAS DE COEFICIENTES DE PÉRDIDA EN ACCESORIOS  
 (CONDUCTOS DE AIRE)**



$\theta = 90^\circ$

r/w	H/W										
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
0,5	1,5	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	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	0,21
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	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

**Codo rectangular (radio suave)**

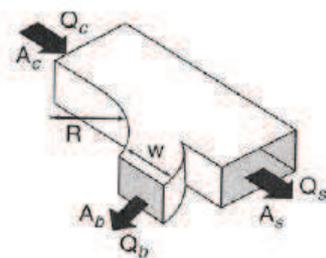


A1/A	$\theta$						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0,05	0,05	0,06	0,12	0,18	0,24	0,26
4	0,05	0,04	0,07	0,17	0,27	0,35	0,41
6	0,05	0,04	0,07	0,18	0,28	0,36	0,42
10	0,05	0,05	0,08	0,19	0,29	0,37	0,43

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

( $v_p$  = velocidad en la sección A)

**Contracciones**



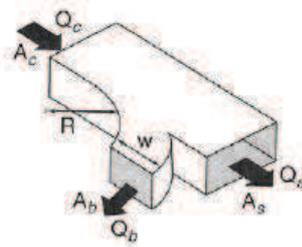
$R/W = 10$

(90°)

A <sub>b</sub> /A <sub>s</sub>	A <sub>b</sub> /A <sub>c</sub>	Q <sub>b</sub> /Q <sub>c</sub>							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,25	0,25	0,55	0,50	0,60	0,85	1,2	1,8	3,1	4,4
0,35	0,25	0,35	0,35	0,50	0,80	1,3	2,0	2,8	3,8
0,50	0,50	0,62	0,48	0,40	0,40	0,48	0,60	0,78	1,1
0,67	0,50	0,52	0,40	0,32	0,30	0,34	0,44	0,62	0,92
1,0	0,50	0,44	0,38	0,38	0,41	0,52	0,68	0,92	1,2
1,0	1,0	0,67	0,55	0,46	0,37	0,32	0,29	0,29	0,30
1,33	1,0	0,70	0,60	0,51	0,42	0,34	0,28	0,26	0,26
2,0	1,0	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	0,17	0,15	0,17

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

**C en derivación**



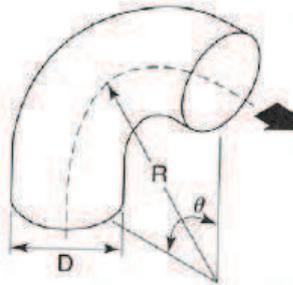
$R/W = 10$

(90°)

$A_b/A_s$	$A_b/A_c$	$Q_b/Q_c$								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
0,25	0,25	-0,01	-0,03	-0,01	0,05	0,13	0,21	0,29	0,38	
0,35	0,25	0,08	0	-0,02	-0,01	0,02	0,08	0,16	0,24	
0,50	0,50	-0,03	-0,06	-0,05	0	0,06	0,12	0,19	0,27	
0,67	0,50	0,04	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01	0,04	0,12	0,23	
1,0	0,50	0,72	0,48	0,28	0,13	0,05	0,04	0,09	0,18	
1,0	1,0	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	0,06	0,13	0,22	0,30	
1,33	1,0	0,10	0	0,01	-0,03	-0,01	0,03	0,10	0,20	
2,0	1,0	0,62	0,38	0,23	0,13	0,08	0,05	0,06	0,10	

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

C en conducto principal



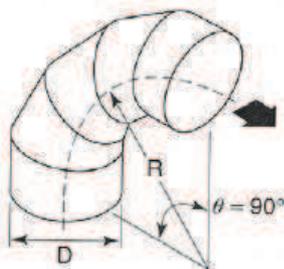
$R/D$	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$C_0$	0,71	0,33	0,22	0,15	0,13	0,12

$\theta$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
$K$	0	0,31	0,45	0,60	0,70	0,85	1,0	1,13	1,20	1,28	1,40

$$C = C_0 K$$

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

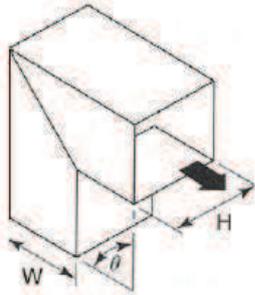
C en codo suave circular



Piezas	$R/D$				
	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
5	-	0,46	0,33	0,24	0,19
4	-	0,50	0,37	0,27	0,24
3	0,98	0,54	0,42	0,34	0,33

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

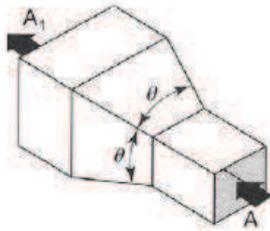
C en codo varias piezas



$\theta$	$H/W$					
	0,5	0,75	1,0	2,0	3,0	4,0
20	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
30	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,13
45	0,37	0,36	0,34	0,31	0,28	0,27
60	0,59	0,57	0,55	0,52	0,46	0,43
75	0,87	0,84	0,81	0,77	0,67	0,63
90	1,30	1,20	1,20	1,10	0,98	0,92

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

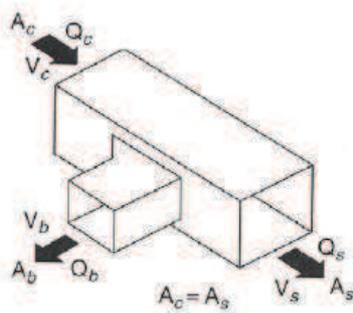
C en codo rectangular



$A_1/A$	$\theta$					
	30	45	60	90	120	180
2	0,25	0,29	0,31	0,32	0,33	0,30
4	0,50	0,56	0,61	0,63	0,63	0,63
6	0,58	0,68	0,72	0,76	0,76	0,75
$\geq 10$	0,59	0,70	0,80	0,87	0,85	0,86

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

C en transición rectangular



$V_b/V_c$	$Q_b/Q_c$							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,2	0,91							
0,4	0,81	0,79						
0,6	0,77	0,72	0,70					
0,8	0,78	0,73	0,69	0,66				
1,0	0,78	0,98	0,85	0,79	0,74			
1,2	0,90	1,11	1,16	1,23	1,03	0,86		
1,4	1,19	1,22	1,26	1,29	1,54	1,25	0,92	
1,6	1,35	1,42	1,55	1,59	1,63	1,50	1,31	1,09

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

C en "T" (45°)

## **Dimensionado de conductos**

La red de conductos será de chapa galvanizada aislada en sus tramos de impulsión y retorno según normativa.

A continuación se muestra la tabla de cálculo de conductos en donde se aplican las formulas indicadas en el anterior apartado:

RED DE IMPULSION AIRE

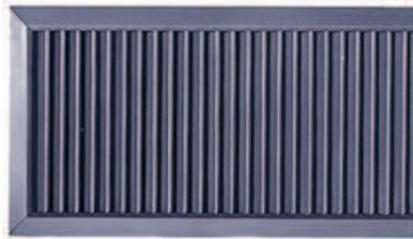
Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	D (mm)	A (cm)	H (cm)	Área cm <sup>2</sup>	Diámetro mm	Velocidad (m/s)	L (m)	$\Delta P_{in}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{accid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{comp}$ regulación (mm c.a.)	$\Delta P_{comp}$ cortafuegos (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)
A-B	827,28	245	25	20	500	249	4,8	12	1,40	0,99		3	5,39	5,39
B-C	323,28	170	15	15	225	164	4,1	3,5	0,45	0,43			0,89	6,28
C-1	161,64	130	15	10	150	150	3,1	1,75	0,14	0,24			0,38	6,65
C-2	161,64	130	15	10	150	150	3,1	5,8	0,47	0,47			0,94	7,22
B-D	504	205	25	15	375	213	4,1	5,85	0,58	0,36	4		4,94	10,33
D-E	108	115	15	10	150	133	3,2	3	0,29	0,21	4		4,51	14,84
E-3	36	84	15	5	75	100	2,2	1,85	0,11	0,10			0,21	15,05
E-F	72	95	10	10	100	109	3	2,7	0,28	0,18			0,46	15,30
F-4	36	84	15	5	75	100	2,2	1,85	0,11	0,10			0,21	15,51
F-5	36	84	15	5	75	100	2,2	4,5	0,28	0,22			0,49	15,79
D-G	396	190	20	15	300	189	4,1	2,8	0,31	0,36			0,68	11,01
G-H	72	95	10	10	100	109	3	3	0,31	0,37			0,68	11,69
H-6	36	84	15	5	75	100	2,2	1,75	0,11	0,12			0,22	11,91
H-7	36	84	15	5	75	100	2,2	4,55	0,28	0,23			0,51	12,20
G-I	324	170	20	15	300	189	4,1	6,4	0,72	1,13	4		5,85	16,86
I-8	36	84	15	5	75	100	2,2	4	0,24	0,12			0,36	17,22
I-J	288	165	15	15	225	164	3,7	3,8	0,40	0,42			0,82	17,68
J-9	36	84	15	5	75	100	2,2	4	0,24	0,12			0,36	18,04
J-K	252	155	15	15	225	164	3,7	3,8	0,40	0,38	4		4,78	22,46
K-10	36	84	15	5	75	100	2,2	4	0,24	0,12			0,36	22,82
K-L	216	145	15	15	225	164	3,2	10,5	0,83	0,43	4		5,26	27,72
L-11	216	145	20	10	200	150	3,2	1,75	0,15	0,24			0,40	28,11
L 12	216	145	20	10	200	150	3,2	5,6	0,48	0,49			0,97	29,09

RED DE RETORNO AIRE

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	D (mm)	A (cm)	H (cm)	area real cm <sup>2</sup>	D mm	Velocidad (m/s)	L (m)	$\Delta P_{fin}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{comp}$ regulación (mm c.a.)	$\Delta P_{comp}$ cortafuegos (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{comp}$ rejillas (mm c.a.)
A-B	827,28	245	25	20	500	249	4,8	12	1,40	0,42		3	4,83	4,83	
B-C	323,28	170	15	15	225	164	4,1	3,25	0,42	0,43			0,85	5,68	
C-D	161,64	130	15	10	150	150	3,1	1	0,08	0,24			1,82	7,49	1,5
C-E	161,64	130	15	10	150	150	3,1	5	0,40	0,47			2,38	8,05	1,5
B-F	504	205	25	15	375	213	4,1	5,75	0,57	0,36	4		4,93	9,76	
F-G	180	130	15	10	150	133	3,2	2,25	0,22	0,21	4		4,43	14,19	
G-H	36	84	15	5	75	100	2,2	1	0,06	0			1,06	15,25	1
G-I	144	140	15	10	150	133	3	0,25	0,02	0,18			0,20	14,39	
I-J	36	84	15	5	75	100	2,2	1,1	0,07	0			1,07	15,46	1
I-K	108	115	15	10	150	100	2,2	2,35	0,14	0,12			0,26	14,65	
K-L	36	84	15	5	75	91	4,1	1	0,23	0,36			1,59	11,35	1
K-M	72	95	15	5	75	91	3	0,25	0,03	0,37			0,40	11,75	
M-N	36	84	15	5	75	100	2,2	1,1	0,07	0			1,07	12,82	1
M-O	36	84	15	5	75	100	2,2	3,5	0,21	0,12			1,33	13,08	1
F-P	324	170	15	15	225	164	4,1	7	0,91	1,13			2,04	13,39	
P-Q	36	84	15	5	75	100	2,2	1,5	0,09	0			1,09	14,48	1
P-R	288	165	15	15	225	164	3,7	3,75	0,40	0,42	4		4,81	18,20	
R-S	36	84	15	5	75	100	2,2	1,5	0,09	0			1,09	19,30	1
R-T	252	155	15	15	225	164	3,7	4	0,42	0,38			0,80	19,00	
T-U	36	84	15	5	75	100	2,2	1,5	0,09	0			1,09	20,10	1
T-V	216	145	15	15	225	164	3,2	5,5	0,43	0,43	4		6,87	25,87	2

#### 4.1.5. Selección de otros elementos

Para el retorno del aire, se utilizan rejillas de la marca TROX, de la serie VAT. Están hechas de aluminio.



El tamaño depende de la habitación, distribuyéndose de la siguiente manera:

- 125\*325 mm: sala de reuniones
- 125\*225 mm: vestuario masculino y vestuario femenino
- 75\*225 mm: oficina 1,2,3,4 y 5, y despachos 1,2 y 3

En los conductos de impulsión y retorno más importantes, se colocarán reguladores de caudal constante de la marca TROX, serie VMR. Dependiendo del trazado tendrán diferentes tamaños:

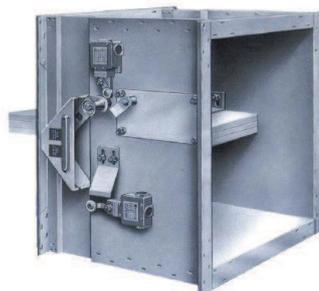
Impulsión:

- Tramo DE y KL: regulador de caudal TROX, serie VMR-100
- Tramo BD, GI y JK: regulador de caudal TROX, serie VMR-125

Retorno:

- Tramo FG y RT: regulador de caudal TROX, serie VMR-100
- Tramo BF y PR: regulador de caudal TROX, serie VMR-125

Se colocarán dos compuertas cortafuego, una al inicio del circuito de impulsión y otra al inicio del de retorno, de la marca TROX, serie FKA-3 y tamaño 250\*200 mm.



#### 4.1.6. Selección del climatizador

Para conocer la potencia de las baterías de calor y frío del climatizador, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Pot} = Q * \delta * C_p * \Delta T$$

Donde:

- Pot = Potencia que tiene que suministrar (Kcal/h)
- Q = Caudal de aire (m<sup>3</sup>/h)
- $\delta$  = Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>p</sub> = Calor específico del aire (Kcal/h kg)
- $\Delta t$  = Salto térmico del aire entre el aire exterior y la temperatura a la que queremos calentar o enfriar dicho caudal de aire. En nuestro caso, en verano según datos de proyecto la temperatura exterior será de 33 °C y la temperatura interior 24°C. Para invierno las condiciones exteriores son de – 5 °C y la temperatura de confort deseada es de 21°C.

Por lo tanto la potencia requerida por las baterías será:

$$\text{Pot}_{\text{calorífica}} = 830 * 1,24 * 0,24 * 26 = 6422,208 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Pot}_{\text{frigorífica}} = 830 * 1,24 * 0,24 * 9 = 2223,072 \text{ Kcal/h}$$

Con estos datos, vamos al catálogo de los climatizadores marca TROX y elegimos el de las siguientes características:

- Modelo: TBSN – S9
- Filas en la batería de frío: 4
- Filas en la batería de calor: 2
- Potencia frigorífica máxima: 3352 kcal/h
- Potencia calorífica máxima: 9694 kcal/h
- Medidas (ancho\*alto\*largo): 750mm \* 325mm \* 1350mm
- Peso: 100 kg



#### 4.1.7. Cálculo de la red de distribución de agua

La red de distribución enlaza los elementos terminales con el generador de calor. Una vez elegidos los fan-coils, hace falta llevar a ellos el fluido de la forma más eficaz posible.

El dimensionado de las tuberías se hará teniendo en cuenta el caudal y las características físicas del fluido portador a la temperatura media de funcionamiento, las características del material utilizado y el tipo de circuito.

La red general y colectores se montarán con tuberías de Acero Negro DIN 2440, unidas mediante accesorios y soldadura.

Para la distribución de tuberías se adopta una instalación de circuito cerrado de tipo bitubular en acero negro a dos tubos, unidas mediante accesorios y soldadura. El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 para un aislamiento mínimo con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 kcal/ (h m °C).

Se realizará el trazado de la red de tuberías a lo largo de la instalación, siendo una red para el caudal de impulsión y otra para el retorno tanto para agua fría como para agua caliente, por eso decimos que es una instalación a cuatro tubos. Bastará con dimensionar una de ellas (la tubería de impulsión), puesto que la de retorno es igual. Se llegará así al resultado final multiplicando por dos el circuito de impulsión.

En función de los caudales obtenidos y de las pérdidas de carga (que serán inferiores a 400 Pa/m en tramos rectos) se obtienen los diámetros de las tuberías a instalar y las velocidades del agua en estas tuberías, que no serán superiores a 1,5 m/s con el fin de mantener un nivel sonoro adecuado y una longevidad máxima de la instalación.

El método de cálculo manual para el dimensionado de la red general de distribución de calefacción se realizará de la siguiente manera:

Iniciamos el cálculo partiendo del caudal de cada elemento terminal obtenido en apartados anteriores, que se ha calculado en base a la carga térmica (Q) que transcurre por dicho tramo:

- CAUDAL

El dimensionado de las tuberías hay que realizarlo atendiendo a la cantidad de calor que es necesario transportar por medio de un caudal determinado de agua fría o caliente en cada uno de los tramos de la red de tubería.

La expresión que determina el caudal volumétrico es:

$$\dot{m} = \frac{Q}{\delta \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

Donde:

- Q = Potencia que tiene que suministrar (Kcal/h)
- $\delta$  = Densidad del agua (Kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>p</sub> = Calor específico del agua = 1 Kcal / kg °C.
- $\Delta T$  = Salto térmico del agua entre la ida y el retorno (5 °C para la red de agua fría)

Para pasarlos a l/h, hay que multiplicar el valor resultante por 1000.

- VELOCIDAD

Una vez tenemos el caudal del tramo, sabemos que la velocidad tiene que ser menor de 1,5 m/s, por las causas explicadas anteriormente. Para calcularla, estimamos la sección del tramo y utilizamos la siguiente fórmula:

$$v = \frac{Q}{S}$$

Donde:

- v = Velocidad (m/s)
- Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- S = Sección (m<sup>2</sup>)

- PERDIDA DE CARGA

Por metro lineal

El agua circula por las tuberías usualmente en régimen turbulento, de forma que en los tramos rectos el rozamiento y la consiguiente pérdida de presión que experimenta,

es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad, a la longitud del tramo y a la rugosidad de las paredes del tubo, e inversamente proporcional al diámetro.

En la práctica, con la influencia de todos los factores anteriores se han elaborado gráficos y tablas para los distintos materiales, en donde para cada diámetro y caudal de agua que circula, indican las pérdidas de presión por rozamiento en mm.c.a por metro lineal de tubería y velocidad.

Adjuntamos las tablas necesarias para nuestro cálculo:

**TABLA 3.19 ROZAMIENTO DEL AGUA EN TUBERÍAS DE CALEFACCIÓN**

Agua a una temperatura media de 80 °C.  
 Tuberías de hierro forjado negro o acero sin soldadura, negro , UNE19.040.  
 El rozamiento se expresa en mm de columna de agua a 4 °C, o sea, en kg/m<sup>2</sup> por cada metro de tubería.

NOMINAL (PULGADAS)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
	INTERIOR (mm)	12,25	15,75	21,25	27	35,75	41,25	52,25	68	80,25	92,50	105
ROZAMIENTO (mm.c.a./m)	CAUDAL, EN LITROS/HORA											
	VELOCIDAD, EN METROS/SEGUNDO											
1,1	30	62	140	280	800	870	1.300	3.400	5.100	7.700	11.000	15.000
1,2	0,072	0,099	0,114	0,136	0,195	0,181	0,218	0,257	0,279	0,317	0,340	0,370
1,3	34	89	180	310	890	960	1.800	3.500	5.000	6.000	11.000	15.000
1,4	0,094	0,103	0,132	0,155	0,187	0,205	0,247	0,292	0,329	0,380	0,382	0,421
1,5	37	78	170	330	710	1.000	2.000	4.000	6.200	9.000	12.000	17.000
1,6	0,099	0,108	0,137	0,162	0,199	0,215	0,259	0,304	0,341	0,372	0,401	0,438
1,7	38	76	180	340	730	1.100	2.100	4.100	6.400	9.300	13.000	18.000
1,8	0,091	0,112	0,141	0,166	0,201	0,221	0,264	0,314	0,352	0,398	0,415	0,469
1,9	0,094	0,118	0,148	0,173	0,210	0,230	0,273	0,327	0,366	0,400	0,432	0,485
2,0	41	84	190	370	790	1.100	2.200	4.400	6.900	9.900	14.000	19.000
2,2	0,097	0,120	0,150	0,179	0,219	0,238	0,282	0,335	0,377	0,410	0,442	0,490
2,4	42	88	200	385	800	1.200	2.300	4.500	7.000	10.000	14.000	19.000
2,6	0,109	0,125	0,154	0,183	0,222	0,242	0,289	0,341	0,385	0,420	0,450	0,490
2,8	44	90	200	390	830	1.200	2.300	4.600	7.300	10.000	15.000	20.000
3,0	0,104	0,128	0,158	0,188	0,228	0,248	0,298	0,338	0,400	0,434	0,467	0,505
3,2	46	95	210	410	870	1.300	2.400	4.800	7.800	11.000	15.000	21.000
3,4	0,109	0,135	0,167	0,199	0,241	0,263	0,314	0,371	0,420	0,459	0,491	0,535
3,6	49	98	220	430	910	1.300	2.600	5.100	8.000	12.000	16.000	22.000
3,8	0,115	0,140	0,175	0,210	0,253	0,279	0,338	0,391	0,440	0,480	0,518	0,560
4,0	51	100	230	450	960	1.400	2.700	5.300	8.400	12.000	17.000	23.000
4,2	0,121	0,147	0,183	0,219	0,265	0,290	0,344	0,398	0,440	0,500	0,540	0,582
4,4	53	110	240	470	1.000	1.400	2.800	5.500	8.700	13.000	17.000	24.000
4,6	0,128	0,153	0,191	0,229	0,278	0,302	0,358	0,423	0,479	0,520	0,560	0,607
4,8	58	110	250	490	1.000	1.500	2.900	5.700	9.000	13.000	18.000	25.000
5,0	0,132	0,160	0,200	0,237	0,287	0,314	0,370	0,440	0,495	0,540	0,580	0,630
5,2	59	120	270	510	1.100	1.600	3.000	6.000	9.500	14.000	19.000	26.000
5,4	0,139	0,167	0,209	0,249	0,300	0,330	0,398	0,470	0,520	0,567	0,609	0,660
5,6	62	120	280	540	1.100	1.700	3.200	6.300	9.900	14.000	20.000	27.000
5,8	0,148	0,176	0,220	0,260	0,316	0,346	0,409	0,488	0,542	0,590	0,640	0,690
6,0	66	130	290	570	1.200	1.800	3.300	6.500	10.000	15.000	21.000	28.000
6,2	0,155	0,187	0,231	0,277	0,336	0,368	0,430	0,499	0,576	0,626	0,679	0,730
6,4	70	140	320	610	1.300	1.900	3.600	7.100	11.000	16.000	22.000	31.000
6,6	0,168	0,200	0,248	0,298	0,358	0,390	0,459	0,543	0,609	0,665	0,718	0,778
6,8	75	140	320	640	1.400	2.000	3.800	7.500	12.000	17.000	24.000	32.000
7,0	0,177	0,212	0,263	0,311	0,378	0,413	0,484	0,577	0,646	0,706	0,760	0,822
7,2	79	160	350	680	1.400	2.100	4.000	7.900	12.000	18.000	25.000	34.000
7,4	0,197	0,233	0,275	0,330	0,400	0,438	0,509	0,604	0,680	0,740	0,799	0,865
7,6	83	160	370	700	1.500	2.200	4.200	8.100	13.000	19.000	26.000	35.000
7,8	0,198	0,236	0,287	0,341	0,418	0,456	0,538	0,632	0,710	0,778	0,837	0,909
8,0	87	170	380	740	1.600	2.300	4.300	8.300	13.000	19.000	27.000	37.000
8,2	0,204	0,245	0,300	0,360	0,438	0,477	0,559	0,654	0,740	0,809	0,870	0,941
8,4	91	180	400	760	1.600	2.400	4.500	8.500	14.000	20.000	28.000	38.000
8,6	0,214	0,256	0,313	0,371	0,452	0,492	0,580	0,686	0,770	0,840	0,903	0,982
8,8	94	190	410	790	1.700	2.500	4.700	8.700	14.000	21.000	29.000	40.000
9,0	0,221	0,265	0,324	0,384	0,470	0,511	0,600	0,712	0,798	0,870	0,937	1,01
9,2	97	190	430	820	1.800	2.500	4.800	8.900	15.000	22.000	30.000	41.000
9,4	0,230	0,275	0,336	0,400	0,488	0,529	0,620	0,738	0,824	0,900	0,970	1,05
9,6	100	200	450	860	1.900	2.700	5.100	10.000	16.000	23.000	32.000	43.000
9,8	0,245	0,292	0,360	0,425	0,518	0,562	0,660	0,782	0,878	0,956	1,02	1,10
10,0	110	220	490	930	2.000	2.800	5.400	11.000	17.000	24.000	34.000	46.000
10,2	0,260	0,310	0,381	0,460	0,566	0,616	0,720	0,828	0,925	1,00	1,08	1,17
10,4	120	230	510	960	2.100	3.00	5.700	11.000	18.000	26.000	36.000	48.000
10,6	0,274	0,325	0,400	0,474	0,578	0,630	0,739	0,849	0,978	1,05	1,14	1,24
10,8	120	240	540	1.000	2.200	3.200	6.000	12.000	18.000	27.000	37.000	51.000
11,0	0,287	0,342	0,420	0,490	0,602	0,658	0,768	0,885	1,01	1,10	1,219	1,29
11,2	130	250	560	1.100	2.300	3.300	6.300	12.000	19.000	28.000	39.000	53.000
11,4	0,299	0,354	0,440	0,517	0,629	0,689	0,805	0,930	1,06	1,15	1,24	1,35
11,6	130	260	580	1.100	2.400	3.400	6.500	13.000	20.000	29.000	40.000	55.000
11,8	0,311	0,370	0,458	0,540	0,655	0,711	0,838	0,968	1,10	1,20	1,29	1,40
12,0	140	270	610	1.100	2.500	3.500	6.800	13.000	21.000	30.000	42.000	57.000
12,2	0,325	0,385	0,475	0,567	0,680	0,740	0,888	1,01	1,14	1,25	1,35	1,45
12,4	140	280	630	1.200	2.500	3.700	7.000	14.000	21.000	31.000	43.000	58.000
12,6	0,339	0,400	0,490	0,577	0,702	0,765	0,900	1,05	1,17	1,28	1,38	1,50
12,8	150	290	650	1.200	2.600	3.800	7.300	14.000	22.000	33.000	46.000	61.000
13,0	0,347	0,415	0,508	0,598	0,727	0,798	0,935	1,09	1,22	1,35	1,45	1,55

NOMINAL (PULGADAS)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
	INTERIOR (mm)	12,25	15,75	21,25	27	35,75	41,25	52,25	66	80,25	92,50	105
ROZAMIENTO (mm c.a./m)	CAUDAL EN LITROS/HORA VELOCIDAD, EN METROS/SEGUNDO											
18	150 0,359	300 0,422	660 0,521	1.300 0,510	2.700 0,748	3.900 0,810	7.400 0,955	14.000 1,11	23.000 1,26	33.000 1,38	45.000 1,46	65.000 1,60
19	160 0,370	310 0,438	690 0,536	1.300 0,530	2.600 0,769	4.000 0,840	7.700 0,989	15.000 1,15	23.000 1,29	34.000 1,41	47.000 1,51	65.000 1,61
20	160 0,389	320 0,450	700 0,550	1.300 0,648	2.900 0,792	4.100 0,882	7.900 1,00	16.000 1,19	24.000 1,32	35.000 1,44	48.000 1,55	68.000 1,68
22	170 0,389	330 0,474	740 0,580	14.000 0,888	3.000 0,828	4.300 0,900	8.200 1,05	16.000 1,24	25.000 1,39	36.000 1,51	50.000 1,62	69.000 1,75
24	170 0,417	350 0,485	770 0,606	1.500 0,719	3.100 0,870	4.500 0,940	8.600 1,10	17.000 1,30	26.000 1,45	38.000 1,59	53.000 1,71	73.000 1,88
26	180 0,434	360 0,519	810 0,632	1.500 0,742	3.300 0,905	4.700 0,983	9.000 1,15	18.000 1,35	27.000 1,51	40.000 1,65	55.000 1,78	76.000 1,92
28	190 0,452	380 0,538	840 0,660	1.800 0,770	3.400 0,940	4.900 1,02	9.300 1,19	18.000 1,40	29.000 1,57	41.000 1,71	56.000 1,85	79.000 2,01
30	200 0,470	390 0,560	870 0,686	1.800 0,802	3.500 0,963	5.100 1,06	9.700 1,26	19.000 1,46	30.000 1,64	43.000 1,79	60.000 1,92	82.000 2,09
33	210 0,482	410 0,580	920 0,718	1.700 0,840	3.700 1,02	5.300 1,10	10.000 1,30	20.000 1,53	31.000 1,71	45.000 1,86	62.000 2,00	85.000 2,18
36	220 0,517	430 0,620	960 0,751	1.800 0,880	3.900 1,07	5.600 1,16	11.000 1,36	21.000 1,61	33.000 1,89	47.000 2,11	65.000 2,29	90.000 2,42
40	230 0,546	460 0,650	1.080 0,792	1.900 0,930	4.100 1,13	5.900 1,23	11.000 1,45	22.000 1,70	35.000 1,99	50.000 2,28	69.000 2,42	95.000 2,62
45	250 0,583	480 0,689	1.100 0,841	2.000 0,991	4.400 1,21	6.200 1,30	12.000 1,53	23.000 1,80	37.000 2,01	52.000 2,20	74.000 2,38	100.000 2,55
50	280 0,614	510 0,730	1.100 0,886	2.100 1,04	4.600 1,27	6.600 1,38	13.000 1,62	25.000 1,91	39.000 2,13	55.000 2,31	78.000 2,50	106.000 2,70
55	270 0,642	540 0,770	1.200 0,935	2.300 1,10	4.900 1,35	7.000 1,48	13.000 1,70	26.000 2,00	41.000 2,24	58.000 2,44	82.000 2,62	112.000 2,85
65	300 -0,702	590 0,840	1.300 1,02	2.500 1,20	5.300 1,47	7.700 1,60	14.000 1,86	29.000 2,20	45.000 2,45	65.000 2,69	90.000 2,89	122.000 3,11
70	310 0,735	620 0,880	1.400 1,07	2.600 1,25	5.500 1,52	7.900 1,65	15.000 1,94	30.000 2,29	48.000 2,54	67.000 2,76	93.000 2,99	127.000 3,24
75	320 0,760	640 0,910	1.400 1,11	2.700 1,28	5.700 1,59	8.300 1,71	16.000 2,00	31.000 2,35	49.000 2,64	69.000 2,86	97.000 3,10	132.000 3,35
80	330 0,793	660 0,940	1.500 1,14	2.800 1,33	5.900 1,64	8.500 1,77	16.000 2,08	32.000 2,42	50.000 2,71	72.000 2,98	100.000 3,20	137.000 3,49
90	350 0,839	700 1,00	1.500 1,21	2.900 1,40	6.300 1,75	9.000 1,88	17.000 2,20	34.000 2,59	53.000 2,90	76.000 3,14	105.000 3,39	145.000 3,69
100	370 0,893	740 1,06	1.600 1,27	3.100 1,49	6.700 1,85	9.500 2,00	18.000 2,32	36.000 2,72	58.000 3,05	80.000 3,32	112.000 3,59	153.000 3,89
110	390 0,930	790 1,12	1.700 1,34	3.200 1,57	7.000 1,95	10.000 2,10	19.000 2,48	38.000 2,88	59.000 3,21	85.000 3,50	116.000 3,78	
120	410 0,970	820 1,17	1.800 1,42	3.400 1,65	7.300 2,03	11.000 2,20	20.000 2,58	39.000 3,00	61.000 3,37	88.000 3,64	123.000 3,94	
130	420 1,00	850 1,21	1.900 1,48	3.500 1,72	7.600 2,13	11.000 2,30	21.000 2,80	41.000 3,18	64.000 3,51	92.000 3,82		
140	440 1,05	880 1,26	2.000 1,54	3.700 1,79	8.000 2,21	11.000 2,38	22.000 2,78	42.000 3,25	66.000 3,65			
150	460 1,08	910 1,30	2.000 1,60	3.800 1,86	8.300 2,30	12.000 2,48	23.000 2,80	44.000 3,40	69.000 3,80			
160	480 1,13	950 1,35	2.100 1,64	3.900 1,91	8.600 2,39	12.000 2,55	25.000 2,89	46.000 3,50	71.000 3,91			
170	490 1,16	980 1,40	2.200 1,70	4.100 1,98	8.900 2,47	13.000 2,65	24.000 3,10	47.000 3,82				
180	500 1,18	1.000 1,44	2.200 1,75	4.200 2,02	9.100 2,51	13.000 2,70	25.000 3,18	48.000 3,71				
190	520 1,22	1.040 1,48	2.200 1,80	4.200 2,10	9.100 2,60	13.000 2,80	25.000 3,27	50.000 3,82				
200	530 1,26	1.100 1,58	2.400 1,86	4.400 2,15	9.700 2,68	14.000 2,88	26.000 3,38	51.000 3,90				
220	560 1,32	1.100 1,60	2.500 1,95	4.700 2,26	10.000 2,80	14.000 3,01	27.000 3,51					
240	580 1,40	1.200 1,68	2.600 2,03	4.900 2,36	11.000 2,95	15.000 3,15	29.000 3,70					
260	620 1,46	1.200 1,75	2.700 2,16	5.100 2,48	11.000 3,08	16.000 3,30	30.000 3,84					
280	640 1,52	1.300 1,82	2.800 2,20	5.300 2,94	12.000 3,20	16.000 3,41						

De la tabla anterior obtendremos la pérdida de carga unitaria que genera el tramo por metro lineal (mmca/m). La pérdida lineal del tramo se calcula multiplicando el valor obtenido de la tabla por la longitud del tramo. Sus medidas son mmca.

### Secundarias

Otras pérdidas que se producen ocurren en los codos, curvas, estrechamientos y válvulas. Son las denominadas pérdidas secundarias, que dependen de las características del elemento y de la velocidad del agua. Son difíciles de precisar, pero para los usos normales puede utilizarse la siguiente tabla, donde se expresan los valores en metros lineales de tubería recta equivalente:

TABLA 3.20 PÉRDIDAS POR ROZAMIENTO EN ACCESORIOS Y VÁLVULAS (LONGITUD EQUIVALENTE EN m DE TUBERÍA)								
DIÁMETRO EN PULGADAS	CODO 90°	*T*	REDUCCIÓN	VÁLVULA BOLA	VÁLVULA COMPUERTA	VÁLVULA RETENCIÓN	VÁLVULA ESFÉRICA	RADIADOR CON VÁLVULA
3/8	0,40	1,50	0,20	1,10	0,14	1,40	3	5
1/2	0,50	1,70	0,30	1,35	0,18	1,70	4	6
3/4	0,60	1,80	0,50	1,75	0,21	2,30	5	7
1	0,80	1,90	0,65	2,30	0,26	2,85	7	8
1 1/4	1,00	2,40	0,85	2,90	0,36	3,70	9	9
1 1/2	1,30	3,00	1,00	3,50	0,44	4,70	11	10
2	1,70	4,00	1,30	4,50	0,55	5,75	15	11
2 1/2	1,90	4,50	2,00	5,50	0,70	6,90	18	12
3	2,00	5,50	2,30	6,70	0,80	8,40	24	13
4	2,20	7,30	3,00	8,80	1,10	11,10	36	14
5	2,90	9,00	4,00	10,80	1,50	12,80	42	15
6	4,00	11,00	5,00	13,10	1,70	15,40	50	16

Por ejemplo, un codo a 90° en una tubería de diámetro 1/2" equivale a 0,5 m de tubería recta del mismo diámetro.

Con todo lo descrito anteriormente, realizamos los cálculos y obtenemos la siguiente distribución de tuberías:

### REFRIGERACION

Tramo	Longitud (Imp+ret) (m)	Caudal (l/h)	Ø tubería (in)	Velocidad (m/s)	PDC (tramo) (m.c.a)	PDC (acumulado) (m.c.a)
A-B	16	7135	2	0,924	0,43	0,43
B-C	3,6	1358	3/4	1,064	0,57	1,01
C-1	3	679	1/2	0,968	0,47	1,48
C-2	11,4	679	1/2	0,968	1,18	2,18
B-D	13	5777	1 1/2	1,201	0,84	1,27
D-E	2,2	1754	1	0,851	0,26	1,53
E-3	2	585	1/2	0,834	0,34	1,88
E-F	5,6	1169	3/4	0,916	0,56	2,10
F-4	2	585	1/2	0,834	0,34	2,44
F-5	7,6	585	1/2	0,834	0,77	2,87
D-G	17	4023	1 1/4	1,113	0,94	2,21
G-H	2,2	911	3/4	0,713	0,22	2,44
H-6	2	326	3/8	0,768	0,37	2,80
H-7	7,6	585	1/2	0,834	0,77	3,21
G-I	6	3112	1 1/4	0,861	0,26	2,47
I-8	4	585	1/2	0,834	0,47	2,95
I-J	7,8	2527	1	1,226	0,84	3,31
J-9	4	585	1/2	0,834	0,47	3,78
J-K	7,8	1943	1	0,942	0,36	3,67
K-10	4	585	1/2	0,834	0,51	4,19
K-L	11,8	1358	3/4	1,064	1,14	4,82
L-11	3	679	1/2	0,968	0,62	5,44
L-12	11	679	1/2	0,968	1,38	6,19

Máxima pérdida de carga: 6,19 m.c.a.

Máxima pérdida de carga con factor de seguridad (10%): 6,81 m.c.a.

## CALEFACCION

Tramo	Longitud (Imp+ret) (m)	Caudal (l/h)	Ø tubería (in)	Velocidad (m/s)	PDC (tramo) (m.c.a)	PDC (acumulado) (m.c.a)
A-B	16	13150	2 1/2	1,006	0,45	0,45
B-C	3,6	5000	1 1/2	1,039	0,35	0,80
C-1	3	2000	1	0,970	0,40	1,20
C-2	11,4	3000	1	1,455	2,11	2,91
B-D	13	8150	1 1/4	2,255	2,83	3,28
D-E	2,2	750	3/4	0,587	0,16	3,44
E-3	2	250	3/8	0,589	0,21	3,65
E-F	5,6	500	1/2	0,713	0,48	3,92
F-4	2	250	3/8	0,589	0,21	4,13
F-5	7,6	250	3/8	0,589	0,50	4,42
D-G	17	7400	2	0,959	0,50	3,77
G-H	2,2	650	1/2	0,927	0,20	3,98
H-6	2	400	1/2	0,570	0,42	4,40
H-7	7,6	250	3/8	0,589	0,50	4,47
G-I	6	6750	2	0,874	0,25	4,03
I-8	4	250	3/8	0,589	0,30	4,32
I-J	7,8	6500	2	0,842	0,33	4,36
J-9	4	250	3/8	0,589	0,30	4,65
J-K	7,8	6250	2	0,810	0,19	4,54
K-10	4	250	3/8	0,589	0,30	4,84
K-L	11,8	6000	1 1/2	1,247	0,90	5,45
L-11	3	3000	1 1/4	0,830	0,20	5,64
L-12	11	3000	1 1/4	0,830	0,41	5,86

Máxima pérdida de carga: 5,86 m.c.a.

Máxima pérdida de carga con factor de seguridad (10%): 6,45 m.c.a.

#### 4.1.8. Selección de las válvulas, filtros y antivibratorios

A la entrada de cada conducto de agua al fan-coil (agua fría y caliente) y a la caldera y a la enfriadora se colocarán válvulas de corte. El modelo elegido son válvulas de bola de la marca HARD, del modelo S-2000 2 vías, de acuerdo con el artículo del R.I.T.E 04.3.



El tamaño depende del diámetro del conducto, siendo del diámetro 3/8'' y 1/2'' para las correspondientes a los fan-coils, de diámetro 2'' para las de la enfriadora y de 2 1/2'' para las de la caldera.

Los antivibratorios se han diseñado y dimensionado de acuerdo con lo establecido en UNE 100156. Se colocan a la salida del agua de la caldera y de la enfriadora y a la entrada del agua en las bombas. Se han elegido de la marca SEDICAL, de diámetros 2'' (enfriadora) y 2 1/2'' (caldera).

Todas las bombas y válvulas deben protegerse por medio de filtros situados aguas arriba del elemento a proteger, según el artículo del R.I.T.E 02.8.7. En nuestro caso se colocan antes de la entrada del agua en las bombas. Se han elegido filtros de la marca BIDARTE, del tipo "Y" roscado y de diámetros de 2'' y 2 1/2''.

#### 4.1.9. Cálculo del depósito acumulador

La principal función de un depósito acumulador en los circuitos con enfriadora o bomba de calor es realizar una reserva de agua para poder suministrarla al sistema cuando se necesite sin tener que recurrir al uso de la bomba, evitando así continuos y repetitivos arranques de la bomba. Estos arranques, además de disminuir la eficiencia energética de la instalación reducen la vida útil de los compresores. Por lo tanto, con el uso de este depósito, evitamos el arranque y parada de la bomba alargando consiguientemente la vida de la misma.

Para calcular los depósitos se estima el volumen de agua necesario para mantener la instalación en funcionamiento, durante 5-10 minutos. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{\text{total}} = \frac{t \cdot Q}{60 \cdot \Delta T \cdot C_e}$$

Donde:

- t: tiempo(10 minutos)
- Q: potencia enfriadora (Wh)
- $\Delta T$ : incremento de la temperatura (7/12 °C)
- $C_e$ : calor específico del agua (1,2 Wh/(°C\*l))

$$V_{\text{depósito}} = \frac{10 \cdot 31000}{60 \cdot 5 \cdot 1.16} = 890,80 \text{ litros}$$

Con ese dato, elegimos un depósito de la marca PROMASOL, modelo CA/TA-1000, de 1000 litros de capacidad. Tiene como dimensiones 1050mm de diámetro y 1840 mm de altura, con un peso de 266 kg. Se pondrá uno para la enfriadora y otro para la caldera.

#### 4.1.10. Cálculo de los vasos de expansión

El agua, como cualquier fluido, se expande o dilata cuando experimenta un cambio de temperatura. En nuestro caso pueden existir algunas variaciones, por lo que es necesario la instalación de unos depósitos en el colector cuya única función es la de evitar que estos cambios de temperatura puedan dañar la instalación de tuberías. Por tanto, se colocarán vasos de expansión que eviten las variaciones de presión que provocarían esfuerzos en la instalación.

#### Cálculo vaso de expansión circuito calefacción

Lo primero hay que calcular el contenido de agua de todo el sistema de calefacción lleno. El volumen total de la instalación será:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{caldera}} + V_{\text{tuberías}} + V_{\text{fancoils}}$$

El contenido de agua en la caldera, según vemos en sus características enumeradas anteriormente, es de 4,5 litros.

El contenido de agua en las tuberías de distribución es de 100,78 litros.

El contenido en agua de los fan-coils es (según el catálogo):

- Fan-coil 42GW 004: 0,55 l/fan-coil \* 1 fan-coil = 0,55 l
- Fan-coil 42GW 008: 1,1 l/fan-coil \* 7 fan-coils = 7,7 l

- Fan-coil 42GW 010: 1,1 l/fan-coil \* 4 fan-coils = 4,4 l

El total de agua en los fan-coils es 12,65 litros.

Por tanto, el contenido de agua de todo el sistema de calefacción es de 117,93 litros.

El incremento de volumen por dilatación se calculará según la ecuación:

$$V_u = V_t * f.d$$

Donde:

- $V_u$  = volumen o capacidad útil
- $V_t$  = volumen de agua de la instalación
- f.d = factor de dilatación del agua según la temperatura media del agua(80 °C) = 0,0296

$$V_u = 117,96 * 0,0296 = 3,49 \text{ litros}$$

El volumen del vaso de expansión se saca con la fórmula:

$$V_{\text{exp}} = \frac{V_u}{\eta}$$

Donde:

- $V_u$  = volumen o capacidad útil
- $\eta$  = coeficiente de utilización (0,31)

Por tanto, el volumen del vaso de expansión es de 11,26 litros.

Se ha elegido un vaso de expansión de la marca SEDICAL, modelo NG-12/6.

### Cálculo vaso de expansión circuito refrigeración

Lo primero hay que calcular el contenido de agua de todo el sistema de refrigeración lleno. El volumen total de la instalación será:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{enfriadora}} + V_{\text{tuberías}} + V_{\text{fancoils}} + V_{\text{depósito de inercia}}$$

El contenido de agua en la enfriadora, según se aprecia en el catálogo, es de 2,82 litros.

El contenido de agua en las tuberías de distribución es de 115,21 litros.

El contenido en agua de los fan-coils es (según el catálogo):

- Fan-coil 42GW 004: 0,55 l/fan-coil \* 1 fan-coil = 0,55 l
- Fan-coil 42GW 008: 1,1 l/fan-coil \* 7 fan-coils = 7,7 l
- Fan-coil 42GW 010: 1,1 l/fan-coil \* 4 fan-coils = 4,4 l

El total de agua en los fan-coils es 12,65 litros.

El volumen del depósito de inercia seleccionado es de 1000 litros.

Por tanto, el contenido de agua de todo el sistema de refrigeración es de 1130,68 litros.

El incremento de volumen por dilatación se calculará según la ecuación:

$$V_u = V_t * f.d$$

Donde:

- $V_u$  = volumen o capacidad útil
- $V_t$  = volumen de agua de la instalación
- $f.d$  = factor de dilatación del agua según la temperatura media del agua(10 °C)  
= 0,00075

$$V_u = 1130,68 * 0,00075 = 0,848 \text{ litros.}$$

El volumen del vaso de expansión se saca con la fórmula:

$$V_{\text{exp}} = \frac{V_u}{\eta}$$

Donde:

- $V_u$  = volumen o capacidad útil
- $\eta$  = coeficiente de utilización (0,23)

Por tanto, el volumen del vaso de expansión es de 3,67 litros.

Se ha elegido un vaso de expansión de la marca SEDICAL, modelo NG-8/6.

#### 4.1.11. Selección de las bombas

Para solventar las pérdidas de carga producidas en los circuitos de agua (resultado de las pérdidas debidas a la longitud de las tuberías en los tramos rectos y las pérdidas debidas a los diferentes elementos componentes de la instalación, como codos, válvulas, etc.) es necesario colocar una bomba que nos impulse el fluido por la instalación.

##### Bomba circuito de calor

Se colocará una bomba que impulsará un caudal de  $13,15 \text{ m}^3/\text{h}$  y tendrá que vencer una pérdida de carga de  $6,45 \text{ m.c.a.}$

Se elige una bomba de la marca EBARA, modelo ELINE-D 40-160/0,75A.



##### Bomba circuito de frío

Se colocará una bomba que impulsará un caudal de  $7,135 \text{ m}^3/\text{h}$  y tendrá que vencer una pérdida de carga de  $6,81 \text{ m.c.a.}$

Se elige una bomba de la marca EBARA, modelo ELINE-D 40-160/0,55B.



## 4.2. Nave

### 4.2.1. Selección de la bomba de calor aire-aire

Se va a colocar una bomba de calor aire-aire “rooftop”. Para el cálculo de la potencia necesaria que tiene que suministrar, se debe saber la potencia necesaria para vencer todas las cargas térmicas de la instalación.

En nuestro caso, la potencia demandada por la nave es de 172,523 KW en régimen de refrigeración, y 194,381 KW en régimen de calefacción.

Mirando los tipos de bombas de calor aire-aire rooftop de la marca SADINTER, elegimos el modelo B-CAAE 170.

Las características más importantes de la bomba de calor aire-aire rooftop SADINTER B-CAAE 170 son:



- Capacidad frigorífica: 184 kw
- Capacidad calorífica: 202 kw
- Tipo de compresor: Hermético
- Refrigerante: R407C
- Número de compresores: 2
- Nivel sonoro: 70 dB
- Dimensiones: 1780 \* 2200 \* 6820 mm (alto \* ancho \* largo)
- Peso neto: 1780 kg

#### 4.2.2. Selección del recuperador de aire

Se va a colocar un recuperador de aire. Este recuperador de calor funciona mediante la combinación de dos ventiladores centrífugos de bajo nivel sonoro, donde uno de ellos realiza la extracción del aire viciado del interior de la nave hacia la calle, y el otro impulsa aire fresco del exterior hacia el interior de la nave. Los dos circuitos se cruzan sin mezclarse, en un intercambiador de placas, donde el calor del aire saliente, se transfiere al aire fresco del exterior y lo calienta. De esta forma conseguimos recuperar un alto porcentaje de la energía utilizada para calentar o enfriar el aire del interior del local, y reutilizarla.

En la selección del recuperador hay que tener en cuenta el caudal de aire viciado que se debe extraer de la nave. En nuestro caso el caudal es de 9761,85 m<sup>3</sup>/h, caudal que ha sido calculado anteriormente. Para cubrir este caudal, elegimos un recuperador de calor por placas de la marca MUNDOCLIMA. El modelo es el G10, que cubre un caudal máximo de 10000 m<sup>3</sup>/h.

Las características más importantes del recuperador son:

- Caudal de aire máximo: 10000 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura aire impulsión: 8,8 °C
- Temperatura aire extracción: 11,8 °C
- Pérdida de carga en impulsión: 126 Pa
- Pérdida de carga en extracción: 135 Pa
- Largo: 2750 mm
- Alto: 1900 mm
- Ancho: 1385 mm

#### 4.2.3. Cálculo de la red de conductos

Siguiendo el mismo procedimiento que el utilizado para el cálculo de conductos en las oficinas, calculamos los conductos de la nave:

##### 4.2.3.1. Conductos del recuperador de aire

- Impulsión

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	L (m)	Velocidad (m/s)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\Delta P_{lin}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)
AB	10000	16,7	9,1	80	40	3200	1,87	2,13	4,00	4,00
BC	10000	6,0	4,1	80	80	6400	0,12	1,13	1,25	5,26
CD	9000	5,6	8,6	75	40	3000	0,63	0,54	1,17	6,43
DE	7000	2,8	7,7	70	35	2450	0,29	0,44	0,72	7,15
EF	6000	2,8	7,6	70	30	2100	0,26	0,42	0,68	7,83
FG	5000	5,6	7,4	60	30	1800	0,49	0,40	0,89	8,72
GH	3000	2,8	6,6	55	25	1375	0,21	0,32	0,53	9,26
HI	2000	2,8	6,1	40	25	1000	0,20	0,27	0,47	9,73
IJ	1000	2,8	4,9	25	25	625	0,19	0,00	0,19	9,91

- Retorno

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	L (m)	Velocidad (m/s)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\Delta P_{lin}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)
AB	10000	16,7	9,1	80	40	3200	1,87	2,13	4,00	4,00
BC	10000	6,0	4,1	80	80	6400	0,12	1,13	1,25	5,26
CD	9000	5,6	8,6	75	40	3000	0,63	0,54	1,17	6,43
DE	7000	2,8	7,7	70	35	2450	0,29	0,44	0,72	7,15
EF	6000	2,8	7,6	70	30	2100	0,26	0,42	0,68	7,83
FG	5000	5,6	7,4	60	30	1800	0,49	0,40	0,89	8,72
GH	3000	2,8	6,6	55	25	1375	0,21	0,32	0,53	9,26
HI	2000	2,8	6,1	40	25	1000	0,20	0,27	0,47	9,73
IJ	1000	2,8	4,9	25	25	625	0,19	0,00	0,19	9,91

#### 4.2.3.2. Conductos del roof-top

- Impulsión

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	L (m)	Velocidad (m/s)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\Delta P_{lin}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{accid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)
AB	36000	2	12,5	100	80	8000	0,24	0,45	0,69	0,69
BC	18000	25,35	10,6	100	50	5000	3,10	2,89	5,99	6,69
CD	13500	9	9,7	100	35	3500	1,10	0,69	1,79	8,48
DE	9000	9	9,1	85	35	2975	1,01	0,61	1,62	10,10
EF	4500	4	5,1	50	50	2500	0,18	0,59	0,77	10,87
FG	4500	9	7,4	50	35	1750	0,96	0,00	0,96	11,84
BH	18000	25,35	10,6	100	50	5000	3,10	2,89	5,99	6,69
HI	13500	9	9,7	100	35	3500	1,10	0,69	1,79	8,48
IJ	9000	9	9,1	85	35	2975	1,01	0,61	1,62	10,10
JK	4500	4	5,1	50	50	2500	0,18	0,59	0,77	10,87
KL	4500	9	7,4	50	35	1750	0,96	0,00	0,96	11,84

- Retorno

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	L (m)	Velocidad (m/s)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	$\Delta P_{lin}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{accid}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{tramo}$ (mm c.a.)	$\Delta P_{acum}$ (mm c.a.)
AB	36000	7,45	12,7	130	60	7800	0,91	2,37	3,28	3,28
BC	28500	3,5	11,9	120	60	7200	0,43	2,08	2,51	5,79
CD	23500	3,5	11,3	120	50	6000	0,43	1,88	2,30	8,10
DE	18500	1,75	10,6	100	50	5000	0,21	1,65	1,87	9,96
EF	16000	1,75	10,3	90	50	4500	0,21	1,56	1,77	11,73
FG	13500	3,5	9,7	90	40	3600	0,36	1,38	1,74	13,47
GH	8500	1,75	8,1	80	40	3200	0,20	0,96	1,16	14,63
HI	6000	5,25	8	70	30	2100	0,59	0,94	1,53	16,16

#### 4.2.4. Selección de los elementos de difusión

- Recuperador de aire

Como elementos de difusión, tanto de impulsión como de retorno, van a ser rejillas de la marca TROX, modelo TRS-K.



Teniendo en cuenta el caudal ( $10000 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y el caudal unitario por rejilla, se obtiene el número de rejillas necesarias.

Se van a colocar rejillas TROX, modelo TRS-K, de tamaño  $225 \times 625 \text{ mm}$ . En total se colocarán 20 rejillas, 10 de impulsión y 10 de retorno, como se aprecia en los planos del proyecto.

- Bomba de calor de aire-aire rooftop

Como elementos de impulsión se colocarán toberas de la marca TROX, modelo DUE-R-250, con un alcance de 20 metros. Para cumplir las necesidades (impulsión de  $36000 \text{ m}^3/\text{h}$ ) se colocarán un total de 32.



Como elementos de retorno se colocarán rejillas de la marca TROX, modelo TRS-K de tamaño  $325 \times 1025 \text{ mm}$ , colocando un total de 15 rejillas.

El método de elección es igual que el descrito anteriormente en el recuperador de aire.

#### 4.2.5. Selección de la caja de extracción (nave)

En los aseos de la nave (tanto para clientes como para trabajadores), que están situados en el espacio del almacén, se va a colocar una caja de extracción para que estén ventilados.

Cada uno de los 4 WC tendrá en el techo una boca de ventilación de la marca TROX, modelo LVS-100.



Están conectados mediante conducto circular de 100 mm de diámetro a otro, de 125 mm de diámetro.

Este conducto llega hasta la caja de extracción, de la marca SODECA, modelo SV/PLUS-125/H.



Las características más importantes de este modelo son:

- Velocidad: 2220 r/min
- Potencia: 0,08 KW
- Caudal máximo: 400 m<sup>3</sup>/h
- Peso: 7,2 kg
- Medidas (alto\*ancho\*largo): 222\*290\*370 mm

Para la salida del aire al exterior, se colocará una rejilla de intemperie marca TROX, modelo AWG de tamaño 385\*330 mm.



TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

PLANOS

Jon Biurrun Martínez

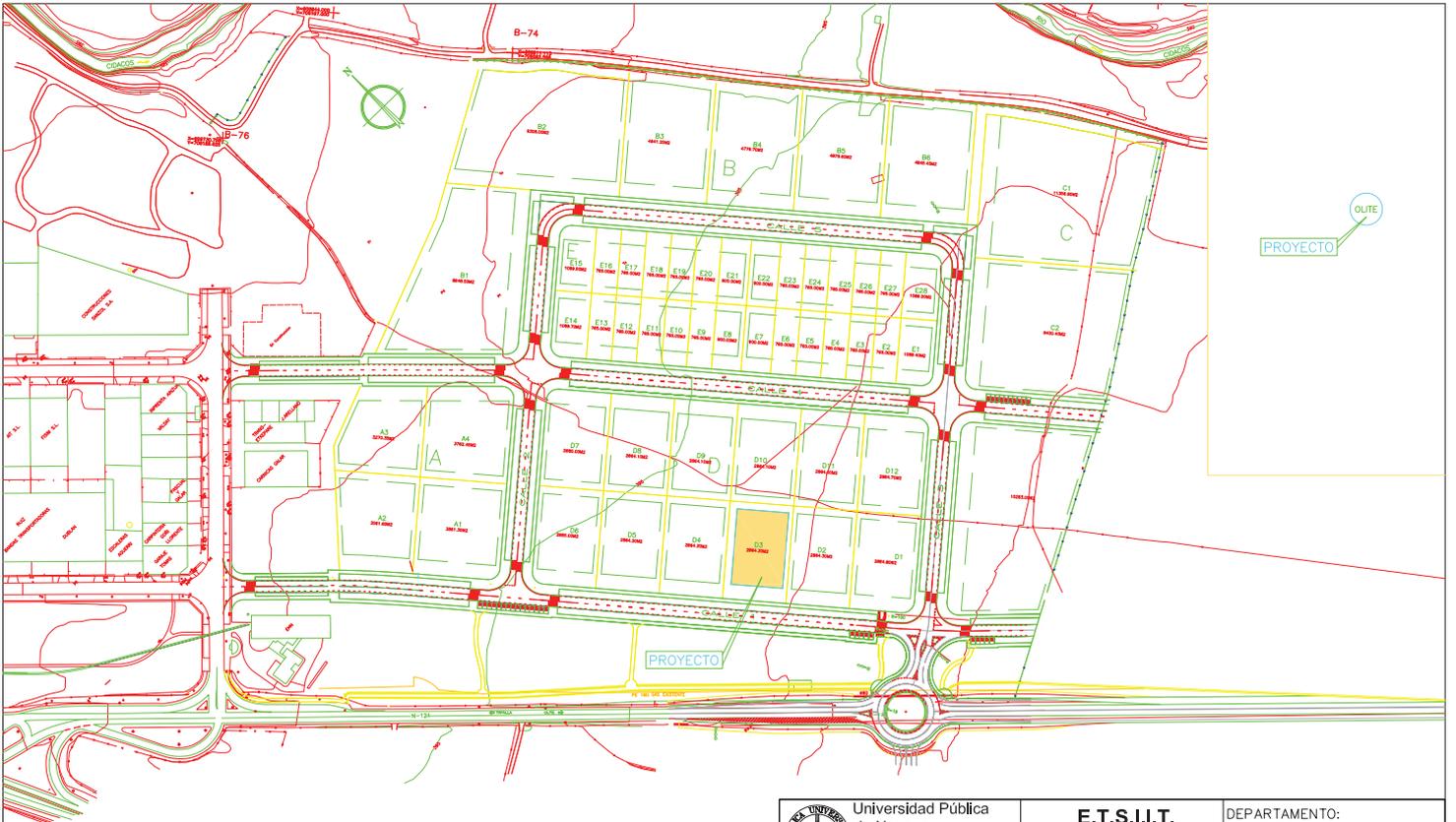
Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

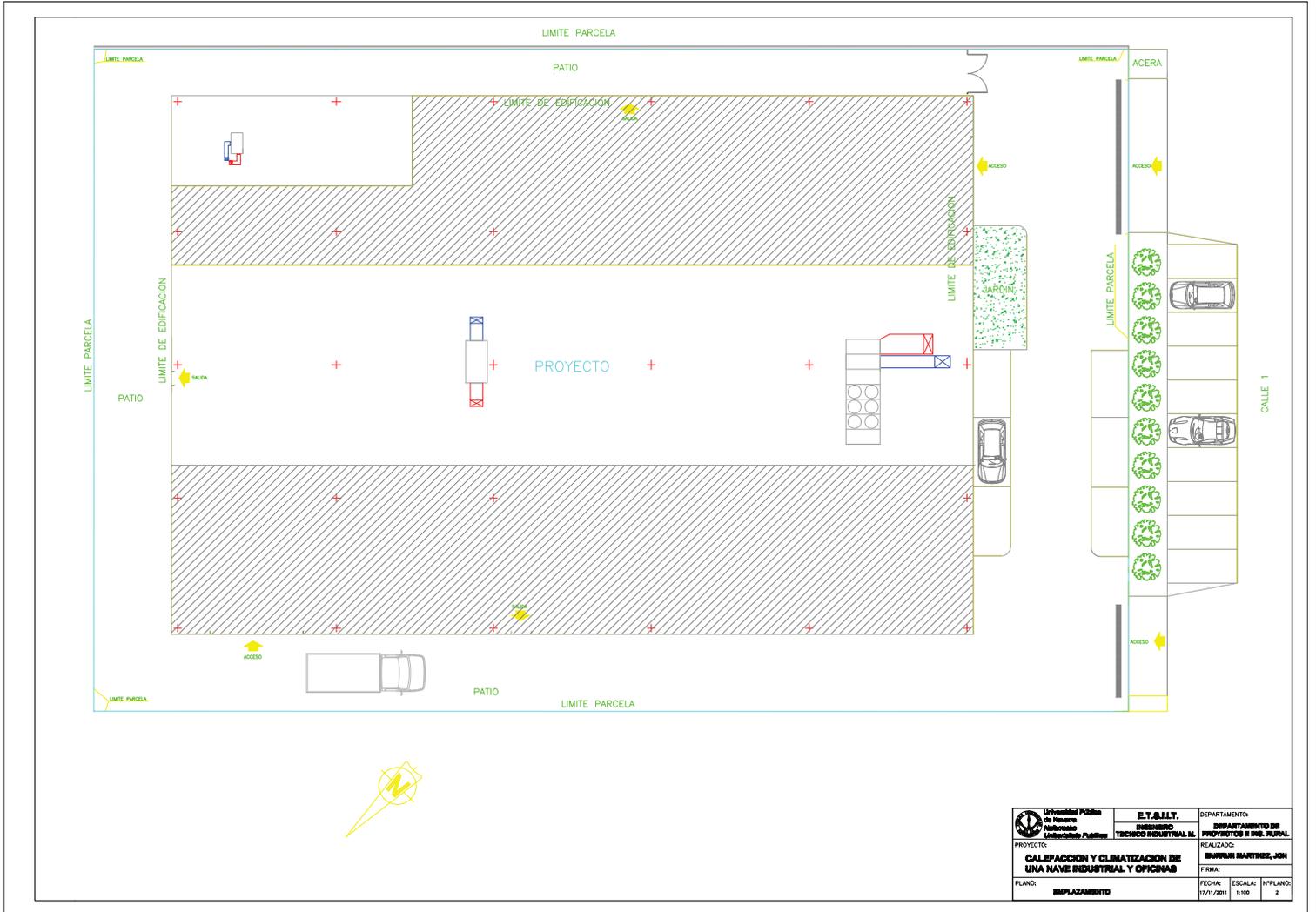
## **DOCUMENTO Nº 3: PLANOS**

### **ÍNDICE**

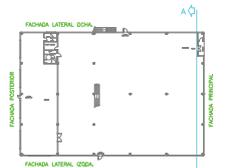
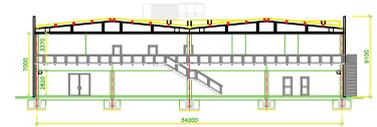
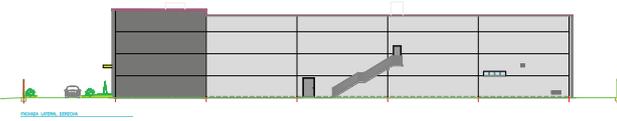
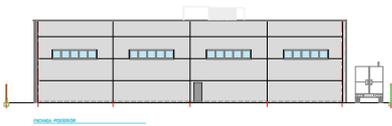
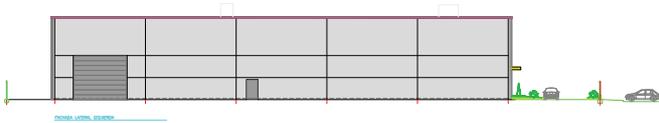
- 1. SITUACIÓN**
- 2. EMPLAZAMIENTO**
- 3. FACHADAS Y SECCIÓN**
- 4. DISTRIBUCIÓN**
- 5. ESQUEMA DE PRINCIPIO HIDRÁULICA**
- 6. INSTALACIÓN PLANTA PRIMERA**
- 7. INSTALACIÓN ROOFTOP (SALA DE EXPOSICIÓN)**
- 8. INSTALACIÓN CONDUCTOS AIRE NAVE**
- 9. CUBIERTA NAVE**



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BIURRUN MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>SITUACION</b>	FIRMA:	FECHA: 17/11/2011 ESCALA: 1:5000 N°PLANO: 1

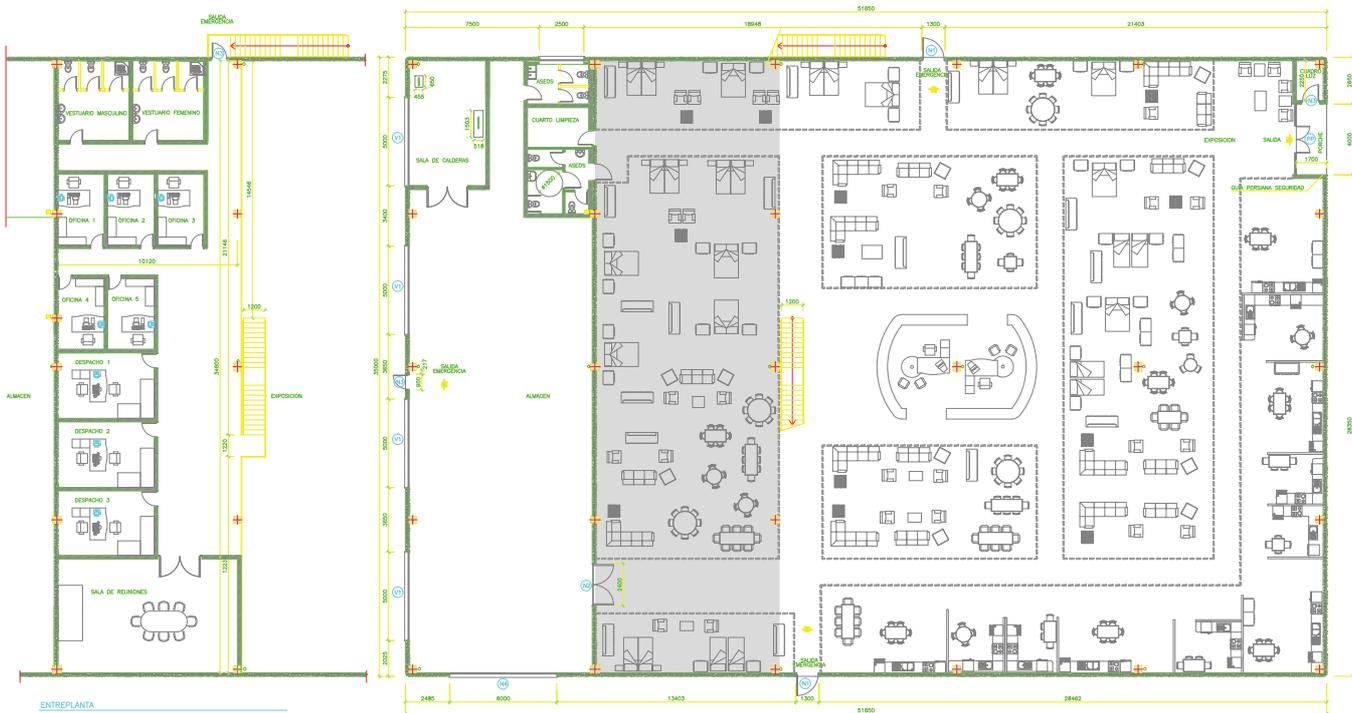


	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS II (P.D. RURAL)
	PROYECTO: <b>CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE          UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>EMPLAZAMIENTO</b>	FIRMA: 	FECHA: 15/11/2011
	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 2



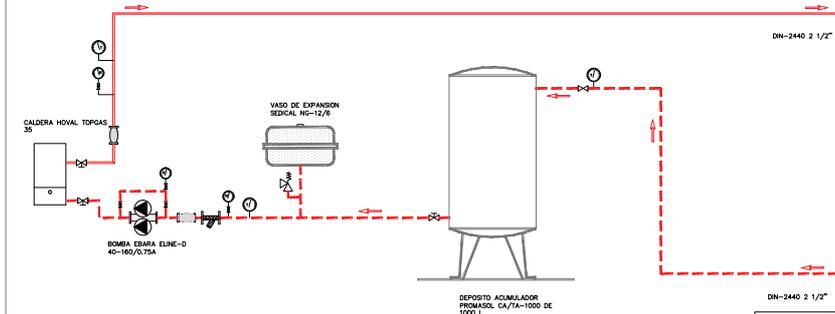
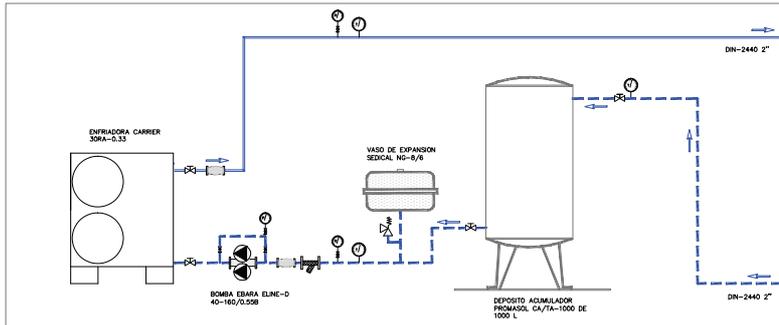
PLANTA BASE

	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS II (ING. RURAL)
	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JON</b>	FIRMA: 
PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	PLANO: <b>PAGINAS Y BARRIO</b>	FECHA: 17/11/2011
		ESCALA: 1:200
		Nº PLANO: 3



AREA AFECTADA POR LA ENTREPLOANTA

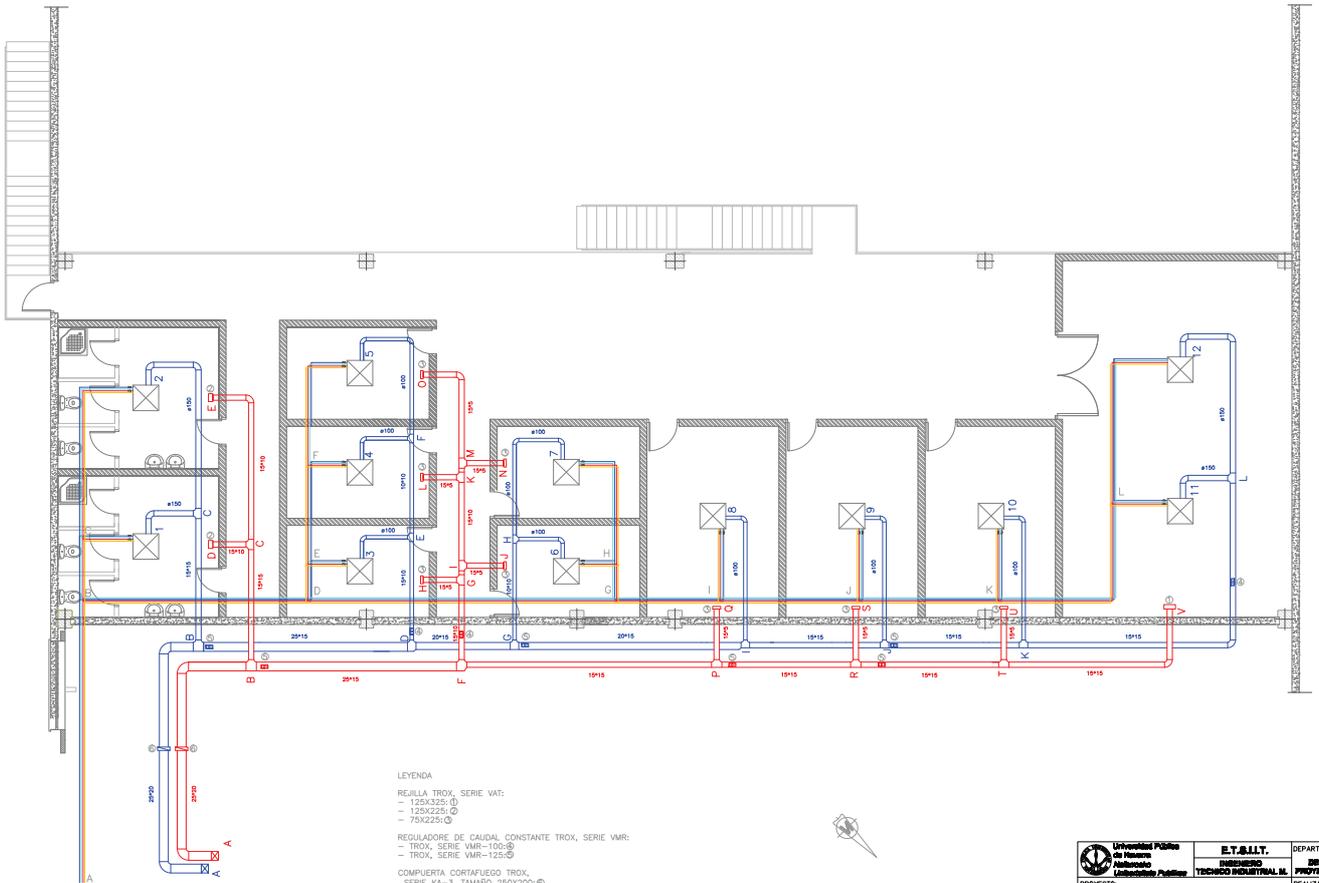
	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. AERIAL
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE          UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCION</b>	FIRMA: 	FECHA: 12/11/2011
	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 4



**LEYENDA**

-  VALVULA DE CORTE
-  VALVULA DE BOLA
-  FILTRO DE AGUA
-  TERMOMETRO
-  MANOMETRO
-  ANTIVIBRATORIO TUBERIA
-  VALVULA DE SEGURIDAD

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BIURRUN MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>ESQUEMA DE PRINCIPIO HIDRAULICA</b>	FECHA: 17/11/2011	ESCALA: N°PLANO: 5



LEYENDA

REJILLA TROX, SERIE VAT:

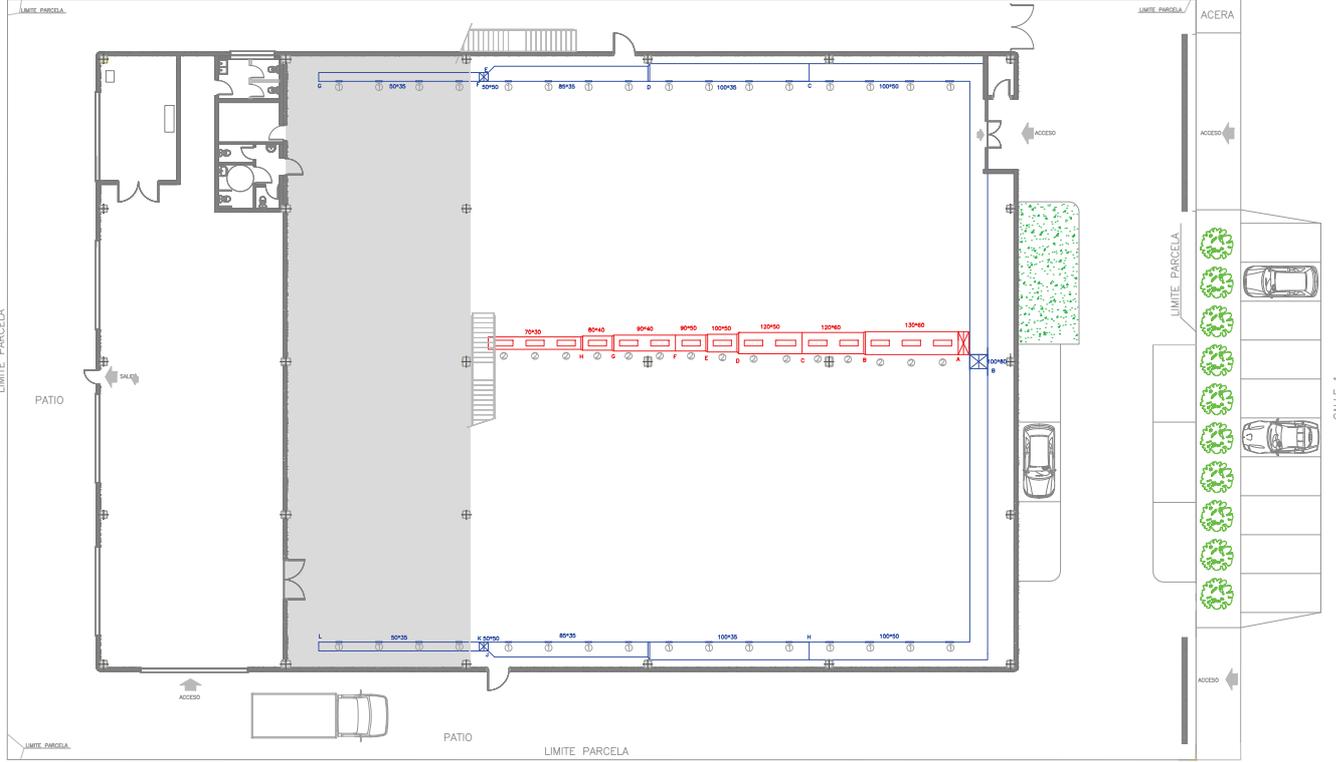
- 125x325: ⓐ
- 125x225: ⓑ
- 75x225: ⓒ

REGULADORE DE CAUDAL CONSTANTE TROX, SERIE VMR:

- TROX, SERIE VMR-100: ⓓ
- TROX, SERIE VMR-125: ⓔ

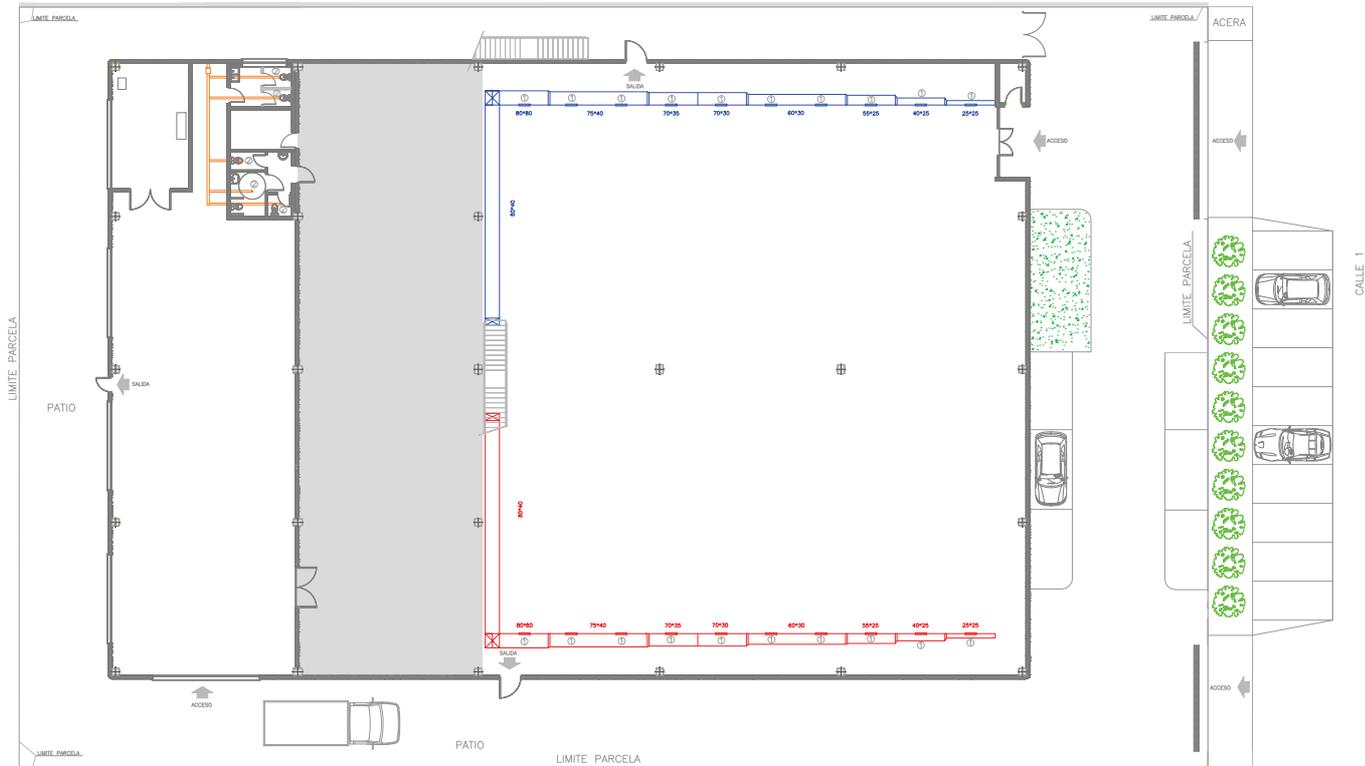
COMPUERTA CORTAFUEGO TROX, SERIE KA-3, TAMARO 250x200: ⓕ

Gobierno Vasco Euzko Legebiltzariak Euzko Legeburtuak	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: PROFESORES E ING. AUXILIAR
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE          UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>INSTALACION PLANTA PRIMERA</b>	FECHA: 17/11/2011	ESCALA: 1:50
		Nº PLANO: 6



LEYENDA:  
 TOBERA TROX, MODELO DUE-R-250-Ø  
 REJILLA TROX, MODELO TRS-K, TAMARO 325X1025-Ø

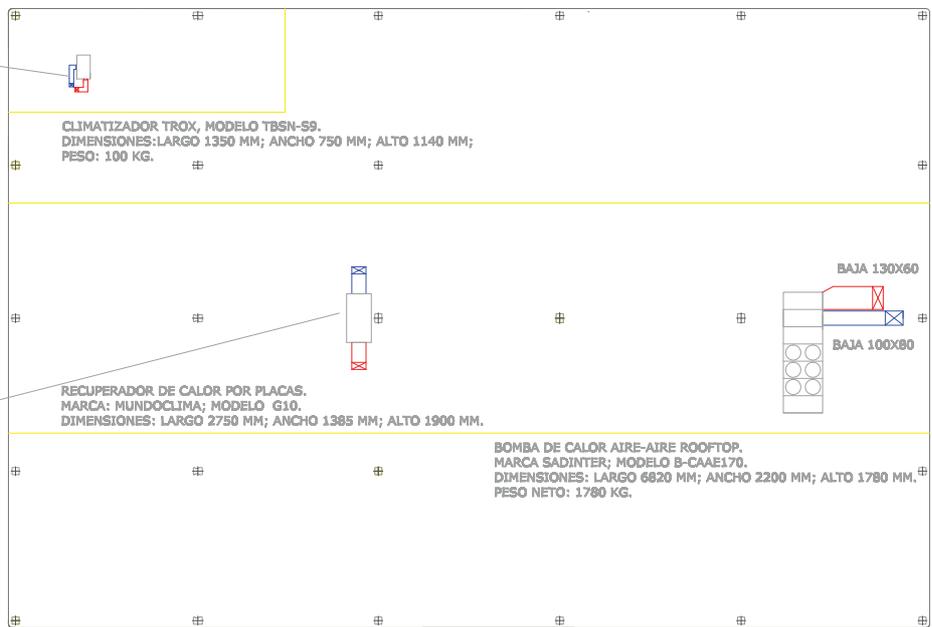
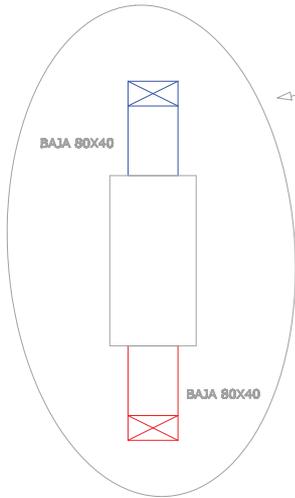
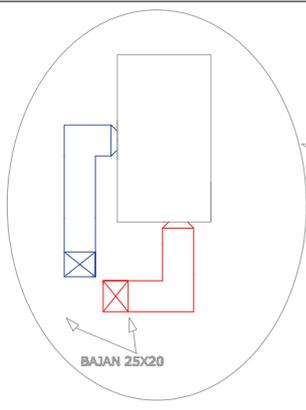
 Universidad Pública de Navarra Gobierno Vasco Euzko Legebiltzariak	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS II (ING. RURAL)
	PROYECTO: <b>CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE          UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JUN</b>
PLANO: <b>INSTALACION ROOFTOP SALA DE EXPOSICION</b>	FIRMA: 	FECHA: 17/11/2011
	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 7



LEYENDA:  
 REJILLA TROX, MODELO TRS-K, TAMAÑO 225\*625: ⓐ  
 BOCA DE VENTILACION TROX, MODELO LVS-100: ⓑ



 Universidad Pública de Navarra Publikoa Navarara Unibertsitatea Unibertsitatea Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS II DIB. RURAL
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BURRUM MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>INSTALACION CONDUCTOS AIRE NAVE</b>	FIRMA: 	FECHA: 17/11/2011
	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 8



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO</b> <b>TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE</b> <b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>CALEFACCION Y CLIMATIZACION DE</b> <b>UNA NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS</b>	REALIZADO: <b>BIURRUN MARTINEZ, JON</b>
PLANO: <b>CUBIERTA NAVE</b>	FIRMA:	FECHA: 17/11/2011
		ESCALA: 1:200
		N°PLANO: 9

TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

PLIEGO DE CONDICIONES

Jon Biurrun Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES

### ÍNDICE

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CONDICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>4</b>
3.1. RELACION ENTRE EL CONTRATANTE Y EL SUBCONTRATISTA .....	4
3.2. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA .....	4
3.3. PERSONAL.....	4
3.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	5
3.5. REALIZACION DE LA OBRA.....	5
<b>4. CONDICIONES ECONOMICAS .....</b>	<b>6</b>
4.1. PRECIOS.....	6
4.2. FORMA DE PAGO.....	7
<b>5. CONDICIONES JURIDICAS .....</b>	<b>7</b>
5.1. ACCIDENTES Y DAÑOS PRODUCIDOS EN LAS OBRAS .....	7
5.2. PARO O APLAZAMIENTO DE LA OBRA.....	8
5.3. CASO DE SUSPENSION DE PAGOS.....	8
5.4. CASO DE RESCISION DE CONTRATO .....	8
5.5. ARBITRAJE.....	9
5.6. CARÁCTER DE PLIEGO DE CONDICIONES.....	9
5.7. AUDITORIA .....	10
<b>6. CONDICIONES TERMICAS.....</b>	<b>10</b>
6.1. EQUIPOS Y MATERIALES .....	10
6.1.1. Tuberías y accesorios .....	10
6.1.2. Válvulas.....	13
6.1.3. Conductos y accesorios .....	15
6.1.4. Materiales aislantes térmicos .....	17
6.1.5. Unidades de tratamiento y unidades terminales.....	20
6.1.6. Calderas.....	21
6.1.7. Equipos de producción de frío .....	22

6.2. MONTAJE.....	24
6.2.1. Generalidades .....	24
6.2.2. Acopio de materiales.....	24
6.2.3. Replanteo.....	25
6.2.4. Cooperación con otros contratistas .....	25
6.2.5. Protección.....	25
6.2.6. Limpieza.....	25
6.2.7. Ruidos y vibraciones .....	26
6.2.8. Accesibilidad.....	26
6.2.9. Identificación de equipos .....	26
6.3. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCION .....	27
6.3.1. Limpieza interior de redes de tuberías .....	27
6.3.2. Limpieza interior de redes de conductos.....	28
6.3.3. Comprobación de la ejecución .....	28
6.3.4. Pruebas hidrostáticas de redes de tuberías .....	28
6.3.5. Pruebas de redes de conductos .....	29
6.3.6. Pruebas de libre dilatación .....	29
6.3.7. Pruebas de circuitos frigoríficos.....	29
6.3.8. Otras pruebas.....	30
6.3.9. Certificado de la instalación.....	30

## 1. OBJETO

El objeto de este Pliego es definir las condiciones que han de regir en la ejecución de las obras, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra o instalación, al contratista o instalador de la misma, al ingeniero técnico director de la obra, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de la instalación. Establece las condiciones generales de contratación entre la parte contratante para la que se realiza la obra, y el contratista, que es el que realiza la obra.

## 2. CONDICIONES GENERALES

A continuación se nombrarán las normas generales de ejecución que serán de obligado cumplimiento:

- Todos los materiales y equipos que se utilicen en la obra, deberán cumplir las condiciones que se establecen en el Pliego de Condiciones, y deberán ser aprobados por la parte contratante.
- Será obligación del contratista, indicar al representante de la parte contratante, la procedencia de los materiales y equipos que vayan a ser utilizados, con la antelación suficiente para que puedan hacerse las comprobaciones y ensayos que estime conveniente la parte contratante.
- La aceptación de un material en un momento determinado, no será obstáculo para que si posteriormente fueran encontrados defectos, sea rechazado.
- El contratista dará todo tipo de facilidades, poniendo a disposición de la parte contratante, y a su costa, toda clase de muestras de materiales que estime oportuno examinar.
- Los trabajos a realizar se ejecutarán de acuerdo con el proyecto y demás documentos redactados por el ingeniero autor del mismo.
- Cualquier variación que se pretenda ejecutar sobre la obra proyectada deberá ser puesta, previamente, en conocimiento del ingeniero director, sin cuyo conocimiento no será ejecutada. En caso contrario, el contratista, ejecutante de dicha unidad de obra, será el responsable de las consecuencias que ello originase.

- El contratista nombrará un encargado general, el cual deberá estar constantemente en obra, mientras en ella trabajen obreros de su gremio. La misión del encargado será la de atender y entender las órdenes de la dirección facultativa, conocer el presente Pliego de Condiciones exhibido por el contratista y velar de que el trabajo se ejecute en buenas condiciones y según las buenas artes de la construcción.

### **3. CONDICIONES FACULTATIVAS**

#### **3.1. Relación entre el contratante y el contratista**

El contratista deberá dar en todo momento cualquier tipo de información que la parte contratante estime oportuno saber, referida a la realización de la obra.

Esta información nunca implicará una interferencia en los trabajos realizados por el contratista, sino que tendrán simplemente carácter informativo.

#### **3.2. Obligaciones del contratista**

El contratista, en los trabajos de ejecución de la obra, deberá aportar la maquinaria, herramientas y materiales necesarios, no teniendo la parte contratante responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos auxiliares.

El contratista tendrá la obligación de construir por su cuenta los pabellones, talleres y almacenes, en caso de ser necesarios para la ejecución de la obra, y deberá desmontarlos al término de la misma.

También será su responsabilidad el montaje de una línea de suministro de energía eléctrica, necesaria para trabajar en la obra.

#### **3.3. Personal**

La contratación de los trabajadores irá a cargo del contratista, que se hará responsable de ellos y deberá cumplir la legislación laboral vigente.

El contratista será responsable de los fraudes o errores que cometan sus empleados en el transcurso de la obra.

Por falta en el cumplimiento de las instrucciones de los ingenieros o a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el contratista tendrá la obligación de sustituir a sus operarios, cuando el ingeniero director lo reclame.

### 3.4. Medidas de seguridad

El contratista será responsable de las medidas de seguridad adoptadas durante la realización de la obra, estando obligado a cumplir a toda costa las disposiciones legales vigentes durante el tiempo que dure la obra.

El contratista deberá establecer un plan de seguridad (ver el documento de seguridad y salud) que garantice:

- La seguridad de su personal y de los terceros.
- La higiene, primeros auxilios y cuidado de accidentados y enfermos.
- La prevención de accidentes que puedan afectar a la obra, se propia maquinaria e incluso a terceros.

El plan de seguridad deberá ser aprobado por la parte contratante, sin que ello signifique que el contratista está libre de responsabilidad en caso de accidente.

Durante el transcurso de la obra, el plan de seguridad establecido podrá ir variando, lo cual debe ser avisado inmediatamente a la parte contratante.

### 3.5. Realización de la obra

La obra comenzará cuando la parte contratante de por escrito al contratista la orden de inicio de la obra, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. Este deberá además atenerse a las órdenes que le sean indicadas durante la realización de la obra.

Cuando el contratista considere que una orden recibida supera las obligaciones establecidas en el contrato deberá presentar un escrito, en un plazo inferior a diez días, a la parte contratante. Transcurrido ese plazo, el contratista no podrá efectuar ninguna reclamación.

Todos los planos de realización de la obra deberán ser hechos por el contratista, los cuales deberán ser presentados a la parte contratante antes de la realización física de los mismos, con el objetivo de aprobarlos, y si hubiera lugar a alguna modificación, ésta será indicada al contratista.

Las repercusiones económicas de las modificaciones hechas sobre órdenes previas dadas por la parte contratante, serán estimadas por ambas partes.

El contratista no podrá efectuar variación sobre los planos aprobados por la parte contratante, ni en las órdenes que les sean comunicadas.

Si así sucediera, la parte contratante podrá exigir a costa del contratista, la reconstrucción de las obras realizadas, que no estuviera de acuerdo con la orden dada por la parte contratante.

## 4. CONDICIONES ECONOMICAS

### 4.1. Precios

Las obras contratadas se pagarán en general, aplicando os precios unitarios o por actividad de obra según el contrato.

Los precios propuestos por el contratista y aceptados por el contratante, comprender todos los gastos de mano de obra, seguro y cargas sociales, indemnizaciones, dietas, transporte del personal, replanteo de la obra en su comprobación, equipos y herramientas, transporte de materiales, medios auxiliares de todo tipo, seguros, gastos generales, amortizaciones, intereses de inversión, beneficio industrial, impuestos y todo tipo de tasas, gastos derivados de indemnizaciones, gastos procedentes de las medidas de seguridad en los trabajos y servicios médicos, así como en general, cualquier otro gasto no imputable a la parte contratante que imponga al contratista la oportuna y debida ejecución y terminación de las obras y el cumplimiento de todas las demás obligaciones que asume con motivo de la adjudicación del contrato.

Se incluirán los precios unitarios de mano de obra, por categorías profesionales, en los que estará incluida la parte proporcional de herramientas manuales que tendrán los operarios para la realización de los trabajos comprendidos en el contrato.

También se incluirán los precios de alquiler de la maquinaria.

Los precios de unidades de obra así como de los materiales o mano de obra de los trabajos, que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el ingeniero director y en contratista o su representante expresamente autorizado a estos efectos.

El contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios, antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

En ningún caso podrá el contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en el que deban terminarse.

Si para la designación de precios el contratista observa alguna ambigüedad, deberá hacerlo constar en su oferta, antes de firmar el contrato, pues con posterioridad a la firma del contrato prevalecerá el criterio de la parte contratante en las posibles discrepancias.

## 4.2. Forma de pago

El pago de los trabajos realizados por la parte contratada se realizará de la siguiente manera:

- Previo al inicio de las obras el contratista recibirá el 25% del precio inicial estimado.
- En la recepción definitiva de las obras será pagado el 50% del precio inicial estimado.
- El 25% restante le será otorgado a los 90 días de realizarse la entrega definitiva.

## 5. CONDICIONES JURIDICAS

### 5.1. Accidentes y daños producidos en las obras

El contratista será el único responsable de los daños y perjuicios producidos durante la realización de los trabajos, bien sobre la maquinaria de trabajo, equipos que se estén instalando, daños a terceros e incluso cualquier accidente que suceda a cualquiera de los operarios que estén trabajando bajo su responsabilidad.

Como consecuencia de ello, el contratista deberá reparar los daños y perjuicios ocasionados.

El contratista será responsable de los equipos y materiales desde el momento que se hace cargo de ellos para su instalación, hasta la recepción definitiva por la parte contratante.

Como consecuencia de ello:

- El contratista se responsabilizará de la adecuada protección de los equipos que van a ser instalados, contra los daños originados al ser expuestos a la intemperie y tomará medidas para evitar daños o pérdidas por cualquier motivo.
- También se hará responsable de los daños o pérdidas que puedan sufrir los equipos que son objeto de los trabajos de montaje, como consecuencia de su actuación en la colocación de dichos equipos. Por consiguiente, deberá sustituirlos o repararlos.
- Sólo serán admisibles las reclamaciones del contratista por pérdidas, averías o daños a la parte contratante.

- La parte contratante en modo alguno se hará cargo de las pérdidas, daños o averías que sufra en contratista.
- El contratista deberá tomar a su costa todas las medidas oportunas para que su maquinaria y sus materiales que utilice en la obra no sufran daños.

## 5.2. Paro o aplazamiento de la obra

En el caso de que la parte contratante mande el paro absoluto de los trabajos, el contrato queda automáticamente rescindido.

Si la parte contratante manda el aplazamiento de los trabajos por un tiempo superior al 30% del tiempo que transcurre desde la adjudicación hasta la finalización estimada, el contratista tiene el derecho a la indemnización que le corresponda.

El contratista también tendrá el derecho a la rescisión del contrato en el caso de que se produzcan diversos aplazamientos, cuya duración total exceda del 30% anteriormente citado.

Si por algún motivo la parte contratante manda el cese de las obras durante un periodo inferior al 30% de tiempo antes mencionado, el contratista tendrá derecho a una indemnización pero no a la rescisión del contrato.

## 5.3. Caso de suspensión de pagos

En el caso de que se produzca la quiebra o suspensión de pagos por parte del contratista, la parte contratante podrá rescindir el contrato, siendo suficiente la notificación de la suspensión en el plazo de dos meses a partir de la declaración de suspensión de pagos.

Las medidas que la parte contratante tuviera que tomar para la conservación y seguridad de las obras realizadas irán a cargo del contratista.

## 5.4. Caso de rescisión de contrato

Si se produjera la rescisión de contrato, se comprobarán las obras realizadas, se hará un inventario de los materiales que ha recibido el contratista, así como de la maquinaria y de las instalaciones de la obra.

Si se rescinde el contrato por los casos anteriormente indicados, la parte contratante podrá exigir al contratista que mantenga en la obra todos o parte de sus equipos y material para poder seguir con los trabajos, contratando a otro contratista.

Los materiales y las instalaciones retenidas serán comprados o alquilados por la parte contratante al contratista, siendo evaluados los precios de cesión, bien por un peritaje o por un acuerdo entre ambas partes.

Si fuera necesario poner en buen estado de funcionamiento el material y maquinaria alquilados, los gastos irán a cargo del contratista.

Desde la rescisión del contrato y hasta que no se haga cargo de la maquinaria y materiales que estime necesario para continuar los trabajos de la obra, la parte contratante no pagará ningún alquiler.

Cuando la parte contratante no necesite la maquinaria contratada, avisará al contratista para que proceda a la retirada de su material.

La parte contratante deberá devolver la maquinaria en perfecto estado de funcionamiento. En caso de que no sea así, la parte contratante deberá indemnizar al contratista de acuerdo con los daños producidos, que serán evaluados por un peritaje o por mutuo acuerdo.

## 5.5. Arbitraje

Cualquier tipo de problemas que surjan, tanto en la interpretación del contrato, como en la ejecución del mismo, será arreglado mediante un arbitraje.

Se nombrarán tres árbitros, uno por cada una de las partes, y el tercero será elegido por mutuo acuerdo de ambas partes.

Si no hubiera acuerdo para la elección del tercer árbitro, éste será nombrado por el juez competente.

## 5.6. Carácter de pliego de condiciones

El presente Pliego de Condiciones tendrá los mismos atributos que una escritura pública.

Tanto la parte contratante como la contratada se reservarán el derecho de elevar el Pliego de Condiciones a Escritura Pública en cualquier fase de la obra. En caso de

disputa, los gastos de arbitraje, impuestos y otras contribuciones se abonarán en partes iguales por el contratista y la parte contratada.

## **5.7. Auditoría**

El contratista tendrá derecho a ejercitar auditoria sobre los libros y comprobantes del contratista relacionados con los costos, partes de horas, partes de asistencia, facturación y gastos reembolsables.

Este derecho podrá ejercitarse cuantas veces se considere razonable, dentro del año posterior a las fechas de las facturaciones o cargos del contratante.

## **6. CONDICIONES TECNICAS**

### **6.1. Equipos y materiales**

Los materiales, elementos y equipos que se utilicen en las instalaciones objeto de este proyecto deben cumplir las prescripciones que se indican en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en su instrucción técnica complementaria ITE 04.

Todos los materiales, equipos y aparatos no tendrán en ninguna de sus partes deformaciones, fisuras ni señales de haber sido sometidos a malos tratos antes o durante la instalación.

Toda la información que acompaña a los equipos deberá expresarse al menos en castellano y en unidades del Sistema Internacional S.I.

#### **6.1.1. Tuberías y accesorios**

Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE correspondientes, en relación con el uso al que vayan a ser destinadas.

Es competencia del instalador el suministro, montaje y puesta en servicio de las redes de agua de acuerdo con las características técnicas, implantación y calidades previstas en documentos de proyecto.

Se ejecutará el replanteo de cada ramal de tubería con arreglo a los planos del Proyecto levantándose una planta y un perfil longitudinal de replanteo, procediéndose a su presentación para la confrontación y aprobación de la Dirección Facultativa, requisito sin el cual no podrán comenzar los trabajos. En todo caso se dispondrá siempre de

manera que la instalación quede protegida en todo momento contra heladas o calentamientos excesivos.

Se suministrarán todas las tuberías y accesorios que se muestren en los planos, o se requieran para el perfecto funcionamiento de las instalaciones y de acuerdo con las especificaciones y normas aplicables.

Todas las tuberías se instalarán de forma que presenten un aspecto rectilíneo, limpio y ordenado, usándose accesorios para los cambios de dirección y dejando las máximas alturas libres en todos los locales con objeto de no interferir con las instalaciones de otro tipo, particularmente las eléctricas y de iluminación.

No se aceptarán suspensores de cadena, fleje, barra perforadora o de alambre. El contratista, quien suministrará el equipo y aparatos necesarios para los ensayos y pruebas de las diversas redes, comprobará todos los sistemas de tuberías de fecales y ventilación, mediante ensayos que serán aprobados por escrito por la Dirección Facultativa antes de su aceptación.

El montaje deberá ser de primera calidad y completo. Siempre que sea posible, las tuberías deberán instalarse paralelas a las líneas de edificio, a menos que se indique de otra forma. En la alineación de las tuberías no se admitirán desviaciones superiores al 2 por mil.

Toda la tubería, válvulas, etc., deberán ser instaladas suficientemente separadas de otros materiales y obras. Serán instaladas para asegurar una circulación del fluido sin obstrucciones, eliminando bolsas de aire y permitiendo el fácil drenaje de los distintos circuitos. Para ello se mantendrán pendientes mínimas de 5 mm/m. en sentido ascendente para la evacuación de aire o descendente para desagüe de punto bajo.

La tubería será instalada de forma que permita su libre expansión, sin causar desperfectos a otras obras o al equipo, al cual se encuentre conectada equipándola con suficientes dilatadores o liras de dilatación y anclajes deslizantes. Los recorridos horizontales de las tuberías de agua deberán tener una inclinación ascendente, realizada por medio de reducciones excéntricas en las uniones en las que se efectúa un cambio de diámetro.

Las tuberías de drenaje deberán tener una pendiente descendente en la dirección del agua de 10 mm por metro lineal y en ningún caso ésta pendiente será inferior a 6 mm por metro lineal en cuyo caso deberá comunicarlo a la Dirección para la determinación oportuna.

Las tuberías deberán ser cortadas exactamente y en las uniones, tanto roscadas como soldadas, presentarán un corte limpio sin rebabas.

Las secciones serán circulares con espesores uniformes. Los defectos superficiales tales como huecos o rayas, serán examinados para apreciar su importancia. Caso de rectificación, el espesor deberá mantenerse dentro de una tolerancia de -12,5% del espesor nominal.

No se admitirán en los tubos, grietas o apliques de laminado, abolladuras, rayas, depresiones o corrosión que puedan afectar a la resistencia mecánica del tubo, asperezas o escamas internas visibles, huellas de grasa, productos de revestimiento, pintura o retoques de cualquier clase en su interior, etc.

La unión de tubos, codos, " T ", etc. se realizará por soldadura adecuada admitiéndose la unión roscada o embreada para válvulas y otros accesorios. Las uniones de tramos de tubería galvanizada serán roscadas, no permitiéndose la soldadura. Como norma general se procurará siempre que sea posible, el curvado en frío de la tubería, en vez de la instalación de codos.

En todos los puntos deberán poderse apretar o soltar los tornillos de bridas, juntas, etc., con facilidad.

El adjudicatario tendrá entera responsabilidad respecto de las consecuencias directas o indirectas de la presencia de materiales de origen mineral u orgánico eventualmente abandonados en la canalización. Cuando el personal interrumpa la obra, las extremidades libres de la conducción serán cerradas por tapones de plástico herméticos.

En la ejecución de soldaduras se cumplirán las siguientes condiciones:

- Si es preciso se exigirá la limpieza interior del tubo metálico por paso de una escobilla, sus extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado. El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en sitio durante el punteo. No será tolerado ningún desnivel de los bordes, superior a 1,2 mm.
- El juego entre los dos tubos deberá ser tal que, en la ejecución de la soldadura, la fusión del metal de base interese todo el espesor de su pared. Los accesos de la soldadura serán librados de toda traza de cuerpos de origen mineral u orgánico. Ninguna gota de soldadura será tolerada en el interior del tubo.

Al finalizar el montaje de toda la red de tuberías, estando cerrados los circuitos con las máquinas primarias y terminales, se procederá a la siguiente forma:

1. Llenado de la instalación y prueba estática conjunta a vez y media la presión de trabajo (mínimo 600 KPa).
2. Vaciado por todos los puntos bajos.
3. Limpieza de puntos bajos y filtros de malla.

En las acometidas a bombas, la identificación al diámetro de acometida se realizará con reducción tronco-cónico concéntrica de 30°. En la curva de aspiración se dispondrá un punto de desagüe salvo que exista en la parte inferior de la carcasa de la bomba.

Las conducciones, salvo indicación expresa en planos, presupuesto o especificaciones técnicas, serán en tubería de acero negro, llevando impresa la contraseña DIN 2440 o UNE-19040.

Todas las tuberías se suministrarán habiendo recibido la debida imprimación y con las superficies interiores limpias y sin óxidos. Cada uno de los extremos se cerrará para evitar el deterioro de la superficie interior. Las tuberías que no cumplan con esta especificación se podrán retirar del emplazamiento del trabajo hayan sido o no instaladas.

Los codos soldados serán de radio largo. Los accesorios soldados a tope tendrán las mismas presiones de rotura que las tuberías.

### 6.1.2. Válvulas

Todo tipo de válvula deberá cumplir los requisitos de las normas correspondientes.

Es competencia del instalador el suministro, montaje y puesta en servicio de la valvulería de acuerdo con las características técnicas, implantación y calidades previstas en documentos de proyecto o que por conveniencia de equilibrio, mantenimiento, regulación o seguridad según el trazado, juzgue necesario para los circuitos hidráulicos la Dirección Facultativa.

El acopiaje de la valvulería en obra será realizado con especial cuidado, evitando apilamientos desordenados que puedan afectar a las partes débiles de las válvulas (vástagos, volantes, palancas, prensas, etc.). Hasta el momento del montaje, las válvulas deberán tener protecciones en sus aperturas.

En la elección de las válvulas se tendrán en cuenta las presiones tanto estáticas como dinámicas, siendo rechazado cualquier elemento que pierda agua durante el año de garantía. Toda válvula que vaya a estar sometida a presiones iguales o superiores a 600 KPa, llevará troquelada la presión máxima a que puede estar sometida.

Todas aquellas válvulas que dispongan de volantes o palancas estarán diseñadas para permitir manualmente un cierre perfecto sin necesidad de apalancamiento, ni forzamiento del vástago, asiento o disco de la válvula. Las superficies de cierre estarán perfectamente acabadas de forma que su estanqueidad sea total, asegurando vez y media la presión diferencial prevista con un mínimo de 600 KPa. En las que tenga sus uniones a rosca, ésta será tal que no interfiera ni dañe la maniobra.

Será rechazado cualquier elemento que presente golpes, raspaduras o en general cualquier defecto que obstaculice su buen funcionamiento a juicio de la Dirección Facultativa, debiendo ser aprobada por ésta la marca elegida antes de efectuarse el pedido correspondiente.

Al final de los montajes cada válvula llevará una identificación que corresponde al esquema de principio existente en sala de máquinas.

Las válvulas se situarán en lugares de fácil acceso y operación de forma tal que puedan ser accionadas libremente sin estorbos ni interferencias por parte de otras válvulas, equipos, tuberías, etc. El montaje de las válvulas será preferentemente en posición vertical, con el mecanismo (vástago) de accionamiento hacia arriba. En ningún caso se permitirá el montaje de válvulas con el mecanismo (vástago) de accionamiento hacia abajo.

Se instalarán válvulas y uniones en todos los aparatos y equipos, de modo que se pueda retirar el equipo sin parar la instalación.

A no ser que expresamente se indique lo contrario, las válvulas hasta 2" inclusive se suministrarán roscadas y de 2½" en adelante, se suministrarán para ser recibidas entre bridas o para soldar.

La presión nominal mínima será PN-10, salvo que se indique expresamente lo contrario.

Los volantes de las válvulas serán de diámetro apropiado para permitir manualmente un cierre perfecto sin aplicación de palancas especiales y sin dañar el vástago, asiento o disco de la válvula.

Las conexiones de tuberías a equipos incluirán todas las válvulas de aislamiento, purgadores de aire, conexiones a desagüe y válvulas de control necesarias.

Las superficies de los asientos serán mecanizadas y terminadas perfectamente, asegurando total estanqueidad al servicio especificado.

Todas las válvulas roscadas serán diseñadas de forma que al conectarse con equipos, tubería o accesorios, ningún daño pueda ser acarreado a ninguno de los componentes de la válvula.

### 6.1.3. Conductos y accesorios

Los conductos para el transporte del aire estarán formados por materiales que tengan la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos debidos a su peso, al movimiento del aire, a los propios de su manipulación, así como a las vibraciones que pueden producirse como consecuencia de su trabajo. Los conductos no podrán contener materiales sueltos, las superficies internas serán lisas y no contaminarán el aire que circula por ellas en las condiciones de trabajo.

Las canalizaciones de aire y accesorios cumplirán lo establecido en las normas UNE que les sean de aplicación. También cumplirán lo establecido en la normativa de protección contra incendios que les sea aplicable.

En particular, los conductos de chapa metálica cumplirán las prescripciones de UNE 100101, UNE 100102 y UNE 100103, los conductos de fibra de vidrio cumplirán las prescripciones de la UNE 100105.

Los conductos, desde las unidades de tratamiento o ventiladores hasta las unidades terminales, no podrán alojar conducciones de otras instalaciones mecánicas o eléctricas, ni ser atravesados por ellas.

Las redes de conductos no pueden tener aberturas, salvo aquellas requeridas para el funcionamiento del sistema de climatización y para su limpieza y deben cumplir con los requerimientos de estanquidad fijados en UNE 100102.

Se procurará que las dimensiones de los conductos circulares, ovales y rectangulares estén de acuerdo con UNE 100101.

Antes de su instalación, las canalizaciones deben reconocerse y limpiarse para eliminar los cuerpos extraños.

La alineación de las canalizaciones en las uniones, los cambios de dirección o de sección y las derivaciones se realizarán con los correspondientes accesorios o piezas especiales, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, conservando la forma de la sección transversal y sin forzar las canalizaciones.

Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, de formación de condensaciones y de corrosión, entre los conductos y los soportes metálicos se interpondrá un material flexible no metálico.

Los conductos para distribución de aire construidos mediante chapa de acero galvanizado, tendrán las caras en forma de “punta de diamante”, con el fin de dotarlos de mayor rigidez.

Las características de su construcción, en función de las dimensiones de su lado máximo, serán las que a continuación se tabulan:

Lado mayor (mm)	Espesor de chapa (mm)	Tipo de unión
≤400	0,6	bayoneta deslizante a 2.400 mm máximo
410-900	0,8	bayoneta deslizante a 2.000 mm máximo
910-1.300	0,8	bridas angulares galvanizadas de 250x250x1.000 mm
1.310-2.000	1	bridas angulares galvanizadas de 300x300x1.000 mm
>2.000	1,2	bridas angulares galvanizadas de 400x400x1.000 mm y refuerzo longitudinal intermedio

Todas las uniones y derivaciones de conductos se sellarán con un producto de elasticidad permanente, con el fin de evitar fugas de aire.

Cuando se precise realizar soldaduras en el conducto, o accesorios del mismo, dicha soldadura se protegerá posteriormente con una pintura a base de zinc.

Los codos tendrán un radio de eje no inferior a 1,5 veces la anchura del conducto.

Los cambios de sección se realizarán de tal forma que el ángulo formado por cualquier lado de la pieza de transición no sea superior a 15°.

Las unidades de tratamiento de aire, las unidades terminales y las cajas de ventilación y los ventiladores se acoplarán a la red de conductos mediante conexiones antivibratorias.

Los conductos flexibles que se utilicen para la conexión de la red a las unidades terminales serán colocados con curvas cuyo radio sea mayor que el doble del diámetro. Se recomienda que la longitud de cada conexión flexible no sea mayor que 1,5 m.

#### 6.1.4. Materiales aislantes térmicos

Los materiales aislantes térmicos empleados para aislamiento de conducciones, aparatos y equipos, así como los materiales para la formación de barreras anti-vapor, cumplirán lo especificado en UNE 100171 y demás normativa que le sea de aplicación.

El contratista deberá presentar muestras de cada tipo de aislamiento y productos auxiliares para su revisión.

El contratista suministrará una lista de materiales con datos técnicos de cada tipo de aislamiento utilizado en el proyecto, documentando su función, calidad y características e incluyendo, al menos, las siguientes características: propagación de llama, generación de humo, y características de rendimiento térmico.

Se pondrá especial atención en que el aislamiento y su espesor cumplan la IT 1.2.4.2.1. y la IT 1.2.4.2.2 del RITE.

El contratista suministrará y almacenará los materiales en el embalaje original del fabricante debidamente etiquetados. Los materiales se almacenarán en lugares secos y protegidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante. No se abrirán los embalajes ni se retirarán sus etiquetas hasta su instalación.

Para evitar deterioros no se permitirá que el aislamiento se moje, se humedezca o se manche. Se protegerá el aislamiento de su exposición a altas temperaturas, excesiva exposición a los rayos solares y al contacto con superficies calientes por encima de las temperaturas seguras indicadas por el fabricante.

No se comenzará la instalación de aislamiento en períodos desfavorables, a menos que el trabajo se realice de acuerdo con los requisitos e instrucciones del fabricante.

Frente al fuego los aislamientos tendrán, al menos, clasificación de no inflamable, no propagador de llama (M1), no generando en caso de incendio humos ni productos tóxicos apreciables.

Junto a la primera entrega de los planos de montaje, el contratista entregará los certificados oficiales que demuestran el cumplimiento del comportamiento al fuego de los materiales aislantes.

Todos los auxiliares y accesorios serán no combustibles, ni generarán humos ni productos tóxicos apreciables en caso de exposición al fuego. Los tratamientos ignífugos

que se requieran serán permanentes, no permitiéndose el uso de materiales para dichos tratamientos solubles al agua.

No se permite la utilización de amianto.

Además, el material de aislamiento térmico deberá cumplir con las siguientes características:

- Ser imputrescible.
- No contener sustancias que se presten a la formación de microorganismos.
- No desprender olores a la temperatura de trabajo.
- No provocar la corrosión de las tuberías y conductos en las condiciones de uso.
- No ser alimento de roedores.

El aislamiento deberá ser aplicado sobre superficies limpias y secas, una vez inspeccionadas y preparadas para recibir aislamiento.

Se examinarán las áreas que vayan a ser aisladas. El contratista deberá de corregir todas aquellas condiciones que puedan influir negativamente para la correcta terminación del trabajo en calidad y plazo. No se comenzará hasta que las condiciones insatisfactorias hayan sido corregidas.

Se verificará que todos los elementos de soportería hayan sido dimensionados y ajustados para permitir que las camisas del aislamiento atraviesen estos componentes sin ser taladradas.

No se iniciará la instalación del aislamiento hasta que hayan sido instaladas las tuberías, los conductos y otros elementos salientes sobre los mismos.

El acabado final del aislamiento, en especial en zonas vistas, tendrá un aspecto uniforme, limpio y ordenado.

En general, se instalarán los materiales de aislamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante, a excepción de que se indiquen o especifiquen requisitos más restrictivos. Se extenderá el espesor total del aislamiento sobre la superficie total a ser cubierta a menos que se indique lo contrario. Se deberá cortar y encajar o conformar el aislamiento fuertemente alrededor de todas las obstrucciones o taladros de manera que no existan huecos en el curso del aislamiento.

Cuando sea posible, todo el aislamiento de tuberías deberá de aplicarse de forma continua. Cuando el uso de formas segmentadas sea necesario, los segmentos deberán de

ser de tal construcción de manera que encajen correctamente en las superficies curvas en las cuales sean aplicados.

El aislamiento de las superficies frías donde se empleen encamisados con barrera de vapor deberá de ser aplicado con un sello de barrera de vapor continuo y sin roturas. Los soportes, anclajes, etc., que se fijen directamente a servicios fríos deberán de ser adecuadamente aislados y sellados formando barrera de vapor para prevenir condensaciones.

En los soportes de tuberías frías aisladas se instalarán inserciones. Las inserciones entre la tubería y los soportes deberán de consistir en aislamiento de tubería rígido del mismo espesor que el aislamiento adyacente y deberán de ser provistas con barrera de vapor donde sea necesario. Las inserciones deberán de tener suficiente resistencia a compresión de tal manera que cuando sean utilizadas en combinación con escudos de chapa metálica, soporten el peso de la tubería y del fluido sin romper el aislamiento

Las válvulas y accesorios ocultos deberán de encontrarse correctamente aislados. El espesor terminado del aislamiento en los accesorios y válvulas deberá de ser como mínimo el de las tuberías adyacentes.

Las válvulas y accesorios expuestos y todas las bridas deberán de ser aisladas con accesorios preconformados o segmentos de aislamiento. El aislamiento de las bridas deberá de extenderse un mínimo de 25 mm más allá de la terminación de la tornillería. Se adoptarán las medidas necesarias, tales como instalación con recubrimientos preconformados, con el fin de que la instalación quede con un aspecto uniforme, limpio y ordenado.

Donde se especifique aislamiento para tuberías, se aislarán de modo similar todos los tramos de conexiones, purgadores, vaciados u otras tuberías sujetas a pérdidas o ganancias térmicas, según el caso.

Se aislarán completamente tuberías, tanques o depósitos de agua, válvulas, intercambiadores, accesorios, etc. Todos los soportes metálicos que pasen a través del aislamiento, incluyendo soportes de depósitos e intercambiadores, soportes de tubería, etc., se aislarán al menos una longitud de cuatro veces el espesor del aislamiento. Cuando los equipos estén soportados por cunas de metal, el aislamiento se prolongará hasta la cimentación de hormigón.

Cualquier aislamiento mostrando evidencia de humedad será rechazado por la Dirección Facultativa. Todo aislamiento que se aplique en una jornada de trabajo, deberá tener también en dicha jornada la barrera anti-vapor. Cualquier evidencia de

discontinuidad en la barrera anti-vapor será causa suficiente de rechazo por la Dirección Facultativa.

El aislamiento exterior de conductos quedará perfectamente unido al conducto, utilizándose los medios adecuados. La barrera de vapor no se verá en ningún caso interrumpida, disponiéndose juntas de sellado o bandas adhesivas de 80 mm de anchura mínima en las uniones. En conductos de 600 mm de anchura o mayor, se dispondrán pins y clips en su parte inferior.

Los pins estarán preferentemente soldados por punto.

#### 6.1.5. Unidades de tratamiento y unidades terminales

Los materiales con los que estén construidas las unidades de tratamiento de aire y las unidades terminales, cumplirán las prescripciones establecidas para los conductos en el apartado ITE 04.4, que les sean aplicables.

Las instalaciones eléctricas de las unidades de tratamiento de aire tendrán la condición de locales húmedos a los efectos de la reglamentación de baja tensión.

Se suministrarán climatizadores fabricados a medida que cumplan las prestaciones indicadas en planos. Mientras no se indique de otro modo, las unidades estarán completamente equipadas con carcasas y plenums, ventiladores, antivibratorios, aislamientos, bandejas, baterías, filtros, sistemas de humidificación, deflectores, compuertas, alumbrado y demás elementos y accesorios necesarios. Las unidades, serán de primera línea dentro de la gama de fabricación de cada proveedor.

Las unidades no excederán las dimensiones indicadas en planos manteniéndose los espacios internos necesarios entre los componentes y asegurando el espacio para mantenimiento. Las dimensiones externas que estén indicadas son máximas y las interiores mínimas. No se sobrepasarán estos límites sin una aprobación por escrito de la Dirección Facultativa.

Es responsabilidad del contratista verificar los espacios disponibles y acceso desde el exterior del edificio a los locales destinados a los equipos.

Las unidades serán diseñadas, construidas y operarán bajo todos los caudales de trabajo, de modo que se mantengan las condiciones térmicas y acústicas de proyecto.

Dichas condiciones de funcionamiento se deben lograr en las condiciones reales de funcionamiento de las unidades, tales como locales donde se ubican y distribución de conductos.

Cada unidad será construida y operará en todas las condiciones de caudal de aire (incluyendo de 100% a 30% en las unidades de volumen variable) sin que se sobrepasen las condiciones acústicas requeridas para los diferentes locales. Se medirán los niveles sonoros en los locales ocupados adyacentes a las salas de climatizadores. Los requisitos acústicos se deben cumplir con la unidad instalada y según las condiciones constructivas del edificio, la ubicación destinada a ella y los conductos conectados en modo similar a lo proyectado. Si no se logran los niveles requeridos, el contratista se hará cargo de añadir las medidas o silenciadores que sean necesarios. Estas medidas se adoptarían sin comprometer el diseño original.

#### 6.1.6. Calderas

Los generadores de calor cumplirán con el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero por el que se dictan normas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE relativa a los requisitos mínimos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos y válida para calderas de una potencia nominal comprendida entre 4 a 400 kW. Las calderas de potencia superior a 400 kW tendrán un rendimiento igual o superior al exigido para las calderas de 400 kW.

Las calderas de gas se atenderán en todo caso a la reglamentación vigente, a lo establecido en esta instrucción técnica complementaria y particularmente al Real Decreto 1428/1992 de 27 de noviembre por el que se aprueban las disposiciones de aplicación de la Directiva 90/396/CEE sobre aparatos de gas.

- Documentación:

El fabricante de la caldera deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo, los siguientes datos:

- Información sobre potencia y rendimiento requerida por el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero por el que se dictan medidas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE.
- Condiciones de utilización de la caldera y condiciones nominales de salida del fluido portador.
- Características del fluido portador.
- Contenido de fluido portador de la caldera.
- Caudal mínimo de fluido portador que debe pasar por la caldera.

- Dimensiones exteriores máximas de la caldera y cotas de situación de los elementos que se han de unir a otras partes de la instalación (salida de humos, salida y entrada del fluido portador etc.).
  - Dimensiones de la bancada.
  - Pesos en transporte y en funcionamiento.
  - Instrucciones de instalación, limpieza y mantenimiento.
  - Curvas de potencia-tiro necesario en la caja de humos para las condiciones citadas en el Real Decreto 275/1995, por el que se dictan medidas de aplicación de la Directiva del Consejo 92/42/CEE.
- Accesorios:

Independientemente de las exigencias determinadas por el Reglamento de Aparatos a presión u otros que le afecten, con toda caldera deberán incluirse:

- Utensilios necesarios para limpieza y conducción, si procede.
- Aparatos de medida (manómetros y termómetros).

Los termómetros medirán la temperatura del fluido portador en un lugar próximo a la salida por medio de un bulbo que, con su correspondiente vaina de protección, penetre en el interior de la caldera. No se admiten los termómetros de contacto.

Los aparatos de medida irán situados en lugar visible y fácilmente accesible para su entretenimiento y recambio, con las escalas adecuadas a la instalación.

### 6.1.7. Equipos de producción de frío

- Condiciones generales y documentación

Los equipos de producción de frío deberán cumplir lo que a este respecto especifique el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, el Reglamento de Aparatos a Presión y este Reglamento.

Los fabricantes o distribuidores de estos equipos deberán aportar la siguiente documentación, sin perjuicio de otra fijada por la correspondiente Comunidad Autónoma:

- Potencia frigorífica útil total para diferentes condiciones de funcionamiento, incluso con las potencias nominales absorbidas en cada caso.
- Coeficiente de eficiencia energética para diferentes condiciones de funcionamiento y, para plantas enfriadoras de agua, incluso a cargas parciales.

- Límites extremos de funcionamiento admitidos.
  - Tipo y características de la regulación de capacidad.
  - Clase y cantidad de refrigerante. Presiones máximas de trabajo en las líneas de alta y baja presión de refrigerante.
  - Exigencias de la alimentación eléctrica y situación de la caja de conexión.
  - Caudal del fluido secundario en el evaporador, pérdida de carga y otras características del circuito secundario.
  - Caudal de fluido de enfriamiento de condensador, pérdida de carga y otras características del circuito.
  - Exigencias y recomendaciones de instalación: espacios de mantenimiento, situación y dimensión de acometidas etc.
  - Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento.
  - Dimensiones máximas del equipo.
  - Nivel máximo de potencia acústica ponderado A LWA, en decibelios, determinado según UNE 74105.
  - Pesos en transporte y en funcionamiento.
- Equipos autónomos:

Los equipos autónomos, compactos o por elementos, deberán cumplir la legislación para baja tensión que les sea aplicable.

Los fabricantes o distribuidores deberán aportar, además de la documentación expresada en ITE 04.1 1.1 y de otra fijada por la correspondiente Comunidad Autónoma, los siguientes datos:

- 1) En todo tipo de unidades:
  - Caudal de aire para diferentes valores de la presión estática exterior.
  - Diámetro y situación de las conexiones de drenaje.
  - Características identificativas de la batería de calefacción, si existe y, en su caso, diámetro y situación de la acometida y tipo de fluido calefactor.
- 2) En unidades con condensador enfriado por agua:
  - Diámetro y situación de las acometidas de agua al condensador.
- 3) En unidades con condensador enfriado por aire:
  - Temperatura máxima y mínima de aire exterior permitida en el condensador.
  - Características de ventilador(es) y motor(es).

## 6.2. Montaje

### 6.2.1. Generalidades

El montaje de las instalaciones objeto de este Proyecto deberá ser efectuado por una empresa instaladora registrada de acuerdo a lo desarrollado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en su instrucción técnica ITE 1.1.

Las normas que se desarrollan en este apartado han de entenderse como la exigencia de que los trabajos de montaje, pruebas y limpieza se realicen correctamente, de forma que:

- a) La instalación, a su entrega, cumpla con los requisitos que señala el capítulo segundo del RITE.
- b) La ejecución de las tareas parciales interfiera lo menos posible con el trabajo de otros oficios.

### 6.2.2. Acopio de materiales

La empresa instaladora irá almacenando en lugar establecido de antemano todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales procederán de fábrica convenientemente embalados al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Cuando el transporte se realice por mar, los materiales llevarán un embalaje especial, así como las protecciones necesarias para evitar toda posibilidad de corrosión marina.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente al embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

A la llegada a obra se comprobará que las características técnicas de todos los materiales corresponden con las especificadas en Proyecto.

### 6.2.3. Replanteo

Antes de comenzar los trabajos de montaje la empresa instaladora deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación. El replanteo deberá contar con la aprobación del Director de la Instalación.

### 6.2.4. Cooperación con otros contratistas

La empresa instaladora deberá cooperar plenamente con los otros contratistas, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

### 6.2.5. Protección

Durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados se deberán proteger todos los materiales de desperfectos y daños, así como de la humedad.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pinturas antioxidantes, grasas o aceites que deberán ser eliminados en el momento del acoplamiento.

Especial cuidado se tendrá hacia los materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, aparatos de control y medida etc., que deberán quedar especialmente protegidos.

### 6.2.6. Limpieza

Durante el curso del montaje de las instalaciones se deberán evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, como embalajes, retales de tuberías, conductos y materiales aislantes, etc.

Asimismo, al final de la obra, se deberán limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales, equipos de salas de máquinas, instrumentos de medida y control, cuadros eléctricos, etc., dejándolos en perfecto estado.

### 6.2.7. Ruidos y vibraciones

Toda instalación debe funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos establecidos en el RITE.

Las correcciones que deban introducirse en los equipos para reducir su ruido o vibración deben adecuarse a las recomendaciones del fabricante del equipo y no deben reducir las necesidades mínimas especificadas en Proyecto.

### 6.2.8. Accesibilidad

Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles, sin necesidad de desmontar ninguna parte de la instalación, particularmente cuando cumpla funciones de seguridad.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento deben situarse en emplazamientos que permitan la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la reglamentación vigente y las recomendaciones del fabricante.

Para aquellos equipos dotados de válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control etc. que, por alguna razón, deban quedar ocultos, se preverá un sistema de acceso fácil por medio de puertas, mamparas, paneles u otros elementos. La situación exacta de estos elementos de acceso será suministrada durante la fase de montaje y quedará reflejada en los planos finales de la instalación.

### 6.2.9. Identificación de equipos

Al final de la obra los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengan reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán el nombre y las características técnicas del elemento.

En los cuadros eléctricos los bornes de salida deben tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

La información contenida en las placas debe escribirse en lengua castellana, por lo menos, y con caracteres indelebles y claros, de altura no menor que 5 mm.

Las placas se situarán en un lugar visible y se fijarán mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.

### **6.3. Pruebas, puesta en marcha y recepción**

La empresa instaladora dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación.

Las pruebas parciales estarán precedidas por una comprobación de los materiales en el momento de su recepción en obra. Una vez que la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del Proyecto, y haya sido ajustada y equilibrada conforme a lo indicado en UNE 100010, deben realizarse como mínimo las pruebas finales del conjunto de la instalación que se indican a continuación, independientemente de aquellas otras que considere necesarias el Director de Obra.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del Director de Obra o persona en quien delegue, quien deberá dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados.

#### **6.3.1. Limpieza interior de redes de tuberías**

Las redes de distribución de agua deben ser limpiadas internamente antes de efectuar las pruebas hidrostáticas y la puesta en funcionamiento, para eliminar polvo, cascarillas, aceites y cualquier otro material extraño. Las tuberías, accesorios y válvulas deben ser examinados antes de su instalación y, cuando sea necesario, limpiados.

Las redes de distribución de fluidos portadores deben ser limpiadas interiormente antes de su llenado definitivo para la puesta en funcionamiento para eliminar polvo, cascarillas, aceites y cualquier otro material extraño.

Durante el montaje se evitará la introducción de materias extrañas dentro de las tuberías, los aparatos y los equipos protegiendo sus aberturas con tapones adecuados.

Una vez completada la instalación de una red, ésta se llenará con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes orgánicos compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

A continuación, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante dos horas, por lo menos. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100°C, se medirá el pH del agua del circuito.

Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

### 6.3.2. Limpieza interior de redes de conductos

La limpieza interior de las redes de distribución de aire se efectuará una vez completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de conectar las unidades terminales y montar los elementos de acabado y los muebles.

Se pondrán en marcha los ventiladores hasta que el aire a la salida de las aberturas parezca, a simple vista, no contener polvo.

### 6.3.3. Comprobación de la ejecución

Independientemente de los controles de recepción y de las pruebas parciales realizados durante la ejecución, se comprobará la correcta ejecución del montaje y la limpieza y cuidado en el buen acabado de la instalación.

Se realizará una comprobación del funcionamiento de cada motor eléctrico y de su consumo de energía en las condiciones reales de trabajo, así como de todos los cambiadores de calor, climatizadores, calderas, máquinas frigoríficas y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica, anotando las condiciones de funcionamiento.

### 6.3.4. Pruebas hidrostáticas de redes de tuberías

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Independientemente de las pruebas parciales a que hayan sido sometidas las partes de la instalación a lo largo del montaje, debe efectuarse una prueba final de estanquidad de todo el circuito equivalente a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 6 bar, de acuerdo a UNE 100151.

Las pruebas requieren, inevitablemente, el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento

deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

Posteriormente se realizarán pruebas de circulación de agua, poniendo las bombas en marcha, comprobando la limpieza de los filtros y midiendo presiones y, finalmente, se realizará la comprobación de la estanquidad del circuito con el fluido a la temperatura de régimen.

Por último, se comprobará el tarado de todos los elementos de seguridad.

### 6.3.5. Pruebas de redes de conductos

Los conductos de chapa se probarán de acuerdo con UNE 100104. Las pruebas requieren el taponamiento de los extremos de la red, antes de que estén instaladas las unidades terminales. Los elementos de taponamiento deben instalarse en el curso del montaje, de tal manera que sirvan, al mismo tiempo, para evitar la entrada en la red de materiales extraños.

### 6.3.6. Pruebas de libre dilatación

Una vez que las pruebas anteriores hayan sido satisfactorias y se hayan comprobado hidrostáticamente los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con calderas se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no han tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión ha funcionado correctamente.

### 6.3.7. Pruebas de circuitos frigoríficos

Los circuitos frigoríficos de las instalaciones centralizadas de climatización, realizados en obra, serán sometidos a las pruebas de estanquidad especificadas en la instrucción MI.1F.010, del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

No debe ser sometida a una prueba de estanquidad la instalación de unidades por elementos cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que entregará el correspondiente certificado de pruebas.

### 6.3.8. Otras pruebas

Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confortabilidad, seguridad y ahorro de energía de estas instrucciones técnicas. Particularmente se comprobará el buen funcionamiento de la regulación automática del sistema.

### 6.3.9. Certificado de la instalación

Para la puesta en funcionamiento de la instalación es necesaria la autorización del Organismo Territorial Competente, para lo que se deberá presentar ante el mismo un certificado suscrito por el Director de la Instalación, cuando sea preceptiva la presentación de Proyecto y por un Instalador, que posea carné, de la empresa que ha realizado el montaje.

TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Jon Biurrun Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO Nº 5: PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

### ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
1.1. PROYECTO, PROMOTOR Y CONSTRUCTOR.....	3
1.2. OBJETO DEL PLAN .....	3
<b>2. MEMORIA INFORMATIVA.....</b>	<b>4</b>
2.1. DATOS DE LA OBRA .....	4
2.1.1. Emplazamiento.....	4
2.1.2. Plan de ejecución de la obra.....	4
2.1.3. Accesos .....	4
2.1.4. Centro asistencial más próximo .....	4
2.2. DESCRIPCION DE LA OBRA .....	4
2.2.1. Tipo de la obra .....	4
2.2.2. Sistema técnico constructivo de las fases a desarrollar.....	4
2.2.3. Circulación de personas ajenas a la obra.....	5
2.2.4. Suministro de energía eléctrica .....	5
2.2.5. Suministro de agua.....	5
<b>3. MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>5</b>
3.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS .....	5
3.2. LOCALIZACION E IDENTIFICACION DE LAS ZONAS CON RIESGOS ESPECIALES .....	5
3.3. ORDEN DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS .....	6
<b>4. RIESGOS, NORMAS DE SEGURIDAD Y SISTEMAS DE PROTECCION COLECTIVOS Y PERSONALES SEGÚN DISTINTAS FASES DE LSO TRABAJOS.....</b>	<b>6</b>
4.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS .....	6
4.2. NORMAS SOBRE MANIOBRAS DE IZADO DE CARGAS.....	7
4.3. MONTAJE DE LAS INSTALACIONES .....	8
4.3.1. Riesgos no eliminables.....	8
4.3.2. Medidas preventivas.....	8
4.3.3. Protecciones personales .....	9
4.3.4. Notas suplementarias .....	10

<b>5. MAQUINAS HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES .....</b>	<b>10</b>
5.1. MAQUINAS HERRAMIENTAS .....	10
5.1.1. Normas de carácter específico .....	10
5.1.2. Manejo de herramientas punzantes .....	10
5.1.3. Máquinas eléctricas portátiles .....	11
5.2. SOLDADURA ELECTRICA.....	12
5.3. MANIPULACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS.....	13
5.4. MEDIOS AUXILIARES .....	14
5.4.1. Andamios .....	14
5.4.2. Andamios transportables y giratorios.....	14
5.4.3. Escaleras.....	15
5.4.4. Protecciones colectivas .....	15
5.5. DEL PERSONAL DE LA OBRA .....	15
5.6. DEL INSTALADOR.....	15
5.7. DEL PROPIETARIO .....	16
5.8. DEL PRESENTE PLIEGO .....	16

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Proyecto, promotor y constructor

El plan de Seguridad y Salud contempla el Proyecto y los posteriores trabajos que son necesarios realizar, para dotar a un edificio de los equipos y sistemas para su climatización.

El proyecto ha sido llevado a cabo por Jon Biurrun Martínez (Ingeniero Técnico Industrial).

El propietario del edificio es la empresa.

### 1.2. Objeto del plan

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de una obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, mantenimiento, y las instalaciones de salud y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa instaladora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.

La empresa adjudicataria de la obras podrá modificar los elementos auxiliares, maquinaria y sistemas de prevención que en este Plan se presentan, siempre que la Dirección Facultativa lo autorice, quedando reflejado cualquier cambio en el libro de incidencias existente en obra.

El presente Plan se presentará a la aprobación expresa de la Dirección Facultativa. Una vez aprobado el Plan se presentará a la Autoridad Laboral al solicitar la apertura del nuevo centro de trabajo.

En todo momento estará disponible en obra una copia del presente Plan de Seguridad y Salud al igual que el Libro de Incidencias suministrado por el Colegio Profesional correspondiente a la Dirección Facultativa.

En el presente estudio se analizarán los trabajos necesarios para la ejecución del “Proyecto de calefacción y climatización de una nave industrial y oficinas”, se

identificarán los riesgos inherentes a dichos trabajos y se dispondrán las premisas para la selección y adopción de las medidas preventivas para el control de los riesgos.

## **2. MEMORIA INFORMATIVA**

### **2.1. Datos de la obra**

#### **2.1.1. Emplazamiento**

El edificio en donde se va a realizar la instalación está situado en el Polígono Industrial “La Nava”, entre las localidades de Tafalla y Olite, en Navarra.

#### **2.1.2. Plan de ejecución de la obra**

El plan de ejecución de obra previsto es de 6 meses.

#### **2.1.3. Accesos**

Los accesos a la parcela donde se encuentra la nave, tanto peatonal como rodados, se realizan desde la calle 1 Del polígono industrial.

#### **2.1.4. Centro asistencial más próximo**

Para la asistencia médica se acudirá al Centro de Salud de Tafalla, y en caso de extrema gravedad, serán enviados al Hospital de Navarra, en Pamplona.

### **2.2. Descripción de la obra**

#### **2.2.1. Tipo de obra**

La obra a realizar es de promoción privada. Tiene como finalidad la colocación de los elementos necesarios para calefactar y climatizar una nave industrial y sus oficinas.

#### **2.2.2. Sistema técnico constructivo de las fases a desarrollar**

Instalación de unidades climatizadoras en la nave, conductos de aire para impulsión y retorno, toberas y rejillas.

Instalación de sala de calderas.

Instalación de la caldera, la enfriadora y los fan-coils.

### 2.2.3. Circulación de personas ajenas a la obra

Está totalmente prohibido el acceso a la obra de personas ajenas a ella, lo cual se regulará con señalización correspondiente en todos los accesos a la misma.

### 2.2.4. Suministro de energía eléctrica

El suministro eléctrico, tanto de las instalaciones de mando y control de las unidades a instalar, como las correspondientes tomas auxiliares para la realización de la obra, se efectuará desde las líneas de distribución y de los cuadros de luz correspondientes instalados cerca de los puntos de consumo.

### 2.2.5. Suministro de agua

La toma de agua para el llenado de las instalaciones se realizará de las canalizaciones de agua fría que el polígono industrial tiene.

## 3. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 3.1. Trabajos previos al inicio de las obras

- Ejecución y comprobación del replanteo con aprobación del acta correspondiente.
- Vallado y cerramiento de la zona de obras.
- Señalización de zonas de entrada y salida de personas y vehículos.
- Colocación de señales de seguridad “Prohibido el paso a personas ajenas a la obra”, “uso obligatorio de casco”, etc.
- Se comprobará la protección sobre todo de las vías de circulación tales como escaleras y pasarelas metálicas que será necesario utilizar.
- Se pondrá especial atención en lo relativo al despeje de las vías de circulación, retirando los materiales pertenecientes a la Empresa que dificulten dicho tránsito.

### 3.2. Localización e identificación de las zonas con riesgos especiales

A medida que se vayan sucediendo los trabajos y se sucedan las diferentes fases de la obra, también se irán modificando las zonas de prevención de los riesgos.

No obstante, se pueden señalar algunas zonas en las que los riesgos pueden ser ciertos si no se toman las debidas medidas de protección personales o colectivas, que se especificarán más adelante en este plan.

Entre las citadas zonas, cabe destacar:

Los alrededores de las zonas en donde se realicen operaciones de montaje con riesgos de caídas de objetos, atropellos de maquinaria, generación de polvo, etc.

### **3.3. Orden de ejecución de los trabajos**

Primero se procederá a la inspección visual de la obra, para comprobar que no existen riesgos generales, tales como escaleras o huecos mal protegidos, que las vías de acceso a los trabajos están libres de obstáculos y que las tomas tanto eléctricas como de agua que debe suministrar el contratista principal, se encuentran perfectamente definidas y protegidas.

Utilizando medios auxiliares de montaje (grúa sobre camión), se instalarán la enfriadora, caldera, climatizador, recuperador de aire, rooftop, conductos de aire, tuberías, etc., que son necesarias colocar en la cubierta y en la sala de calderas.

Se procederá a la instalación eléctrica correspondiente, colocando los cuadros de maniobra y control necesarios y finalizando con el tendido del cableado y la conexión de los distintos equipos.

Por último, se procederá a las pruebas de presión y de funcionamiento, haciendo especial hincapié en las relacionadas con la seguridad de las instalaciones.

## **4. RIESGOS, NORMAS DE SEGURIDAD Y SISTEMAS DE PROTECCION COLECTIVOS Y PERSONALES SEGÚN DISTINTAS FASES DE LOS TRABAJOS**

### **4.1. Trabajos previos al inicio de las obras**

Se comprobará que las zonas de trabajo se encuentran limpias y ordenadas.

Se comprobará que las instalaciones auxiliares se encuentran en perfecto estado y que las zonas de trabajo se corresponden con lo especificado en el correspondiente Plan General de Seguridad de la obra.

Se comprobará que existen las señalizaciones informativas y de seguridad en las distintas fases de la ejecución y que se delimitan las zonas de paso, para que no existan interferencias con los demás gremios que actúan en la obra.

## 4.2. Normas sobre maniobras de izado de cargas

Comprende las operaciones de carga, descarga y colocación de elementos pesados desde el camión, hasta el lugar en donde se deben colocar, realizada con grúa automóvil o camión grúa. Para ello habrá que tener en cuenta las siguientes normas de seguridad:

- Hay que tomar todas las precauciones, con el fin de evitar la caída de objetos durante el transporte.
- Tensar los cables una vez enganchada la carga.
- Elevar cuidadosamente y suavemente para permitir que la carga adopte su posición de equilibrio.
- Asegurarse que los cables no patinan y que los ramales están tendidos por igual.
- Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada, depositarla en el suelo y volver a efectuar las maniobras indicadas anteriormente. Si el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, suspender la maniobra de izado y comprobar el motivo de dicha resistencia, procediéndose a corregir el defecto.
- No sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden atrapadas entre la carga y el cable.
- Realizar el desplazamiento de la carga sólo cuando esté lo suficientemente elevada y no se corre el peligro de chocar con ningún obstáculo.
- Si el recorrido es largo, debe desplazarse a velocidad moderada y a la menor altura posible.
- Debe efectuarse el desplazamiento de la carga teniendo a la vista al maquinista de la grúa.
- Asegurarse que la carga no golpeará ningún obstáculo al adquirir su posición de equilibrio.
- Retener la carga mediante cuerdas o cables.
- Levantar el gancho de la grúa para que ningún obstáculo golpee con el mismo o se enganchen los cables suspendidos.
- No dejar la carga suspendida encima de un paso.
- Procurar no depositar las cargas en pasillos con circulación.
- Depositar las cargas sobre calzos y en lugares suficientemente resistentes.
- No aprisionar los cables al depositar las cargas.
- Comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.
- Calzar la carga que puede rodar, utilizando calzos cuño espesor sea 1/10 el diámetro de la carga.

Para la utilización de la grúa automóvil, se hará hincapié en los siguientes aspectos:

- El área de trabajo estará perfectamente delimitada y señalizada.
- Comprobación de la resistencia del terreno por los responsables de la obra en los lugares donde se vaya a apoyar la grúa.
- Manejo exclusivo por persona responsable y especializada.
- En la proximidad de taludes, zanjas, etc., no se ubicará la grúa sin permiso del responsable de la obra, que autorizará en su caso las distancias más adecuadas.

### 4.3. Montaje de las instalaciones

#### 4.3.1. Riesgos no eliminables

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamientos.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Golpes, pinchazos y cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento o aplastamiento por objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas.
- Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- Exposición a temperaturas extremas.
- Contactos eléctricos.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Agentes físicos.
- Agentes químicos.

#### 4.3.2. Medidas preventivas

- Los huecos que queden en el forjado estarán bien protegidos y con los medios que ofrezcan garantías de solidez y estabilidad (barandillas bien ancladas al forjado, entablado sujeto de madera que no se pueda deslizar...).
- No se usarán nunca como barandillas cuerdas, cadenas, o material plástico en forma red.
- Se emplearán medios auxiliares en perfecto estado de uso.
- Instalación correcta.
- Uso acorde a las instrucciones de trabajo correspondientes (ver ITE correspondientes a escaleras, andamios y plataformas elevadoras).

- Mantener limpia, ordenada y bien iluminada la zona de trabajo y circulación.
- Montaje correcto de los andamios perfectamente arriostrados
- Perfecto acopio de materiales en la obra.
- Obligatorio calzado de seguridad con punta de acero y con plantilla resistente a la perforación.
- Utilización de guantes para el traslado del material.
- Nunca permanecerá ningún operario bajo cargas suspendidas aun cuando sea en ayuda de la maniobra.
- No se dejarán los aparatos de izar con carga suspendidas.
- Los cables y ganchos cumplirán las especificaciones contempladas en su correspondiente instrucción técnica.
- Importante la utilización del casco homologado.
- Las barandillas, tanto de andamios como de plataformas elevadoras, como de las protecciones de huecos, dispondrán de rodapiés para evitar la caída de objetos.
- Si existen trabajadores realizando trabajos en altura, es importante acotar la zona inferior y señalar las zonas de paso.
- Correcto mantenimiento y utilización de las herramientas manuales.
- Utilizar la herramienta de acuerdo con la especificación técnica correspondiente.
- Utilizar gafas de seguridad.
- Las transmisiones por poleas serán protegidas mediante carcasa que impidan el acceso directo a los órganos de rotación.
- Toda pieza en la que se trabaje debe amarrarse con firmeza y seguridad en la mesa de la máquina antes de ponerla en marcha.
- Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal experto.

#### 4.3.3. Protecciones personales

- Casco homologado en todo momento.
- Guantes de cuero para el manejo de materiales.
- Uso de cinturón portaherramientas.
- Mono de trabajo y trajes de agua.
- Botas de goma con suelo antideslizante.
- Calzado con suela reforzada anticlavo.
- Los trabajadores sometidos a nivel de ruido continuado que supere los límites legales deberán estar provistos de tapones o auriculares.
- Gafas de protección contra proyecciones de partículas o polvo.
- Gafas de protección para los trabajos de soldadura.
- Peto para los trabajos de soldadura.

- Mascarillas de filtro mecánico en trabajos con polvo y pintura.
- Guantes dieléctricos para los trabajos en tensión.

#### 4.3.4. Notas suplementarias

Cualquier duda por parte de un gremio sobre la forma de realizar una fase del trabajo, o sobre la correcta utilización de elementos auxiliares o maquinaria, será consultada a la Dirección Facultativa.

## 5. MAQUINAS HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES

### 5.1. Maquinas herramientas

#### 5.1.1. Normas de carácter específico

##### Causas de los riesgos

- Negligencia del operario
- Herramientas con mangos sueltos o rajados
- Destornilladores improvisados, fabricados “in situ” con materiales y procedimientos inadecuados.
- Utilización inadecuada como herramienta de golpeo sin serlo.
- Utilización de herramientas manuales como palanca sin ser esa su función.

##### Medidas de prevención

- No llevar llaves y destornilladores sueltos en los bolsillos, sino en fundas adecuadas sujetas al cinturón.
- No sujetar con la mano la pieza en la que se va a atornillar.
- No se emplearán cuchillos o medios improvisados para sacar tornillos.
- Las llaves se utilizarán limpias y sin grasa.
- No utilizar las llaves para martillar, remachar o como palanca.
- Emplear la llave adecuada a cada tuerca.

#### 5.1.2. Manejo de herramientas punzantes

##### Causas de los riesgos

- Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al mango de la herramienta
- Material de calidad deficiente
- Uno prolongado sin adecuado mantenimiento

- Desconocimiento o imprudencia del operario

### **Medidas de prevención**

- En cinceles y punteros hay que comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajadas o fisuras.
- No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano.
- Deberán estar perfectamente afiladas para un buen funcionamiento.
- No cincelar, taladrar o marcar, etc., nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia afuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.
- No se emplearán nunca los cinceles y puntero para aflojar tuercas.
- El vástago será suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano.
- No mover la broca o cincel para agrandar agujeros.
- Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se vuelven quebradizas y frágiles.

### **Medidas de protección**

- Deben emplearse gafas anti-impactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar la vista.
- Se dispondrá de pantallas faciales con protectoras abatibles si se trabaja en la proximidad de otros operarios.

## 5.1.3. Máquinas eléctricas portátiles

### **Riesgos**

De forma genérica, las medidas de seguridad a adoptar al utilizar máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

- Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar, dejarla limpia y desconectada de la corriente.
- El operario debe estar adiestrado en su uso y conocer las presentes normas.

### Taladro

- Utilizar gafas anti-impacto o pantalla facial.
- La ropa de trabajo no presentará partes sueltas colgantes.
- En caso de producir polvo, utilizar mascarilla.
- Para fijar las brocas utilizar la llave adecuada para ese uso.
- No frenar el taladro con la mano.
- No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento.
- No inclinar la broca para agrandar agujeros.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta esta estará apoyada y sujeta.
- Al terminar el trabajo no dejar la broca en el taladro.

### Esmeriladora circular

- El operario se equipará con gafas antipartículas, herméticas, ajustables mediante goma elástica, protección auditiva y guantes de seguridad.
- Se seleccionará el disco adecuado al trabajo a realizar, el material y la máquina.
- No utilizar muelas que no lleven las indicaciones obligatorias, tales como grano, grado, velocidad máxima de trabajo, diámetro máximo y mínimo, etc.
- El cambio de disco se realizará siempre con la máquina parada.
- No atacar bruscamente la pieza a amolar.
- Evitar que ningún cuerpo extraño se introduzca entre la muela y el protector.
- No trabajar con las caras de una muela plana.
- No trabajar con la ropa floja o suelta.
- Vigilar el desgaste del disco para evitar que se casque.
- Se recomienda la colocación de mamparas para evitar daños a terceros.
- Para pasar herramientas de un operario a otro, realizarlo siempre con la máquina parada y a ser posible dejarla en el suelo para que el otro la coja.
- Los cables eléctricos deberán estar en perfecto estado.

## 5.2. Soldadura eléctrica

En previsión de contactos eléctricos respecto al círculo de alimentación se deberán adoptar las siguientes medidas:

- Revisar periódicamente el buen estado del cable de alimentación.
- Adecuado aislamiento de bornes.
- Conexión y perfecto funcionamiento de la toma de tierra.
- El operario deberá utilizar careta de soldador.

En previsión de proyecciones de partículas incandescentes se adoptarán las siguientes previsiones:

- El operario utilizará guantes de soldador, pantalla facial, chaqueta de cuero, mandil y botas de soldador.
- Se colocarán adecuadamente mantas ignífugas y mamparas opacas para resguardar de rebotes al personal próximo.
- Se adoptarán precauciones para que la soldadura no dañe redes y cuerdas de seguridad al entrar en contacto con el calor, chispas, escoria, etc.
- Se adoptarán precauciones para que la soldadura no provoque:
  - Incendios al entrar en contacto con materiales combustibles.
  - Deflagraciones al entrar en contacto con vapores y sustancias inflamables.

### 5.3. Manipulación de sustancias químicas

En los trabajos de montaje se pueden emplear sustancias químicas perjudiciales para la salud, sobre todo desengrasantes, limpiadores, pegamentos desoxidantes, pinturas, etc.

Cuando se utilicen este tipo de sustancias, se deberán tomar las siguientes medidas:

- Los recipientes que contengan estas sustancias estarán etiquetadas, indicando el nombre del comercial, composición, peligros derivados de su manipulación, normas de actuación (según legislación vigente).
- Se seguirán fielmente las indicaciones del fabricante.
- No se rellenarán envases de bebidas comerciales con estos productos.
- Se utilizarán en lugares ventilados, haciendo uso de gafas o pantalla facial, guantes resistentes a los productos y mandil igualmente resistente.
- En el caso de tener que utilizarse en lugares cerrados o mal ventilados, se emplearán mascarillas con filtro químico adecuado a las sustancias manipuladas.
- Al hacer disoluciones con agua, se verterá el producto químico sobre el agua con el objetivo de que las salpicaduras estén más rebajadas. No se mezclarán productos de distinta naturaleza.

## 5.4. Medios auxiliares

### 5.4.1. Andamios

#### Riesgos

Caídas a distinto nivel de personas, materiales y herramientas por:

- Deslizamientos.
- Roturas de tablonos.
- Rotura de andamio.
- Golpes, cortes, etc.

#### Normas de seguridad

- Los elementos de unión de las distintas piezas han de cumplir su función con la permanencia y fijeza debidas.
- Tiene que asegurarse tanto a los trabajadores que han de trabajar en el andamio como a los demás.
- Deben tenerse en cuenta dentro de las cargas de trabajo el peso del material que provisionalmente se acumulará en el andamio, así como los mecanismos o aparejos que puedan situarse sobre ellos.
- Todos los andamios antes de su primera utilización deben someterse a un reconocimiento y a una prueba de carga por personal competente. Los reconocimientos deben repetirse diariamente.

### 5.4.2. Andamios transportables y giratorios

- La altura no podrá ser superior a cuatro veces su lado menor.
- Las ruedas dispondrán de dispositivo de bloqueo, o en caso contrario, se deberán acuñar por ambos lados.
- El desplazamiento del andamio se deberá efectuar sin personas en él.
- En los andamios metálicos se determinarán el número de perfiles o tubos que los constituyen, se sección, disposición y separación entre ellos, piezas de unión, anclajes, etc., de forma que pueda cumplirse la perfecta estabilidad y seguridad de los trabajadores.

### 5.4.3. Escaleras

#### Utilización de escaleras

- El ascenso y descenso de la escalera se realizará siempre de frente a la misma.
- No la utilizarán a la vez más de un trabajador.
- No se trabajará fuera de la vertical de la escalera.
- No se colocará la escalera detrás de puertas móviles.

#### Uso de escaleras portátiles de mano

- Los largueros serán de una sola pieza.
- Los peldaños estarán ensamblados.
- No existirán empalmes en los largueros de las escaleras.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes en su extremo inferior.
- La inclinación de la escalera será aproximadamente de 75°.

#### Uso de escaleras de tijera

- Dispondrán de topes de seguridad en su articulación superior.
- Estarán provistas de cable o cadena que impidan su abertura.

### 5.4.4. Protecciones colectivas

- Todo el contorno de los andamios tiene que estar protegido por barandillas sólidas y rígidas de 90 cm de altura, y por rodapiés que eviten el deslizamiento de los trabajadores, materiales o herramientas.

## 5.5. Del personal de la obra

Todo operario, que por razón de su oficio haya de intervenir en la instalación, tiene derecho a reclamar de su dirección todos aquellos elementos que de acuerdo con la legislación vigente, garanticen su seguridad personal durante la preparación y ejecución de los trabajos.

El instalador exigirá de sus operarios el empleo de los elementos de seguridad.

## 5.6. Del instalador

Es obligación del instalador, dar cumplimiento a lo legislado y vigente, respecto de honorarios, jornales y seguros, siendo sólo él responsable de las sanciones que de su incumplimiento puedan derivarse.

## **5.7. Del propietario**

El propietario o contratista tiene la obligación de facilitar al instalador un ejemplar completo del presente Proyecto, a fin de que pueda hacerse con el cargo de todas y cada una de las obligaciones que se especifican en este Pliego.

## **5.8. Del presente pliego**

El presente Pliego de Condiciones Técnicas de Seguridad y Salud tiene el carácter de órdenes fehacientes comunicadas al instalador, el cual antes de dar comienzo deberá leerlo completo, no pudiendo alegarse ignorancia, por su parte importante del Proyecto.

TITULO DEL PROYECTO:  
  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

PRESUPUESTO

Jon Biurrun Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO N° 6: PRESUPUESTO

### ÍNDICE

<b>1. EQUIPOS DE PRODUCCION DE FRIO Y CALOR.....</b>	<b>2</b>
<b>2. EQUIPOS CLIMATIZADORES Y DE VENTILACION .....</b>	<b>3</b>
<b>3. FAN-COILS.....</b>	<b>4</b>
<b>4. BOMBAS .....</b>	<b>4</b>
<b>5. REDES DE TUBERIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>6. VALVULAS Y ACCESORIOS .....</b>	<b>6</b>
<b>7. CONDUCTOS .....</b>	<b>7</b>
<b>8. DISTRIBUCION DE AIRE .....</b>	<b>9</b>
<b>9. PRESUPUESTO DESGLOSADO .....</b>	<b>10</b>
<b>10. PRESUPUESTO FINAL .....</b>	<b>10</b>

## 1. EQUIPOS DE PRODUCCION DE FRIO Y CALOR

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Caldera a gas de condensación con quemador incorporado marca HOVAL, modelo TopGas35. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia (80/60°C): 5,8-32 KW</li> <li>• Potencia (40/30°C): 6,5-35,5 KW</li> <li>• Rendimiento máximo: 109,1 %</li> </ul> Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación y posicionamiento en su lugar de emplazamiento.	1	Ud.	1385	1385
Enfriadora aire-agua marca CARRIER, modelo 30RA-033, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresores scroll para combustible R-407c</li> <li>• Ventiladores axiales de dos velocidades y bajo nivel sonoro</li> <li>• Potencia frigorífica: 31 KW</li> <li>• Tª entrada/salida agua: 7/12 °C</li> </ul> Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación y posicionamiento en su lugar de emplazamiento.	1	Ud.	9516	9516
Vaso de expansión cerrado de membrana, para circuito de frío, marca SEDICAL modelo NG-8/6, incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	35	35
Vaso de expansión cerrado de membrana, para circuito de calor, marca SEDICAL modelo NG-12/6, incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	39	39
Bomba de calor aire-aire rooftop marca SADINTER, modelo B-CAAE 1170. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad frigorífica: 184 KW</li> <li>• Capacidad calorífica: 110 KW</li> <li>• Refrigerante R407C</li> </ul> Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación y posicionamiento en su lugar de emplazamiento.	1	Ud.	44713	44713
<b>TOTAL</b>				<b>55688 €</b>

## 2. EQUIPOS CLIMATIZADORES Y DE VENTILACION

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<p>Climatizador para tratamiento de aire de la marca TROX, modelo TBSN-S9, con paneles de cierre tipo sándwich de 25 mm de espesor, formados por dos chapas y aislamiento interior de lana mineral.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal de impulsión: 900 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Filas en la batería de frío: 4</li> <li>• Filas en la batería de calor: 2</li> <li>• Potencia frigorífica: 3352 kcal/h</li> <li>• Potencia calorífica: 9694 kcal/h</li> <li>• Peso: 100 kg</li> </ul> <p>Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación y posicionamiento en su lugar de emplazamiento.</p>	1	Ud.	4750	4750
<p>Caja de extracción de aire de bajo nivel sonoro para aseos, marca SODECA, modelo SV/PLUS-125/H, incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.</p>	1	Ud.	302,40	302,40
<p>Recuperador de calor estático, marca MUNDOCLIMA, modelo G10, para una recuperación de calor sensible, mediante intercambiador de placas de aluminio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal de aire máximo: 10000 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• T<sup>a</sup> aire de impulsión: 8,8 °C</li> <li>• T<sup>a</sup> aire de extracción: 11,8 °C</li> <li>• Pérdida de carga en impulsión: 126 Pa</li> <li>• Pérdida de carga en extracción: 135 Pa</li> </ul> <p>Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación y posicionamiento en su lugar de emplazamiento.</p>	1	Ud.	6978	6978
<b>TOTAL</b>				<b>12030,4 €</b>

### 3. FAN-COILS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Fan-coil de tipo cassette a cuatro tubos, marca CARRIER modelo 42GW 004, diseñado para instalación empotrada en el falso techo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad frigorífica: 1896 W</li> <li>• Capacidad calorífica: 1200 W</li> </ul> Incluyendo soportes, accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	1010	1010
Fan-coil de tipo cassette a cuatro tubos, marca CARRIER modelo 42GW 00, diseñado para instalación empotrada en el falso techo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad frigorífica: 3400 W</li> <li>• Capacidad calorífica: 2380 W</li> </ul> Incluyendo soportes, accesorios y demás complementos para su colocación.	7	Ud.	1019	7133
Fan-coil de tipo cassette a cuatro tubos, marca CARRIER modelo 42GW 010, diseñado para instalación empotrada en el falso techo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad frigorífica: 3948 W</li> <li>• Capacidad calorífica: 3440 W</li> </ul> Incluyendo soportes, accesorios y demás complementos para su colocación.	4	Ud.	1029	4116
<b>TOTAL</b>				12309 €

### 4. BOMBAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Bomba de rotor seco, marca EBARA, modelo ELINE-D 40-160/0,75A para circulación en circuito de agua fría. Incluyendo soportes, accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	2971	2971
Bomba de rotor seco, marca EBARA, modelo ELINE-D 40-160/0,55B para circulación en circuito de agua caliente. Incluyendo soportes, accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	2974	2974
<b>TOTAL</b>				5945 €

## 5. REDES DE TUBERÍAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 3/8" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	33,2	m.	9,47	314,40
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 1/2" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	65,6	m.	12,37	811,47
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 3/4" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	25,44	m.	13,85	352,34
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 1" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	24,4	m.	15,92	388,45
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 1 1/4" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	37	m.	17,65	653,05
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 1 1/2" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	28,4	m.	19,60	556,64
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 2" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	54,6	m.	23,08	1260,17
Tubería de acero negro estirado DIN-2440 de 2 1/2" de diámetro. Incluye piezas especiales (injertos, codos, tes, etc.) accesorios de cuelgue y fijación, protegida por dos manos de pintura antioxidante en todo su recorrido.	16	m.	28,60	457,60
<b>TOTAL</b>				<b>4794,13 €</b>

## 6. VALVULAS Y ACCESORIOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Depósito de acumulación, marca PROMASOL, modelo CA/TA-1000, con una capacidad de 1000 litros. Aislado con espuma rígida de poliuretano. Incluyendo accesorios y demás complementos para su instalación.	2	Ud.	2981	5962
Filtro de agua, marca BIDARTE, tipo "Y" roscado de diámetro 2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	78,99	79,99
Filtro de agua, marca BIDARTE, tipo "Y" roscado de diámetro 2 1/2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	89,98	89,98
Válvula de bola, marca HARD, modelo S-2000 2 vías, de diámetro 3/8". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	2	Ud.	10,87	21,74
Válvula de bola, marca HARD, modelo S-2000 2 vías, de diámetro 1/2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	22	Ud.	13,45	295,90
Válvula de bola, marca HARD, modelo S-2000 2 vías, de diámetro 2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	4	Ud.	42,65	170,6
Válvula de bola, marca HARD, modelo S-2000 2 vías, de diámetro 2 1/2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	4	Ud.	53,79	215,16
Válvula de seguridad, marca SEDICAL, de diámetro 2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	157,87	157,87
Válvula de seguridad, marca SEDICAL, de diámetro 2 1/2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	1	Ud.	198,75	198,75
Antivibratorio, marca SEDICAL, de diámetro 2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	2	Ud.	75,65	151,30
Antivibratorio, marca SEDICAL, de diámetro 2 1/2". Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	2	Ud.	91,3	182,6

Manómetro, marca BIDARTE, para lectura de presión con escala de 0 a 25 bar. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	6	Ud.	39	234
Termómetro, marca BIDARTE, para lectura de la temperatura con escala de -21 a 120 °C. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación.	6	Ud.	25,59	153,54
<b>TOTAL</b>				<b>7913,43 €</b>

## 7. CONDUCTOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Conducto circular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, diámetro 100mm.	49,45	m.	17,78	879,22
Conducto circular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, diámetro 125mm.	7,45	m.	19,45	144,90
Conducto circular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, diámetro 150mm.	14,9	m.	16,35	243,62
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 15*5 cm <sup>2</sup> .	10,95	m.	16,54	181,11
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 15*10 cm <sup>2</sup> .	10,85	m.	16,54	179,46
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 15*15 cm <sup>2</sup> .	45,1	m.	16,54	745,95
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 25*15 cm <sup>2</sup> .	11,6	m.	19,45	225,62
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 25*20 cm <sup>2</sup> .	24	m.	19,45	466,8
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 25*25 cm <sup>2</sup> .	5,6	m.	19,45	108,92
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 40*25 cm <sup>2</sup> .	5,6	m.	20,35	113,96
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 55*25 cm <sup>2</sup> .	5,6	m.	21,80	122,08
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 50*35 cm <sup>2</sup> .	18	m.	21,80	392,4
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 50*50 cm <sup>2</sup> .	8	m.	23,53	188,24

Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 60*30 cm <sup>2</sup> .	11,2	m.	23,50	263,2
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 70*30 cm <sup>2</sup> .	10,85	m.	23,78	258,01
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 70*35 cm <sup>2</sup> .	5,6	m.	23,78	133,17
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 75*40 cm <sup>2</sup> .	11,2	m.	24,48	274,18
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 80*40 cm <sup>2</sup> .	35,15	m.	24,48	860,47
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 85*35 cm <sup>2</sup> .	9	m.	24,48	220,32
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 80*80 cm <sup>2</sup> .	12	m.	30,25	363
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 90*40 cm <sup>2</sup> .	3,5	m.	27,69	96,92
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 90*50 cm <sup>2</sup> .	1,75	m.	27,80	48,65
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 100*35 cm <sup>2</sup> .	9	m.	28,33	254,97
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 100*50 cm <sup>2</sup> .	25,35	m.	29,12	738,19
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 100*80 cm <sup>2</sup> .	2	m.	31,02	62,04
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 120*50 cm <sup>2</sup> .	3,5	m.	30,78	107,73
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 120*60 cm <sup>2</sup> .	3,5	m.	31,54	110,39
Conducto rectangular construido en chapa de acero galvanizada para ventilación y climatización, 130*60 cm <sup>2</sup> .	7,45	m.	33,60	250,32
TOTAL				8033,84 €

## 8. DISTRIBUCION DE AIRE

DESCRIPCION	CANTIDAD	UDS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Boca de ventilación redonda, marca TROX, modelo LVS-100, de 100 mm de diámetro con regulación del aire mediante el giro del disco central. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación y embocado a conducciones de aire.	4	Ud.	30,12	120,48
Compuerta cortafuego, marca TROX, serie FKA-3 DE 250*200 mm. Resistencia al fuego EIS 120, flujo de aire en cualquier dirección y disparo 72 °C. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación y embocado a conducciones de aire.	2	Ud.	457,40	914,8
Compuerta de regulación de caudal, marca TROX, modelo VMR-100. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación y embocado a conducciones de aire.	4	Ud.	70,45	281,8
Compuerta de regulación de caudal, marca TROX, modelo VMR-125. Incluyendo accesorios y demás complementos para su colocación y embocado a conducciones de aire.	5	Ud.	88,60	443
Rejilla lineal, marca TROX, modelo VAT, 125*325 mm, con todos los elementos necesarios para su correcta adaptación.	1	Ud.	24,6	24,6
Rejilla lineal, marca TROX, modelo VAT, 125*225 mm, con todos los elementos necesarios para su correcta adaptación.	5	Ud.	20,9	104,5
Rejilla lineal, marca TROX, modelo VAT, 75*225 mm, con todos los elementos necesarios para su correcta adaptación.	8	Ud.	16,5	132
Rejilla lineal, marca TROX, modelo TRS-K, 225*625 mm, con todos los elementos necesarios para su correcta adaptación.	20	Ud.	81,45	1629
Rejilla lineal, marca TROX, modelo TRS-K, 325*1025 mm, con todos los elementos necesarios para su correcta adaptación.	15	Ud.	98,45	1476,75
Rejilla de intemperie para salida de aire al exterior, marca TROX, modelo AWG, 385*330 mm, con marco frontal taladrado.	1	Ud.	125,40	125,40
Tobera de largo alcance (20 metros), marca TROX, modelo DUE-R-250.	32	Ud.	178,45	5710,4
<b>TOTAL</b>				<b>10962,73 €</b>

## 9. PRESUPUESTO DESGLOSADO

Equipos de producción de frío y calor.....	55.688 €
Equipos climatizadores y de ventilación .....	12.030,4 €
Fan-coils .....	12.309 €
Bombas .....	5.945 €
Redes de tuberías .....	4.794,4 €
Válvulas y accesorios .....	7.913,43 €
Conductos .....	8.033,84 €
Distribución de aire .....	10.962,73 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....</b>	<b>117.676, 55 €</b>
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%) .....	7.060,59 €
GASTOS GENERALES (13%) .....	15.297,95 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE CONTRATA .....</b>	<b>140.035,09 €</b>
I.V.A. (18%).....	25.206,32 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO.....</b>	<b>165.241, 41 €</b>

## 10. PRESUPUESTO FINAL

**El total de presupuesto asciende a CIENTO SESENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y UNO euros con CUARENTA Y UNO céntimos.**

TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

BIBLIOGRAFIA

Jon Biurrun Martínez

Faustino Gimena Ramos

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

## DOCUMENTO N° 7: BIBLIOGRAFIA

### ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVAS .....</b>	<b>2</b>
<b>3. LIBROS CONSULTADOS .....</b>	<b>3</b>
<b>4. PAGINAS WEB .....</b>	<b>3</b>
<b>5. CATALOGOS COMERCIALES.....</b>	<b>4</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante la realización del proyecto de “Calefacción y climatización de una nave industrial y oficinas”, ha sido necesaria la consulta y recopilación de información de diferentes documentos.

## 2. NORMATIVAS

- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

En el destacan:

- Documento Básico HE, “Ahorro de Energía”, principalmente en sus apartados:
  - HE1, “Limitación de demanda energética”.
  - HE2, “Rendimiento de las instalaciones térmicas”.
- Documento Básico HS, “Salubridad”, principalmente en el apartado:
  - HS3, “Calidad del aire interior”.
- Documento Básico HR, “Protección frente al ruido”.

- REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE) y sus INSTRUCCIONES TECNICAS

En el destacan:

- Real Decreto 1.027/2.007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).
- Corrección de errores del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 28 de febrero de 2008.
- IT 1.1.4.1. Exigencia de calidad térmica del ambiente.
- IT 1.1.4.3. Exigencia de Higiene.
- IT 1.1.4.4. Exigencia de calidad del ambiente acústico.
- IT 1.2.4.1. Generación de calor y frío.

- IT 1.2.4.2. Redes de tuberías y conductos
- NORMAS UNE Y DEMÁS REALES DECRETOS CORRESPONDIENTES

En ellas destacan:

- Norma UNE 60601. Reglamento Sala de Calderas.
- Norma UNE 53394, UNE 53399, UNE 53495, redes de tuberías.
- Norma UNE 100001-85, condiciones para proyectos.
- UNE 100014-84, condiciones exteriores.
- la norma UNE 100-011, caudal de aire de ventilación.
- Norma UNE 100-102-88. Velocidad y pérdida de carga en conductos de ventilación.

### 3. LIBROS CONSULTADOS

- Manual de Aire Acondicionado, Carrier. Ed. 2009
- Cálculo de conductos de aire. A. Fontanals. Ed. CEAC, 1997.
- Cálculos en climatización. Ejercicios Resueltos. E. Torrella, R. Cabello, J. Navarro. Ed. AMV, 2002.
- Circulación de Agua en Tuberías. A. Castellvi.
- Manual de climatización: Enrique Torella, Joaquín Navarro y otros. AMV ediciones 2005.
- Conocimientos técnicos de climatización: Ed. Ceysa, 2007.
- Instalaciones de calefacción: Martí i Casals. Editorial UOC. 2003

### 4. PÁGINAS WEB

Entre las visitadas, destacan:

- [www.google.es](http://www.google.es)
- [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## 5. CATÁLOGOS COMERCIALES

Entre los consultados, destacan:

- HOVAL (caldera)
- SEDICAL (antivibratorios)
- SADINTER (bomba de calor aire-aire “rooftop”)
- MUNDOCLIMA (recuperador de calor)
- SODECA (caja de extracción)
- BIDARTE (filtros)
- HARD (válvulas)
- EBARA (bombas)
- CARRIER (enfriadora, fan-coils)
- PROMASOL (depósitos)
- TROX (climatizador, reguladores de caudal, compuertas cortafuegos, rejillas, toberas, bocas de ventilación)

TITULO DEL PROYECTO:  
CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL Y OFICINAS

Pamplona, 17 de Noviembre de 2011

Firmado: Jon Biurrun Martínez