

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA



REFRIGERACIÓN DE LOCAL COMERCIAL CON
REFRIGERANTE R410A

IGNACIO PÉREZ ROBLEDILLO
TUTOR: MARCELO IZQUIERDO MILLÁN



INDICE

1. Introducción	8
1.1 Objetivos del proyecto	8
1.2 Acondicionamiento del aire	9
1.2.1 Sistemas de refrigeración	9
1.2.2 Clasificación de los equipos de climatización	11
1.2.3 Funciones típicas de los sistemas de climatización	12
1.2.4 Ventilación	13
1.2.5 Filtrado	13
1.2.6 Enfriamiento y deshumectación	13
1.2.7 Calentamiento	14
1.2.8 Humidificación	14
1.2.9 Circulación	15
1.2.10 Consumo energético	15
1.2.11 Control automático	17
1.3 Los refrigerantes	18
1.3.1 Efectos medioambientales de los refrigerantes	18
1.3.2 Normativa medioambiental	19
1.3.3 Propiedades de los refrigerantes	21
1.3.4 Refrigerantes de nueva generación	23
1.3.5 Refrigerante R410A	25
2. Espacio a climatizar	29
2.1 Descripción del local	29
2.2 Características constructivas del local	29
2.3 Planos del local	30
3. Condiciones de diseño	34
3.1 Condiciones interiores de diseño	34
3.2 Condiciones exteriores de diseño	36
4. La instalación	37
5. Cálculo de la carga	38



5.1	Cargas exteriores	38
5.1.1	Cargas a través de paredes y techos	39
5.1.2	Cargas a través de cristales y pertas de cristal	47
5.1.3	Cargas a través de puertas opacas	50
5.1.4	Carga debido a ventilación	50
5.1.5	Carga debido a infiltraciones	52
5.2	Cargas interiores	54
5.2.1	Cargas ocupantes	54
5.2.2	Cargas Iluminación	56
5.2.3	Cargas equipos y maquinaria	56
5.2.4	Ganancias debidas a la instalación	56
6.	Cálculo Kg	58
7.	Elección de la máquina	59
8.	Ciclo frigorífico	60
8.1	Ciclo ideal	60
8.2	Ciclo real	62
8.2.1	Perdidas internas	62
8.2.1.1	Intercambiadores de área finita	62
8.2.1.2	Perdidas de carga	62
8.2.1.3	Subenfriamiento y recalentamiento	63
8.2.1.4	Compresión irreversible	65
8.2.2	Perdidas externas	66
9.	Potencias	67
9.1	Potencias indicadas por unidad de masa	67
9.2	Potencias mec. y eléctrica del compresor por unidad de masa	67
9.3	Potencias reales	67
9.4	COP	68
10.	Consumo eléctrico	69
11.	Evaluación impacto ambiental	70
11.1	Potencial efecto invernadero directo	71



11.2	Potencial efecto invernadero indirecto	71
11.3	Potencial total de calentamiento	72
12.	Simulación anual	73
12.1	Evolución de la temperatura	73
12.2	Evolución de la carga termina exterior	74
12.3	Simulación de parámetros de funcionamiento	77
12.3.1	Entalpia punto 3' en función Text	77
12.3.2	Entalpia punto 5' en función Text	79
12.3.3	Entalpia punto 1' en función Text	80
12.3.4	Entalpia punto 2' en función Text	81
12.4	Potencias	81
12.4.1	Potencias indicadas de los componentes principales	81
12.4.2	Potencias reales de los componentes principales	82
12.4.3	Potencias equipos auxiliares	84
12.5	COP	86
12.6	Consumo eléctrico total tomado cada 10 min	87
12.7	Consumo eléctrico total durante todo el año	88
12.8	Coste de la energía total acumulada	89
12.9	Emisiones directas de CO2	89
13.	Simulación de dos días representativos	90
13.1	Simulación día intermedio	90
13.2	Simulación día más caluroso	95
14.	Valoración económica	100
15.	Bibliografía	102
16.	Nomenclatura	103
17.	Anexos	105
17.1	Anexo 1. Catálogo comercial Carrier	
17.2	Anexo 2. Información de seguridad	
17.3	Anexo 3. Manual de instalación máquina exterior	



17.4 Anexo 4. Manual de instalación con R410A





1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objetivo diseñar un sistema de climatización para el local comercial de una gasolinera con el uso del gas refrigerante R410A

Se basará en el cumplimiento de las normativas en vigor, concretamente con el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE)

Para ello se contemplará el diseño completo del sistema calculando la carga térmica del local teniendo en cuenta las características de la construcción del mismo y las condiciones exteriores e interiores establecidas para poder diseñar el sistema de climatización en verano necesario para dicho escenario.

Se realizarán una serie de simulaciones que analizarán cómo evolucionan diferentes parámetros como la carga térmica, potencias, consumo eléctrico, emisiones de CO₂ cada 10 minutos basándonos en registros reales de temperatura tomadas cada 10 min. durante todo el año en el periodo del año anterior para la zona concreta.

Debido a que el local cuenta con un sistema de calefacción por gas, el sistema de climatización sólo se empleará para los casos necesarios de refrigeración



1.2 ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

El acondicionamiento de aire es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales.

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire (aunque a menudo no del todo). Los segundos tienen un/unos acondicionador/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema centralizado. En este último caso, la producción de calor suele confiarse a calderas que funcionan con combustibles. La de frío a máquinas frigoríficas, que funcionan por compresión o por absorción y llevan el frío producido mediante sistemas de refrigeración.

La expresión aire acondicionado suele referirse a la refrigeración, pero no es correcto, puesto que también debe referirse a la calefacción, siempre que se traten (acondicionen) todos o algunos de los parámetros del aire interior. Lo que ocurre es que el más importante que trata el aire acondicionado, la humedad del aire, no ha tenido importancia en la calefacción, puesto que casi toda la humedad necesaria cuando se calienta el aire, se añade de modo natural por los procesos de respiración y transpiración de las personas. De ahí que cuando se inventaron máquinas capaces de refrigerar, hubiera necesidad de crear sistemas que redujesen también la humedad ambiente.

1.2.1 Sistemas de refrigeración

Los métodos de refrigeración que se utilizan generalmente son de compresión mecánica que consiste en la realización de un proceso cíclico de transferencia de calor interior de un edificio al exterior, mediante la evaporación de sustancias denominadas refrigerantes como el freón, las que actualmente están siendo reemplazados por refrigerantes alternativos que no afectan el medio ambiente y la capa de ozono, ya que por mucho tiempo se dio uso a mezclas especiales de gases para los sistemas de refrigeración que anunciaban la protección de la capa de ozono pero afectaban fuertemente el calentamiento global, un ejemplo es el refrigerante R134a, hoy día se busca utilizar derivados de los hidrocarburos al ser



fluidos con cero Potencial de Calentamiento Global (PCG) y afectación a la capa de ozono.

El proceso básicamente se realiza en cuatro pasos, durante el primero el refrigerante que se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura debe evaporarse en un serpentín denominado evaporador así se logra un primer intercambio térmico entre el aire del interior del local más caliente y el refrigerante.

Una vez en estado de vapor se succiona y comprime mediante un compresor aumentando su presión y consecuentemente su temperatura, condensándose en un serpentín denominado condensador mediante la una segunda cesión de calor, esta vez al aire exterior que se encuentra a menor temperatura.

De esa manera en el tercer paso, el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador mediante una válvula de expansión el cual a consecuencia de su propiedad de capilaridad origina una significativa reducción de presión, provocando una cierta vaporización del líquido que reduce su temperatura, por último retorna a las condiciones iniciales del ciclo.

Se puede emplear agua como medio de enfriamiento para provocar la condensación en vez del aire exterior, la que es enfriada mediante una torre de enfriamiento.

El elemento básico es el compresor del tipo alternativo o a pistón que se utiliza en la mayoría de los casos. También se utilizan compresores rotativos para sistemas pequeños o tipo espiral llamado scroll. En grandes instalaciones se suelen emplear compresores axohelicoidales llamados a tornillo o del tipo centrífugo.

En la actualidad se están desarrollando varios sistemas que mejoran el consumo de energía del aire acondicionado, son el aire acondicionado solar y el aire acondicionado vegetal. El aire acondicionado solar utiliza placas solares térmicas o fotovoltaicas para proveer de energía a sistemas de aire acondicionado convencionales. El aire acondicionado vegetal utiliza la evapotranspiración producida por la vegetación de un jardín vertical para refrigerar una estancia



1.2.2 Clasificación de los equipos de climatización

Los equipamientos de refrigeración se utilizan para enfriar y deshumidificar el aire que se requiere tratar o para enfriar el agua que se envía a unidades de tratamiento de aire que circula por la instalación, por ello, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Expansión directa

Se caracterizan por que dentro del evaporador de los equipos, se expande el refrigerante enfriando el aire que circula en contacto directo con él. Dependiendo de su diseño, se distinguen varios tipos de equipos:

Compactos autocontenidos: son aquellos que reúnen en un solo mueble o carcasa todas las funciones requeridas para el funcionamiento del aire acondicionado, como los individuales de ventana ó, en caso de mayores capacidades, los del tipo roof-top que permiten la distribución del aire mediante conductos.

Sistemas separados o split system: se diferencian de los autocontenidos porque están repartidos o divididos en dos unidades separadas, uno exterior y otro interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración la zona de evaporación en el interior de la zona de condensación en el exterior. Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.

Sistemas multi split: consisten en una unidad condensadora exterior, que se puede vincular con dos o más unidades interiores. Se han desarrollado equipamientos que permiten instalar gran cantidad de secciones evaporadoras con solo una unidad condensadora exterior mediante la regulación del flujo refrigerante, denominado VRV. Todas estas unidades son enfriadas por aire mediante un condensador y aire exterior circulando mediante un ventilador. También existen sistemas enfriados por agua que se diferencian de aquellos, en que la condensación del refrigerante es producida por medio de agua circulada mediante cañerías y bomba, no siendo esto legal en ciudades, empleando una torre de enfriamiento.



Unidades portátiles: dotadas de ruedas, pueden ser fácilmente incorporadas al interior de una vivienda o una oficina. Pueden incorporar una segunda unidad que se coloca en el exterior, o simplemente expulsar el aire caliente al exterior a través de un tubo.

Bombas de calor: su característica principal es que su ciclo de refrigeración es reversible, lo que le dota de una doble funcionalidad que le permite tanto aportar calor como frío a la estancia. Es destacable también su mayor eficiencia energética en comparación con una resistencia eléctrica. Su principio de funcionamiento hace a las bombas de calor principalmente apropiadas en regiones con climas templados, dado que con temperaturas exteriores extremas su eficiencia se reduce de manera notable.

- Sistema indirecto

Utilizan una unidad enfriadora de agua, la cual es distribuida a equipos de tratamiento de aire donde el serpentín trabaja con agua fría, denominados fan-coil; (ventilador-serpentín), que puede ser del tipo central constituido por un gabinete que distribuye el aire ambiente por medio de conductos o individuales verticales que se ubican sobre pared o bajo ventana u horizontales para colgar bajo el cielorraso.

1.2.3 Funciones típicas de los sistemas de climatización

Las funciones que deben cumplir los equipos de acondicionamiento de aire consisten en:

- En verano: enfriamiento y deshumectación.
- En invierno: calentamiento y humectación.
- Comunes en invierno y verano: ventilación, filtrado y circulación.

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente.
- Sin ruidos molestos.
- Con el menor consumo energético.



1.2.4 Ventilación

La función de ventilación, consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como el resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores.

1.2.5 Filtrado

La función de filtrado se cumple en la batería de filtros. Consiste en tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de quitarle polvo, impurezas y partículas en suspensión. El grado de filtrado necesario dependerá del tipo de instalación de acondicionamientos a efectuar. Para la limpieza del aire se emplea filtros que normalmente son del tipo mecánico, compuestos por sustancias porosas que obligan al aire al pasar por ellas, a dejar las partículas de polvo que lleva en suspensión. En las instalaciones comunes de confort se usan filtros de poliuretano, lana de vidrio, microfibras sintética o de metálicos de alambre con tejido de distinta malla de acero o aluminio embebidos en aceite. En las instalaciones industriales o en casos particulares se suelen emplear filtros especiales que son muchos más eficientes.

El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento.

1.2.6 Enfriamiento y deshumectación

La función de refrigeración y deshumectación, se realiza en verano en forma simultánea en la batería de refrigeración, dado que si no se realiza, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. La humedad contenida en el aire que circula se elimina



por condensación, porque se hace trabajar la batería a una temperatura inferior a la del punto de rocío.

En instalaciones industriales que se requiere gran posición puede aplicarse un sistema separado empleando para la deshumectación agentes absorbentes como la silica-gel.

1.2.7 Calentamiento

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la batería de calefacción, por medio de una batería de agua caliente o vapor vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos. Para aplicaciones de confort en instalaciones de agua fría se suele emplear la misma batería que se usa para refrigerar para calefactar haciendo circular agua caliente por la misma, en la época de invierno. En el sistema de expansión directa también se puede emplear la misma batería haciendo funcionar el sistema en el ciclo de bomba de calor

1.2.8 Humidificación

En invierno, si se calienta el aire sin entregarle humedad, la humedad relativa disminuye provocando resecaamiento de las mucosas respiratorias, con las consiguientes molestias fisiológicas.

La función de humectación, que se ejecuta en invierno en el humectador, debe colocarse después de la batería de calefacción dado que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

Existen aparatos que evaporan el agua contenida en una bandeja, por medio de una resistencia eléctrica del tipo blindado, la cual es controlada por medio de un humidostato de ambiente o de conducto. En los casos de grandes instalaciones, se recurre a baterías humidificadoras que incorporan al aire agua finamente pulverizada y, como cumplen además una función, suelen llamarse también lavadores de aire.



Para instalaciones de confort, salvo casos de climas exteriores muy secos, la experiencia demuestra que no es necesario cumplir la función de humectación, teniendo en cuenta que las personas aportan una cierta cantidad de humedad en el ambiente. De hecho, los equipos estándar de confort, no vienen provistos de dispositivos de humectación incorporados

1.2.9 Circulación

La función de circulación la realiza el ventilador dado que es necesario un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzca corrientes enérgicas que son perjudiciales. Se emplean ventiladores del tipo centrífugo, capaces de hacer circular los caudales de aires necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas en el sistema con bajo nivel de ruidos.

En los equipos destinados a pequeños locales como el acondicionador de ventana o el fan-coil individual, el aire se distribuye directamente mediante rejillas de distribución y retornos incorporados en los mismos. Pero en equipos de cierta envergadura que abastece varios ambientes o recintos amplios debe canalizárselos por medio de conductos, generalmente construido enchapa de hierro galvanizado, convenientemente aislados, retornando mediante rejillas y conductos a las unidades.

En los ambientes, la inyección de aire se realiza por medio de rejillas sobre paredes o difusores sobre los cielorrasos y el retorno se efectúa por rejillas colocada en la parte inferior de los locales, con el objetivo de conseguir un adecuado movimiento de aire en la zona de vida del local en cuestión, que se encuentra en un plano ubicado a 1.50 m sobre el nivel del piso

1.2.10 Consumo energético

El costo que actualmente representa la energía eléctrica es de vital importancia en una especialidad como el aire acondicionado que requiere un elevado consumo, por lo que su reducción representa una de las premisas básicas en los criterios de diseño.



Para ello, existen numerosas tecnologías y medios de aplicación, que se centran fundamentalmente en el ajuste de las necesidades, la utilización de fuentes de energía no convencionales, el incremento de la eficiencia y la recuperación de la energía residual, independientemente de utilizar equipos de alto rendimiento.

El apropiado uso del aislamiento térmico en el edificio, contribuye un elemento fundamental, dado que ellos implican equipos de aire acondicionado más pequeños con un consumo energético menor durante toda su vida útil del edificio. A su vez la aislación térmica reduce al mínimo las pérdidas de calor en los equipos, unidades de tratamiento de aire y la red de conductos y cañerías de la instalación.

Por otra parte, es indispensable la adopción de soluciones arquitectónicas que tiendan a la reducción de consumo energético teniendo en cuenta el aprovechamiento de la radiación solar, protecciones y una adecuada especificación de aventanamientos para reducir infiltraciones.

Es muy importante analizar la automatización de los circuitos de alumbrado y el empleo de lámparas de alto rendimiento, así también como reguladores que permitan un nivel de iluminación en función de las reales necesidades.

En el transcurso de un año de funcionamiento del sistema de climatización existen períodos de tiempo en los cuales las características del ambiente exterior del edificio son favorables para la climatización mediante el aire exterior, mediante un sistema economizador denominado comúnmente free-cooling, especialmente en la época intermedia.

Otro aspecto a considerar es el incremento de la eficiencia energética, mediante el fraccionamiento de la potencia de los equipos, con objeto de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda del calor del sistema, parcializando las unidades productoras a fin de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento. La utilización del ciclo bomba de calor para calefacción es recomendable en lugar de resistencias eléctricas y el empleo de gas natural para refrigeración con unidades enfriadoras de agua operando con el ciclo de absorción constituye una alternativa a considerar.

Otras formas de ahorrar energía consiste en la recuperación de calor de condensación aprovechando que los equipos frigoríficos desprenden en su funcionamiento gran cantidad de calor que convenientemente recuperada puede ser



empleada para otros servicios o zonas frías del edificio o también el almacenamiento de energía enfriando agua o produciendo hielo en las horas de la noche cuando la tarifa energética es más económica, el que está destinado a recortar los picos térmicos diarios, permitiendo reducir de esa manera, el tamaño de los equipos acondicionadores.

1.2.11 Control automático

El automatismo se realiza básicamente mediante un termostato que comanda el funcionamiento de los equipos y un humidistato para el control de la humedad.

Esto constituye uno de los aspectos primordiales, dado que si bien el diseño de la instalación se efectúa en función de las condiciones más desfavorables o críticas, el sistema debe efectuar correctamente adaptándose a todas las variables climáticas y de utilización que se requieren por lo que se debe contar con los controles automáticos adecuados, especialmente en el caso de necesidades reducidas o parciales.

Adicionalmente a la optimización del consumo en cada una de las instalaciones en grandes edificios, es conveniente adoptar un sistema de gestión integral que posibilite la operación y regulación de toda la instalación del consumo energético, así como una disminución de los costos de mantenimiento.

De esa manera, se obtiene el control directo de cada uno de los parámetros de la instalación, proporcionando en tiempo real la información de lo que está pasando en el edificio, pudiéndose tomar decisiones sobre elementos de ahorro energético, tales como selección de las condiciones interiores de confort, fijación de set-point o parámetros de funcionamiento regulación de la iluminación, bombas de agua, etc.



1.3 LOS REFRIGERANTES

El papel del fluido refrigerante en los sistemas de climatización es muy importante, ya que es el encargado de transportar el calor entre el interior y el exterior. Un sistema de climatización por ciclo de compresión trabaja en ciclo cerrado, lo que significa que el refrigerante sufrirá en cada ciclo dos cambios de fase absorbiendo y cediendo calor a las presiones que convengan en el evaporador y en el condensador.

Los refrigerantes se suelen clasificar en dos grupos: artificiales y naturales. Los refrigerantes artificiales se pueden subdividir en tres grupos:

- CFCs: Cloro fluoro carbonos, como el R-12 y el R-502. Actualmente prohibidos por su alto potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP), además de provocar también efecto invernadero.
- HCFCs: Hidro cloro fluoro carbonos, como el R-22. Fueron sustitutos de los CFCs por poseer menor poder destructor de la capa de ozono, aunque acabaron siendo prohibidos.
- HFCs: Hidro fluoro carbonos, como el R-134A, R-407C, R-507A, R-422D ó los R410A y R422A objetos de estudio de este proyecto. Son libres de cloro, no destruyen la capa de ozono pero causan efecto invernadero.

Entre los refrigerantes naturales se encuentran el amoníaco (R-717), hidrocarburos como el propano y el butano (R-290 y R-600A) y el propio agua (R-718).

1.3.1 Efectos medioambientales de los refrigerantes

Entre los efectos medioambientales a considerar más importantes entre algunos de los refrigerantes están su contribución al efecto invernadero y su efecto destructivo a la capa de ozono.



El efecto invernadero es un fenómeno natural que hace posible la vida en la Tierra. La atmósfera contiene varios gases traza que absorben la radiación infrarroja. Estos gases, llamados de efecto invernadero, absorben la radiación infrarroja de la superficie de la Tierra, atmósfera y nubes. A su vez, emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, es decir, devuelven una parte como contrarradiación otra vez hacia la superficie terrestre, y otra parte la emiten hacia el espacio, permitiendo cerrar el balance energético terrestre. Se puede decir que estos gases atrapan calor en la atmósfera, fenómeno al que se denomina efecto invernadero, gracias al cual la temperatura media en la Tierra es de 14°C; si no existiese, la temperatura media sería aproximadamente, de -18°C.

El problema surge cuando la concentración media en la atmósfera de gases de efecto invernadero aumenta por la acción del hombre, fenómeno conocido como efecto invernadero forzado.

El ozono estratosférico juega un papel fundamental en la protección de las radiaciones solares. Las radiaciones ultravioleta, portadoras de gran cantidad de energía, son capaces de alterar los enlaces moleculares, incluyendo moléculas muy importantes para la vida. Los daños que produciría la exposición a esta radiación en la superficie de la Tierra son evitados porque la mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida por la capa de ozono en la estratosfera. El ozono está continuamente formándose y destruyéndose en la estratosfera y además en dichas reacciones el cloro y el bromo actúan de catalizadores. El cloro llega a la estratosfera por medio de las emisiones, como los CFCs y HCFCs, y antes de desaparecer puede destruir miles de moléculas de ozono.

1.3.2 Normativa medioambiental

Tales son los efectos medioambientales adversos que causan los refrigerantes que resulta imprescindible una normativa medioambiental que los regule.

En lo relativo al efecto invernadero, en 1992 se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que entró en vigor en 1994. En la tercera reunión de los países que la forman se adoptó el Protocolo de Kyoto, que fue ratificado a diferente ritmo por cada país, entrando en vigor en febrero de 2005. Conforme al Protocolo de Kyoto, los países industrializados y los países con economías de transición tienen que reducir las emisiones de seis gases de efecto



invernadero (CO₂, metano, óxido nitroso, HFCs, PFCs y SF₆) en un 5,2% como media por debajo de los niveles de 1990 para el año 2012.

Los refrigerantes CFCs y HCFCs no se incluyeron en este protocolo, a pesar de tener altos potenciales globales de calentamiento, porque su uso ya estaba regulado por el Protocolo de Montreal.

El reglamento (CE) 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo regula la contención, uso, recuperación y destrucción de los gases fluorados de efecto invernadero (HFCs).

La normativa relativa a la protección de la capa de ozono se desarrolla a partir del Convenio de Viena, que es un convenio marco que promueve la cooperación internacional en investigación y observaciones del fenómeno y coordina posibles medidas para revertirlo.

El Protocolo de Montreal (1987) desarrolla medidas concretas para combatir una de las principales causas de destrucción de la capa de ozono: la presencia de cloro y bromo en la estratosfera procedente de compuestos producidos por el hombre. En 1987, el Protocolo de Montreal establece el control y eliminación final de las emisiones de CFCs y halones, habiéndose añadido más sustancias (HCFCs, bromuro de metilo) por medio de sucesivas enmiendas. España y la Unión Europea forman parte del Protocolo y de todas sus enmiendas.

En la Unión Europea se determinó el fin de la producción e importación de refrigerantes CFC en 1995, sustituyéndose progresivamente por los HCFC. Para el 1 de Octubre de 2000 se prohibió totalmente su venta y uso nuevo o reciclado. También se prohíbe la puesta en el mercado de equipos que incorporen CFCs.

En cuanto a los HCFCs, se prohibió su uso en bombas de calor desde el año 2004, permitiéndose únicamente el uso de estos productos en mantenimiento y reparación hasta el 2010, excepto los de procedencia de reciclado, y nunca más allá del 2015.

Las normativas también regulan su recuperación y tratamiento posterior.



1.3.3 Propiedades de los refrigerantes

Existen diversas características relevantes a la hora de seleccionar un agente refrigerante para una aplicación con un salto de temperaturas determinado:

- Buenas propiedades termodinámicas:
 - Presión de evaporación: conviene que la presión en el evaporador (a baja temperatura) sea mayor que la atmosférica, para evitar entrada de aire y humedad.
 - Punto crítico alejado: el punto crítico es la cúspide de la campana (dentro de la campana se encuentran los cambios de fase, es decir, mezclas de líquido y vapor) que une las curvas de vapor y líquido saturado, y define las presiones y temperaturas críticas por encima de las cuales no se puede condensar el vapor. Además, cuanto más cerca se está del punto crítico más estrecha es la campana, lo cual quiere decir que los procesos de cambio de fase implican menos transferencia de calor.
 - Punto de congelación suficientemente bajo: de modo que no se produzca solidificación del refrigerante en el intercambiador con el terreno.
 - Relación de compresión: la relación entre la presión en el condensador y la del evaporador debe ser tan baja como sea posible, ya que implica menor trabajo de compresión.
 - Eficacia en la transmisión de calor: buen coeficiente de convección que mejore la transmisión de calor en los intercambiadores.
 - Bajas pérdidas de presión en su circulación por el circuito.
 - Potencia frigorífica volumétrica elevada: alta cantidad de absorción de calor en el evaporador por unidad de volumen de vapor aspirado por el compresor.



- Adecuadas características de seguridad:

- Toxicidad: ésta es una desventaja, por ejemplo, de los refrigerantes de amoníaco o con base de amoníaco.
- Inflamabilidad: como ocurre, por ejemplo, con los hidrocarburos.
- Presiones de trabajo no muy altas.

- Otros criterios técnicos:

- Acción sobre los metales: por ejemplo, los compuestos halógenos son incompatibles con el cinc y el magnesio, y el amoníaco con el cobre.
- Compatibilidad con materias plásticas, elastómeros y aceites.
- Estabilidad térmica que garantice su no descomposición dentro de su rango de uso.
- Comportamiento frente al agua: la absorción de agua puede tener consecuencias adversas, como alterar los aceites, descomposición de fluidos, formación de hielo en la válvula de expansión y corrosión.
- Miscibilidad con los aceites: en algunos compresores, el aceite está en contacto con el refrigerante, y a su salida, debe filtrarse y recircularse, lo cual es más fácil si el refrigerante y el aceite son miscibles.

- Criterios medioambientales:

Están prohibidos los refrigerantes con contenido de cloro que destruyen la capa de ozono (CFCs y HCFCs). Además es recomendable que su potencial de calentamiento global por efecto invernadero sea lo más bajo posible.

- Criterios económicos:

Cuánto más económico más viable será la instalación, sobre todo para equipos de potencias elevadas con mayor cantidad de fluido refrigerante.

1.3.4 Refrigerantes de nueva generación

La mayor parte de los equipos en el mundo de la climatización trabajaban con R22, por lo tanto se buscó un sustituto que trabajase a presiones parecidas para poder aprovechar el gran stock de compresores existentes.

No fue posible encontrar un refrigerante puro con las características del R22 y que no dañase la capa de ozono. Ante la imposibilidad de encontrar un refrigerante puro, los gases refrigerantes HFCs más utilizados actualmente en el mercado y que mejor se adaptan a las características termodinámicas del R-22 son los siguientes:

- R-407C
- R-410A
- R-422D

Al optar por una mezcla de refrigerantes que conjuntamente y en unas determinadas proporciones se comportan de una forma parecida al R22. Los refrigerantes que lo componen tienen temperaturas de evaporación y condensación muy diferentes; fenómeno conocido como efecto deslizamiento. El deslizamiento consiste en que en los intercambiadores, el cambio de estado no se produce a una temperatura y presión fija, sino que a medida que va cambiando de estado el refrigerante, varía su temperatura y presión de transición.

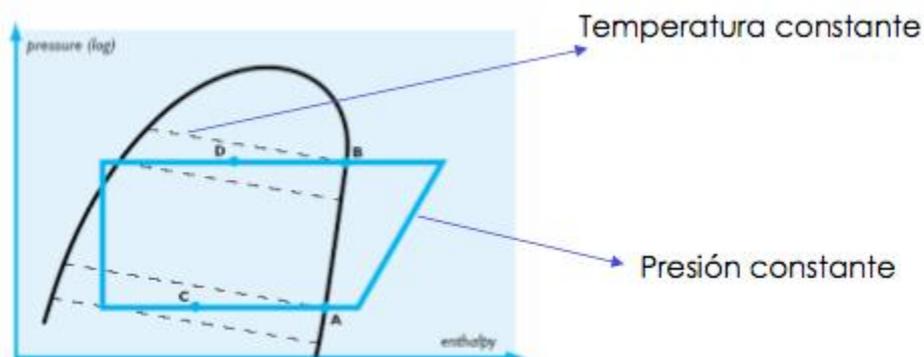


Figura 1. Efecto deslizamiento de los refrigerantes

El deslizamiento es la diferencia expresada en grados centígrados, entre la temperatura en la que empieza a cambiar de fase un refrigerante y la temperatura a la que termina el cambio de fase. Todos los gases refrigerantes puros y las mezclas de la serie R500 (R500, R502, R507A) tienen deslizamiento de 0°C, ya que mantienen una temperatura constante en sus cambios de fase. El resto de refrigerantes, tienen un determinado valor de deslizamiento.

En la siguiente figura se puede contemplar la pérdida de rendimiento causada por el deslizamiento.

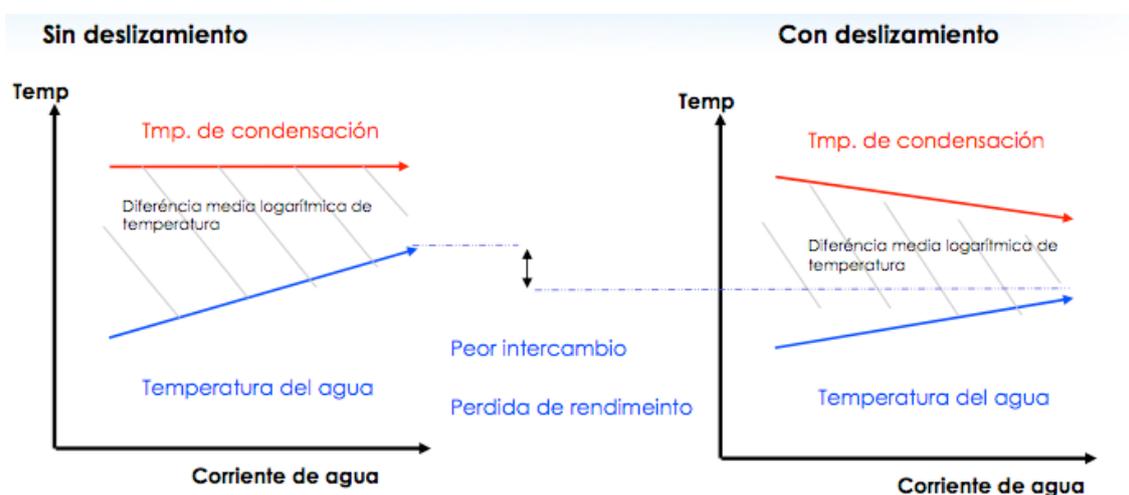


Figura 2. Efecto deslizamiento en el rendimiento

Actualmente se emplean refrigerantes como el R-407C que trabajan a presión parecidas al R-22. Tuvo una rápida implantación por la reutilización de prácticamente todos los componentes diseñados para R-22 (ahorro económico). En caso de fuga es necesario vaciar todo el circuito y rellenar de nuevo, ya que los diferentes componentes del gas se fugan a ritmos diferentes. Supone una pérdida de rendimiento entre el 5 y el 10%, y los primeros equipos tuvieron bastantes problemas hasta que se aprendió a controlar correctamente el deslizamiento. El R-407C está siendo substituido por el R-410A y el R-134A y lo será en el futuro por el R-422D.



El futuro de los refrigerantes es la búsqueda de refrigerantes alternativos; necesidad de buscar alternativas en refrigerantes naturales como el propano o el CO₂ o desarrollar nuevos refrigerantes.

El desarrollo de un nuevo refrigerante, pasa por alcanzar una serie de características:

- Rendimientos termodinámicos (COP) aceptables.
- Presiones no muy altas, ya que causarían problemas de seguridad.
- Presiones no muy bajas para evitar la evaporación a presiones inferiores a 1atm.
- Poca viscosidad. Mucha viscosidad supondría pérdida de carga y disminuiría el rendimiento
- Calor latente de evaporación alto, para que sea necesario menos refrigerante.
- No puede ser ni tóxico ni inflamable.
- Alta estanqueidad química.
- Compatible con los lubricantes del mercado.
- Fácil de detectar en caso de que haya fugas.
- No cause efecto invernadero ni destruya la capa de ozono.

En la actualidad Todas estas características es imposible que se cumplan al mismo tiempo.

1.3.5 Refrigerante R410A

El R410A es una mezcla no azeotrópica compuesta de R-125 y R-32; actualmente se utiliza fundamentalmente en muchos equipos de aire acondicionado. Es un producto químicamente estable, con un bajo deslizamiento de temperatura y baja toxicidad.

A pesar del carácter inflamable del R-32, la función global del producto hace que este no sea inflamable, incluso en caso de fugas. Está clasificado como A1 grupo L1.



El R410A tiene mayor capacidad de refrigeración y unas presiones mucho más elevadas que el R22. Debido a que este producto no es azeótropo debe transvasarse y cargarse siempre en fase líquida.

El R410 no es miscible con aceites minerales; los aceites que se deben utilizar con este gas son los poliésteres (POE)

Tiene muy baja toxicidad incluso después de repetidas exposiciones. El valor AEL (Allowance Exposure Limit) es de 1000 ppm (8 horas TWA). Los envases que contengan R410A deben almacenarse en áreas frías ventiladas lejos de fuentes de calor. En caso de fugas los vapores se concentrarán a nivel de suelo desplazando al oxígeno del aire ambiente; en tal caso hay que tomar precauciones a la hora de evacuar el área afectada.

Nombre químico	% en peso	Nº . CE
Pentafluoroetano (R-125)	50	206-557-8
Difluorometano (R-32)	50	200-839-4

Figura 3. Componentes del refrigerante R410A



PROPIEDADES FISICAS		R-410A
Peso molecular	(Kg/Kmol)	72.6
Temperatura ebullición	(°C)	-51.53
Deslizamiento temperatura (Glide)	(°C)	0.5
Temperatura crítica	(°C)	72.13
Presión crítica	(bar)	49.26
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/l)	1.07
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/l)	1.27
Densidad del vapor	(kg/m ³)	4.2
Presión del vapor (25°C)	(bar)	16.5
Presión del vapor (-25°C)	(bar)	3.30
Calor de vaporización	(KJ/Kg)	276
Calor específico del líquido (25°C)	(KJ/Kg K)	1.84
Calor específico del vapor (25°C) (1 atm)	KJ/Kg K)	0.83
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.088
Conductibilidad térmica del vapor (25°C)	(W/Mk)	0.013
Solubilidad con el agua (25°C)	ppm	2500
Límite de inflamabilidad	(% vol.)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	ppm	1000
ODP	-	0
GWP	-	1890

Figura 4. Propiedades físicas del refrigerante R410A

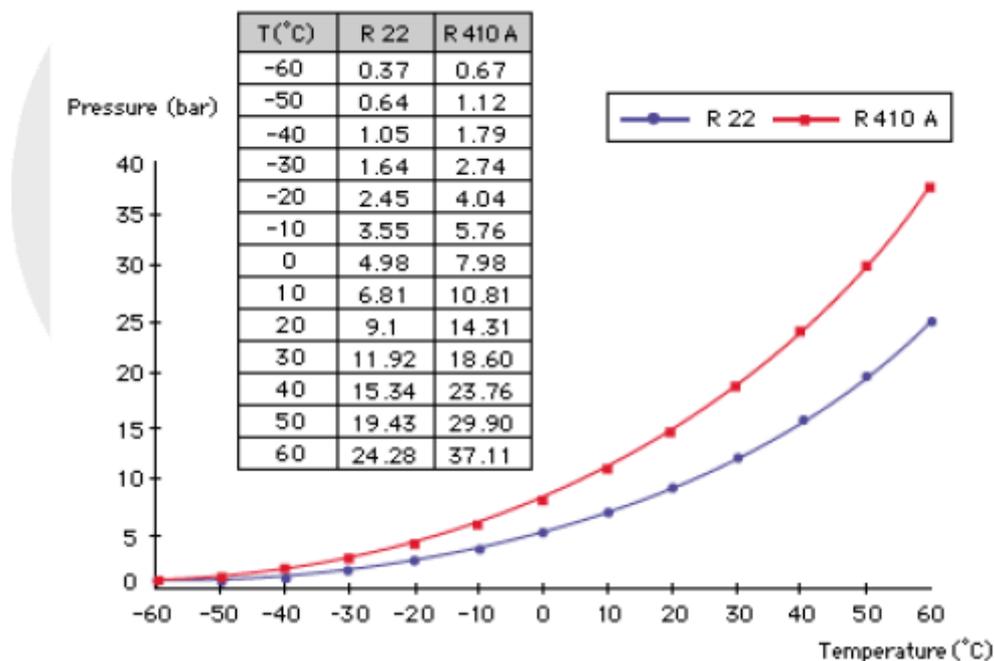


Figura 5. Gráfica comparativa temperatura/presión R22 R140A

TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (Kg/m ³)		ENTALPIA (kJ/Kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-50	1.124	1.121	1339.59	4.54	136.46	406.37	0.8104	2.0201
-45	1.428	1.424	1323.93	5.67	143.01	409.29	0.8393	2.0066
-40	1.793	1.788	1308.01	7.02	149.62	412.14	0.8679	1.9941
-35	2.228	2.222	1291.79	8.62	156.31	414.92	0.8961	1.9823
-30	2.740	2.732	1275.24	10.48	163.07	417.62	0.9240	1.9712
-25	3.340	3.330	1258.34	12.65	169.91	420.23	0.9517	1.9607
-20	4.036	4.023	1241.03	15.15	176.83	422.74	0.9791	1.9508
-15	4.838	4.821	1223.28	18.04	183.83	425.13	1.0062	1.9413
-10	5.757	5.735	1205.04	21.35	190.92	427.40	1.0331	1.9321
-5	6.802	6.774	1186.27	25.13	198.11	429.52	1.0599	1.9233
0	7.984	7.950	1166.89	29.44	205.41	431.50	1.0864	1.9146
5	9.315	9.274	1146.86	34.34	212.81	433.31	1.1129	1.9061
10	10.805	10.756	1126.10	39.91	220.34	434.94	1.1392	1.8977
15	12.467	12.408	1104.53	46.22	228.00	436.38	1.1655	1.8892
20	14.312	14.241	1082.05	53.38	235.80	437.59	1.1918	1.8807
25	16.351	16.269	1058.55	61.50	243.77	438.56	1.2181	1.8720
30	18.598	18.502	1033.91	70.71	251.91	439.27	1.2445	1.8631
35	21.063	20.954	1007.95	81.18	260.26	439.68	1.2710	1.8538
40	23.760	23.636	980.48	93.12	268.84	439.76	1.2977	1.8442
45	26.701	26.563	951.26	106.79	277.69	439.46	1.3248	1.8339
50	29.899	29.745	919.95	122.55	286.87	438.72	1.3524	1.8229

Figura 6. Principales propiedades del refrigerante R140A

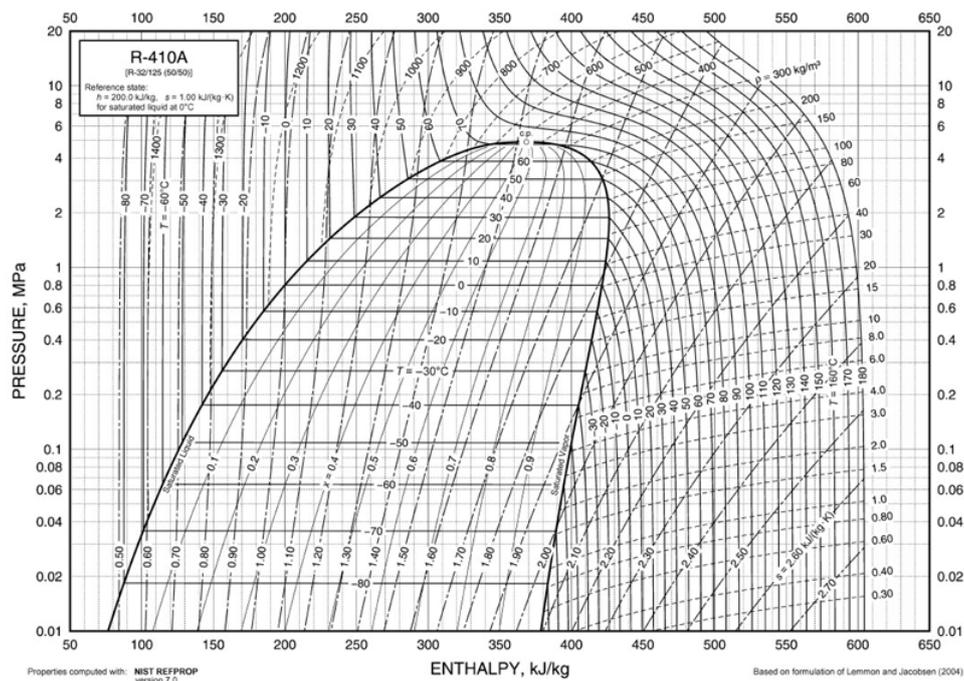


Figura 7. Diagrama de Molliere refrigerante R140A



2. ESPACIO A CLIMATIZAR

2.1 DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

El espacio que se pretende climatizar consiste en el edificio de una gasolinera sito en la localidad de Pinto, concretamente en el kilometro 23 de la autovía A-4 dirección Córdoba.

El edificio de una sola altura cuenta con una planta rectangular de aproximadamente 20x12m que supone una superficie total de 240m²

2.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL LOCAL

Los materiales y calidades del local se indican a continuación:

CERRAMIENTOS VERTICALES

De interior a exterior.

- Enfoscado de mortero de cemento 2 cm
- Ladrillo hueco 6cm
- Cámara de aire con relleno de fibra de vidrio (tipo IV)
- Ladrillo macizo 11.5 cm

SUELOS Y TECHOS

De interior a exterior.

- Guarnecido de yeso 2cm
- Poliestireno expandido (Tipo V) 6 cm
- Bovedilla de hormigón con distanciador entrevigado de 50cm
- Pavimento (hormigón con áridos) 5cm



PUERTAS

- Puerta metálica opaca

VENTANAS

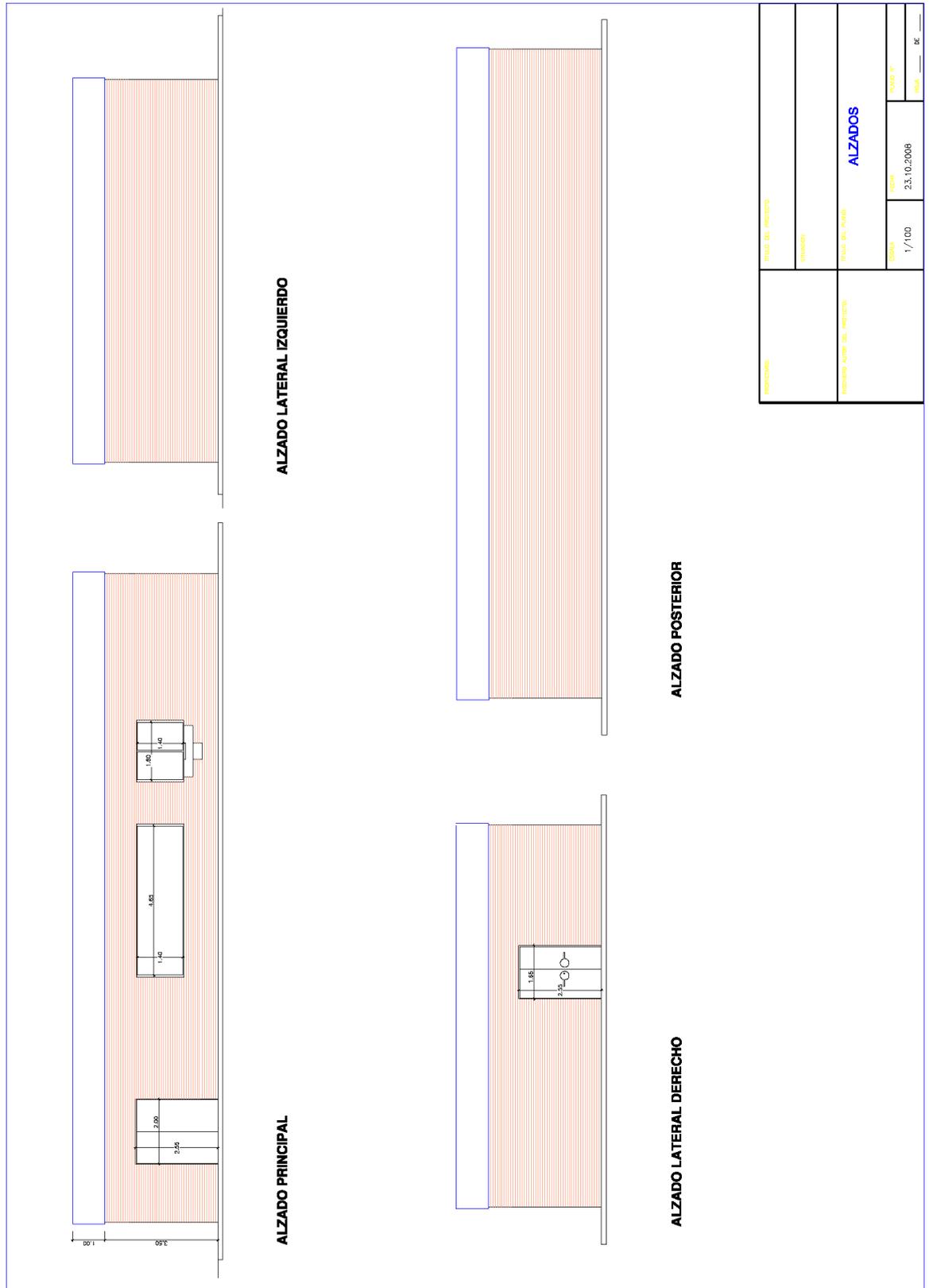
- Doble acristalamiento con cámara de aire de 9mm y carpintería metálica

MUROS CON LOCALES COLINDANTES

De interior a exterior.

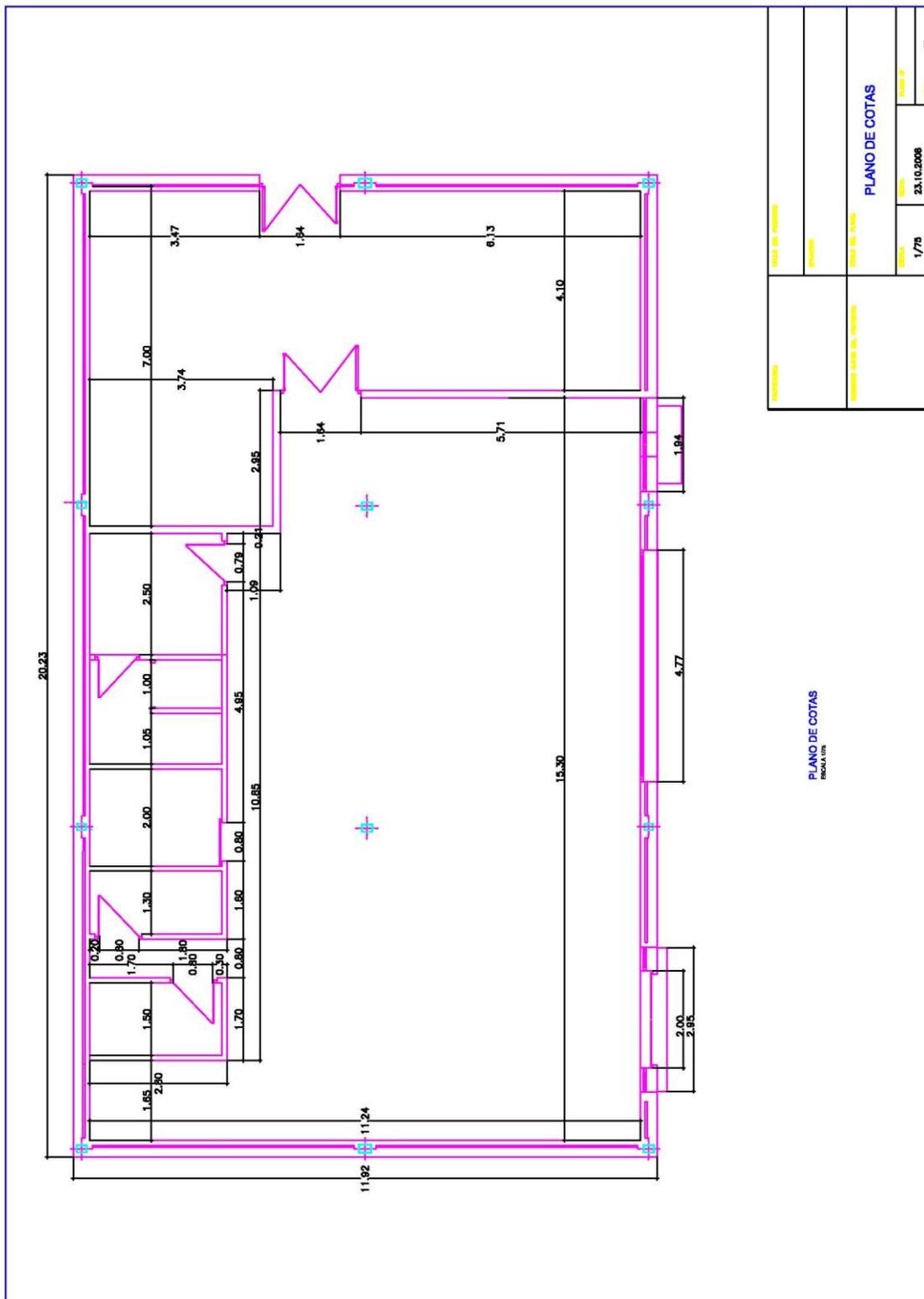
- Enlucido de yeso 1.5cm
- Ladrillo hueco 4cm
- Fibra de vidrio (Tipo I) 0.5cm
- Ladrillo hueco 4cm
- Enlucido de yeso 1.5cm

2.3 PLANOS DEL LOCAL



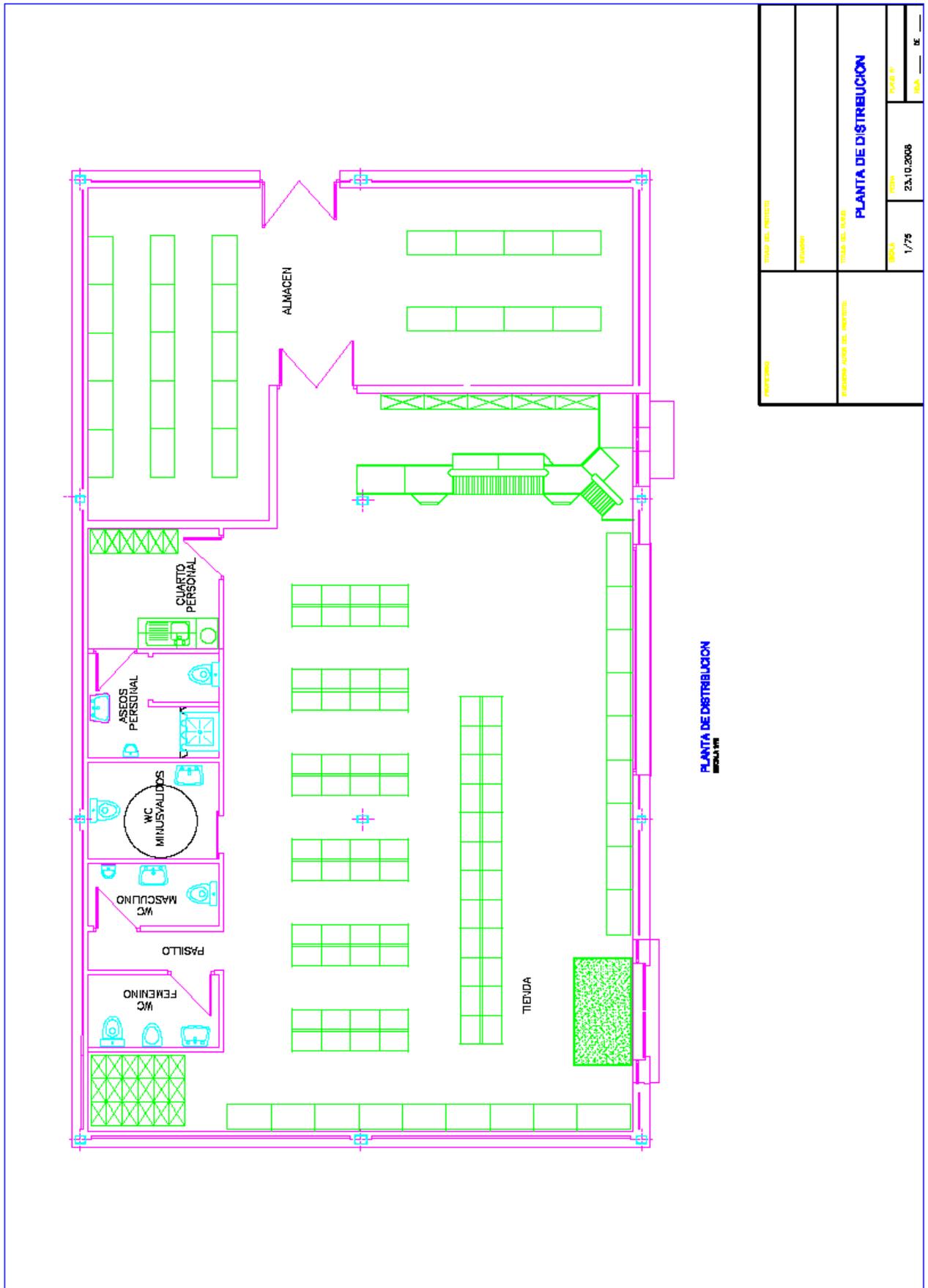


Refrigeración de local comercial con refrigerante R410A





Refrigeración de local comercial con refrigerante R410A





3. CONDICIONES DE DISEÑO

Es imprescindible antes de comenzar con el cálculo de la carga térmica definir las condiciones de diseño. Estas contemplan tanto las condiciones interiores como las exteriores.

Debido al continuo paso de personas a los espacios de aseos y servicios y que el almacén está directamente comunicado, sin puertas, con el espacio principal, de cara al cálculo de la carga se considerará una temperatura única en todo el local, incluido servicios y almacén. Solo se diseñará para verano.

3.1 CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO

- $T_i = \text{Temperatura interior} = 24^\circ\text{C}$

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 02.2.1 establece entre 23 y 25°C

- $HR_i = \text{Humedad relativa del aire interior} = 55\%$

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 02.2.1 establece entre 45 y 60%

- $V_{\text{media aire}} = \text{Velocidad media del aire interior} = 0.17\text{m/s}$

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 02.2.1

DIFUSION POR MEZCLA

Intensidad de turbulencia = 40%

PPD por corrientes de aire = 15%

$T_s = \text{Temperatura seca} = 24^\circ\text{C}$

$$V = \frac{T_s}{100} - 0.07 = 0.17 \text{ m/s}$$

- Calidad de aire = IDA3



RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 1.1.4.2.2
Exigencia de la calidad del aire interior.

Aire de calidad media => Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios y salas de ordenadores.

- V_{vent} = Caudal mínimo de aire exterior de ventilación = 132.6 dm³/s

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 1.1.4.2.3

Dos casos posibles:

- A) Método Indirecto de caudal de aire exterior por persona Ej. Gasolinera sin cafetería (prohibido fumar) → IDA3 = 8 dm³/s por persona.
- B) Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie Ej. Espacio dedicado a la ocupación humana permanente. Se utilizará este método para el proyecto. La ocupación humana permanente podría ser una oficina que siempre hay x personas considerando un máximo de 20 personas, hay 1 que hay RO por eso que se aplica este caso → IDA3 = 0.55 dm³/(s.m²)

Superficie = 241.142 m²

$$V_{vent} = Superficie \cdot 0.55 = 132.628 \frac{dm^3}{s} = 0.13 \frac{m^3}{s}$$

- Aire de extracción

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 1.1.4.2.5
AE1 => Bajo nivel de contaminación. Aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminación proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar. Están incluidos en este apartado: oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.

Aire de extracción min = 2 dm³/s m².

Al ser categoría AE1 exento de humo de tabaco puede ser retornado al local (recircular) => **Justificación de posibilidad de instalar sistema de refrigeración tipo Split.**

- Exigencia de calidad del ambiente acústico

RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) IT 1.1.4.4.4

Ha de cumplir DB-HR → CTE que le afecte.



3.2 CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

- Lugar de proyecto → Madrid

NP → UNE 100014 → Nivel 5% → Condiciones generales de diseño para cualquier tipo de espacio climatizado.

NP → Temperatura sobrepasa un 5% de las horas durante el periodo estival (junio, julio, agosto y septiembre).

NP = 5%

- Condiciones exteriores UNE 100001:2001

Zona climática: Madrid → D3 → CTE DB-HE

Madrid → NP 5% → T_s = Temperatura seca = 37.7°C

T_{hc} = 20.4°C

OMD = 15,8

Temperatura de bulbo seco → Es la temperatura prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean ese ambiente y de los efectos de la humedad relativa y velocidad del aire.

Se obtiene con un termómetro de mercurio cuyo bulbo se supone que no absorbe la radiación.

Temperatura de bulbo húmedo → Es la temperatura que da un termómetro a la sombra con el bulbo envuelto en una mecha de algodón húmedo bajo una corriente de aire determinada. Al evaporarse el agua absorbe calor haciendo reducir la temperatura, efecto que se reflejará en el termómetro. Este tipo de medida se utiliza para dar una idea de la sensación térmica.

OMD → "Oscilación media de temperatura" Es la variación de la temperatura a lo largo de todo el día en base a la hora solar.



4. LA INSTALACIÓN

La instalación consiste en un edificio situado en Madrid (Autovía A-4 km 23, dirección Córdoba) que pertenece a una gasolinera.

El local cuenta con una planta rectangular de aproximadamente 20 × 12m y una superficie total aproximada de 240m².

El local cuenta con una sola altura y está distribuido en tres zonas claramente diferenciadas.

- Espacio principal → zona de tienda → Climatizado
- Almacén → No climatizado
- Aseos y cuarto de personal → No climatizado.

El local se encuentra orientado al norte por su fachada principal.

Debido al continuo paso de personas a los espacios de servicios (apertura y cierre de puerta constantemente), y que el almacén está directamente comunicado, sin puertas, con el espacio principal, de cara al cálculo de la carga se considera una temperatura única en todo el local, incluido servicios y almacén.



5. CALCULO DE LA CARGA TÉRMICA

5.1 CARGAS EXTERIORES

Para dimensionar el equipo se requiere hacer el cálculo de la carga máxima. El problema es que no se conoce a priori el momento en que se va a dar, por eso haría que hacer un cálculo hora a hora en cualquier mes.

Para dimensionar la maquina se va a elegir las 15.00h del mes de julio.

Las cargas que calcularemos son:

- Cargas exteriores
 - Cargas a través de paredes y techos
 - Cargas a través de superficies acristaladas (conducción/convección y transmisión solar)
 - Carga debida a la ventilación
 - Carga por infiltraciones

- Cargas interiores
 - Ocupantes
 - Iluminación
 - Maquinaria / equipos
 - Instalación



5.1.1 Cargas a través de paredes y techos

Se trata de una carga sensible que se evalúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta_t$$

Q_{sen} = Carga por transmisión (W)

A = Superficie de enfriamiento (m²)

U = Coeficiente de transmisión global de calor (W/m²C)

Δ_t = Diferencia de temperatura equivalente.

Para paredes y techos el coeficiente U se evalúa como:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{\text{capas}} \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\sum_{\text{capas}} R_{ti}}$$

L_i = Espesor de la capa de material i (m)

λ_i = Conductividad térmica de la capa i (W/m·C)

h_i = coeficiente de convección interior (W/m²C)

h_e = coeficiente de convección exterior (W/m²C)

R_{ti} = Resistencia térmica de cada capa (m²C/W)

$\Delta_t \rightarrow$ para tener en cuenta que no estamos en condiciones de régimen permanente sino que existen unas mezclas debido a que la Text varía a lo largo del día y que hay que tener en cuenta la radiación solar. Método simplificado.

Para muros en contacto con el exterior:

Obtenemos los valores de Δ_t de las tablas realizadas por el ASHRAE y otros organismos (basados en el TFM) de distintos tipos de techos y muros y unas condiciones de temperatura seca ambiente y radiación solar determinadas \rightarrow obtenemos Δ_t tabla.

Dado que estas tablas se han elaborado en unas condiciones determinadas del medio ambiente (tanto interior como exterior) para su aplicación a otras correcciones es necesario aplicar una serie de correcciones que tengan en cuenta

otras temperaturas de diseño y distintas variaciones diarias de T_a (OMD) → obtenemos "a"

$$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} + a$$

Para muros en contacto con locales no acondicionados:

$$\Delta t_e = T_{\text{media}} - T_{\text{sl}} = \frac{(T_{\text{se}} + T_{\text{sl}})}{2}$$

T_{se} = Temperatura seca exterior del proyecto

T_{sl} = Temperatura seca del local

Fachada norte:

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e$$

Superficie:

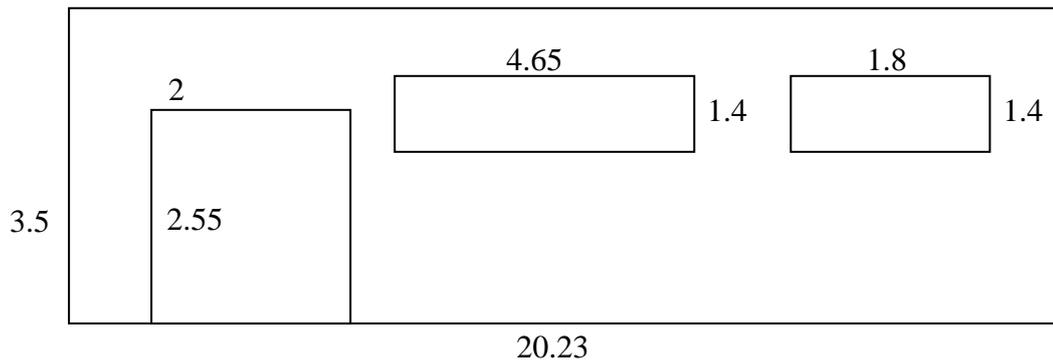


Figura 8. Fachada norte

A = Superficie total → $(3.50 \times 20.23) - (2.55 \times 2) - (4.65 \times 1.4) - (1.8 \times 1.4)$

$$A = 56.675 \text{ m}^2$$

$U \rightarrow$

EXTERIOR	Ladrillo macizo 0.115m	Cámara de aire relleno de fibra de vidrio 0,070 m	Ladrillo hueco 0.060m	Enfoscado de mortero de cemento 0,020m	INTERIOR
----------	---------------------------	---	--------------------------	--	----------

Figura 9. Composición muro fachada norte



$$\lambda=0.87 \quad \lambda=0.033 \quad \lambda=0.49 \quad \lambda=1.40 \quad \lambda \text{ (W/m}\cdot\text{c)}$$

$$R_i = 0.13 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$R_e = 0.04 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$h = 1/R$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{\text{capas}} \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{0.13 + \left(\frac{0.115}{0.37} + \frac{0.070}{0.033} + \frac{0.060}{0.49} + \frac{0.020}{1.40} \right) + 0.04}$$

$$U = 1/2.56 = 0.39 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} \rightarrow \text{tabla ASHRAE}$

Hora solar: 15.00

Orientación norte

$\Delta t_e \text{ tabla} = 1.7^\circ\text{C}$ (Método simplificado ASHARE)

A \rightarrow Tabla corrección $\rightarrow \text{Text} - \text{TSL} = 33.7 - 24 = 9.7$

OMD $\rightarrow 15.8$

Interpolar:

$$z = z_{11} + \frac{z_{21} - z_{11}}{x_2 - x_1}(x - x_1) + \frac{z_{12} - z_{11}}{y_2 - y_1}(y - y_1)$$

	X_1	X_2
Y_1	z_{11}	z_{21}
Y_2	z_{12}	z_{22}

X = valor que buscamos en x

Y = valor que buscamos en y

$$z = -1.6 + \frac{-2.5 - (-1.6)}{16 - 14}(15.2 - 14) + \frac{0.3 - (-1.6)}{10 - 8}(9.7 - 8) = -0.795$$

$$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} + a = 1.7 - 0.795 = 0.905^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e = 56.68 \text{ m}^2 \cdot 0.39 \text{ W/m}^2 \text{ C} \cdot 0.90^\circ \text{ C} = 20.0 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen}} \text{ Fachada norte} = 20.03 \text{ W}$$

Fachada oeste:

Superficie:

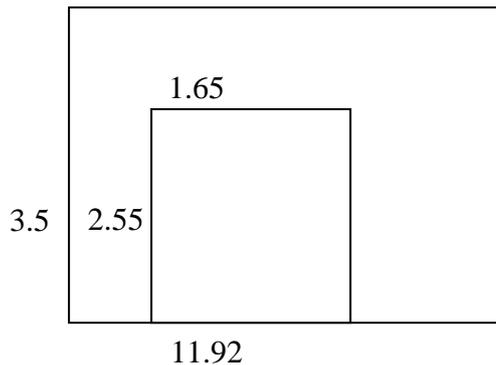


Figura 9. Fachada Oeste

$$A = \text{Superficie total} \rightarrow (11.92 \times 3.50) - (1.65 \times 2.55)$$

$$A = 37.5 \text{ m}^2$$

U \rightarrow mismo que fachada norte

$$U = 0.39 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} \rightarrow$ tabla ASHRAE

Hora solar: 15.00

Orientación oeste

$$\Delta t_e \text{ tabla} = 5.5^\circ\text{C}$$

$$A \rightarrow \text{Tabla corrección} \rightarrow \text{Text} - \text{TSL} = 33.7 - 24 = 9.7$$

$$\text{OMD} \rightarrow 15.8$$

$$a \rightarrow \text{mismo que fachada norte} = -0.79$$

$$\Delta t = \Delta t \text{ tabla} + a = 5.5 - 0.79 = 4.70^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e = 37.51 \text{ m}^2 \cdot 0.39 \text{ W/m}^2 \text{ C} \cdot 4.70^\circ \text{ C} = 68.94 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen}} \text{ Fachada oeste} = 68.94 \text{ W}$$



Fachada sur:

Superficie:

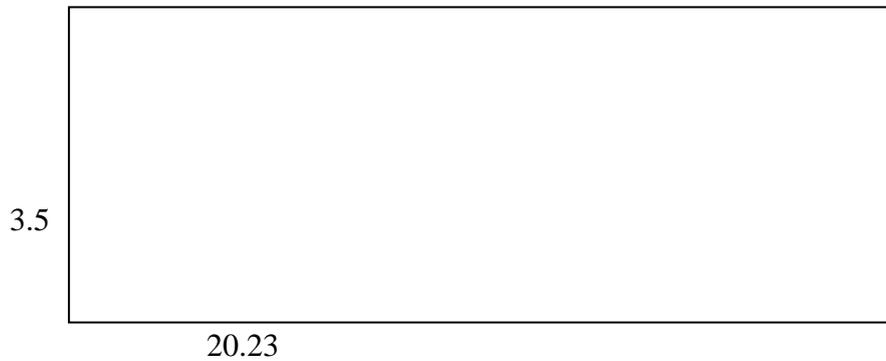


Figura 10. Fachada Sur

$$A = \text{Superficie total} \rightarrow (20.23 \times 3.5)$$

$$A = 70.80 \text{ m}^2$$

U \rightarrow mismo que casos anteriores

$$U = 0.39 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$\Delta t_e = \Delta t_e$ tabla \rightarrow tabla ASHRAE

Hora solar: 15.00

Orientación sur

$$\Delta t_e \text{ tabla} = 8.3^\circ\text{C}$$

a \rightarrow ídem que casos anteriores = - 0.79

$$\Delta t = \Delta t \text{ tabla} + a = 8.3 - 0.79 = 7.50^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e = 70.80 \text{ m}^2 \cdot 0.39 \text{ W/ m}^2 \text{ C} \cdot 7.50^\circ \text{ C} = 207.56 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen}} \text{ Fachada sur} = \mathbf{207.56 \text{ W}}$$



Fachada este:

Superficie:

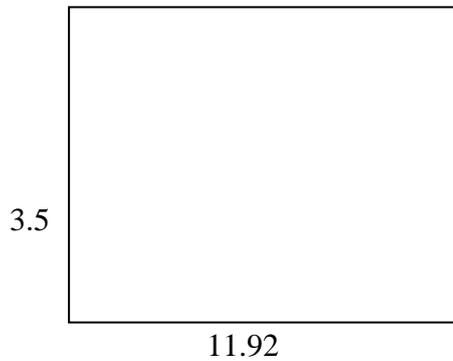


Figura 11. Fachada Este

$$A = \text{Superficie total} \rightarrow (11.92 \times 3.5)$$

$$A = 41.72 \text{ m}^2$$

U \rightarrow mismo que casos anteriores

$$U = 0.39 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$\Delta t_e = \Delta t_e$ tabla \rightarrow tabla ASHRAE

Hora solar: 15.00

Orientación este

$$\Delta t_e \text{ tabla} = 11.1^\circ\text{C}$$

a \rightarrow ídem que casos anteriores = - 0.79

$$\Delta t = \Delta t \text{ tabla} + a = 11.1 - 0.79 = 10.30^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e = 41.72 \text{ m}^2 \cdot 0.39 \text{ W/ m}^2 \text{ C} \cdot 10.30^\circ \text{ C} = 167.93 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen}} \text{ Fachada este} = \mathbf{167.93 \text{ W}}$$

Techo:

Superficie:



Figura 11. Techo

A = Superficie total → (11.92×20.23)

A = 241.14 m²

U →

INTERIOR	Guarnecido de yeso 0.020m	Poliestireno expandido tipo V 0.06m	Bovedilla de hormigón con distancia entre vigas 50 cm , 0.025m	Pavimento hormigón con áridos 0,05m	EXTERIOR
	$\lambda=0.30$	$\lambda=0.033$	$R=0.18$	$\lambda=0.33$	λ (W/m·c)

R_i = 0.04 (m²K/W)

R_e = 0.17 (m²K/W)

h = 1/R

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{\text{capas}} \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{0.17 + \left(\frac{0.02}{0.30} + \frac{0.06}{0.033} + 0.18 + \frac{0.05}{0.33} \right) + 0.04}$$

U = 1/2.42 = 0.41 W/m²C



$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} \rightarrow \text{tabla ASHRAE}$

Hora solar: 15.00

Orientación este

$\Delta t_e \text{ tabla} = 17.2^\circ\text{C}$

$a \rightarrow \text{ídem que casos anteriores} = - 0.79$

$\Delta t = \Delta t \text{ tabla} + a = 17.2 - 0.79 = 16.40^\circ \text{C}$

$Q_{\text{sen}} = A \cdot U \cdot \Delta t_e = 241.14 \text{ m}^2 \cdot 0.412 \text{ W/m}^2 \text{ C} \cdot 16.40^\circ \text{C} = 1630.39 \text{ W}$

$Q_{\text{sen}} \text{techo} = 1630.39 \text{ W}$

Carga a través de paredes y techos

$Q_{\text{sen}} = Q_{\text{norte}} + Q_{\text{sur}} + Q_{\text{este}} + Q_{\text{oeste}} + Q_{\text{techo}}$

$Q = 20.03 + 68.94 + 207.56 + 167.93 + 1630.39 + 0 = 2094.85$

$Q_{\text{sen}} \text{Paredes y techo} = 2094.85 \text{ W}$

5.1.2 Cargas a través de cristales y puertas de cristal

A. Transmisión por conducción/convección

Al ser los vidrios materiales con poca inercia, el flujo de calor por conducción/convección se calculará por:

$$q = U \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Puerta principal:

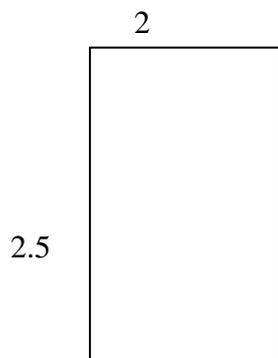


Figura 12. Puerta principal

A = Superficie total $\rightarrow (2 \times 2.5)$

A = 5 m²

U \rightarrow Doble acristalamiento con cámara de aire de 9mm y carpintería metálica

U = 4.2 W/m²c (dato facilitado por el fabricante)

T_{ext} = 33.7°C

T_{int} = 24°C

$$q = 4.2 \cdot 5 \cdot (33.7 - 24) = 203.7 \text{ W}$$

Ventana tienda:

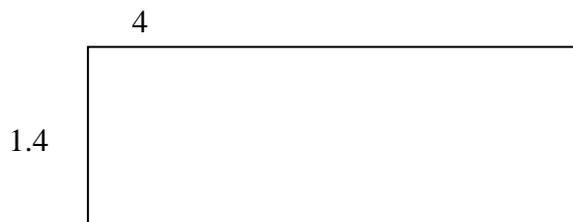


Figura 13. Ventana tienda

A = Superficie total $\rightarrow (4 \times 1.4)$

A = 5.6 m²

U \rightarrow Ídem que anterior

U = 4.2 W/m²c

$$q = 4.2 \cdot 5.6 \cdot (33.7 - 24) = 228.14 \text{ W}$$

Ventanilla tienda:

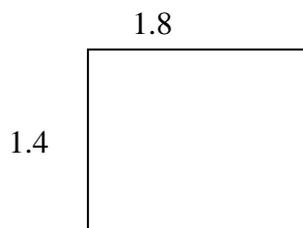


Figura 14. Ventanilla tienda

A = Superficie total $\rightarrow (1.8 \times 1.4)$

A = 2.52 m²

U \rightarrow Ídem que anterior

U = 4.2 W/m²c

$$q = 4.2 \cdot 2.52 \cdot (33.7 - 24) = 102.66 \text{ W}$$

$q_{\text{cristales}} = q_{\text{puerta}} + q_{\text{ventana}} + q_{\text{ventanilla}}$

$q = 203.7 + 228.14 + 102.66 = 534.50$

$$q_{\text{cristales conv/cond}} = 534.51 \text{ W}$$

B. Transmisión por radiación solar

A través de los organismos previamente mencionados ASHRAE y demás empresas colaboradoras mediante los gráficos y su corrección posterior podemos obtener Q_{RAD} .

$$Q_{\text{RAD}} = F (\Delta \cdot I)$$



F = Factor de corrección ASHRAE tabla

I = Aportación a través del vidrio. Gráfica ASHRAE W/m^2

A = Superficie cristal m^2

Q_{RAD} puerta $\rightarrow F = \text{vidrio doble} = 0.9$

I = hora solar = 15.00, orientación norte = 90 W/m^2

$A = 2 \times 2.5 = 5 \text{ m}^2$

$$\mathbf{Q_{RAD} \text{ puerta} = 5 \cdot 90 \cdot 0.9 = 405.00 \text{ W}}$$

Q_{RAD} ventana $\rightarrow F = \text{vidrio doble} = 0.9$

I = Idem anterior = 90 W/m^2

$A = 4 \times 1.4 = 5.6 \text{ m}^2$

$$\mathbf{Q_{RAD} \text{ ventana} = 90 \cdot 5.6 \cdot 0.9 = 453.60 \text{ W}}$$

Q_{RAD} ventanilla $\rightarrow F = \text{vidrio doble} = 0.9$

I = Idem anterior = 90 W/m^2

$A = 1.8 \times 1.4 = 2.52 \text{ m}^2$

$$\mathbf{Q_{RAD} \text{ ventanilla} = 90 \cdot 2.52 \cdot 0.9 = 204.12 \text{ W}}$$

$$Q_{RAD} = Q_{puerta} + Q_{ventana} + Q_{ventanilla}$$

$$\mathbf{Q_{RADT} = 453.6 + 405 + 204.12 = 1062.72}$$

$$Q_{CRISTALES} = Q_{CONV/COND} + Q_{RAD} = 534.509 + 1062.72 = 1597.23 \text{ W}$$

$$\mathbf{Q_{CRISTALES} = 1597.23 \text{ W}}$$



5.1.3 Cargas a través de puertas opacas

En este caso si tenemos en cuenta que no estamos en régimen permanente:

Puerta fachada oeste:

$$Q = \Delta \cdot U \cdot \Delta t_e$$

$$A = 1.65 \times 2.55 = 4.21 \text{ m}^2$$

U = puerta metálica opaca = 5.8 W/m²c según el fabricante

Δt_e = Δt_e tabla → tabla ASHRAE

Hora solar: 15.00

Orientación este

Δt_e tabla = 5.5°C

a → ídem que casos anteriores = - 0.79

$$\Delta t_e = \Delta t_e \text{ tabla} + a = 5.50 - 0.79 = 4.70^\circ\text{C}$$

$$Q = 4.21 \text{ m}^2 \cdot 5.8 \text{ W/m}^2 \text{ C} \cdot 4.70^\circ \text{ C} = 114.82 \text{ W}$$

$$Q \text{ puerta} = \mathbf{114.82 \text{ W}}$$

5.1.4 Carga debido a ventilación

En las instalaciones de aire acondicionado es necesario prever una cierta renovación del aire (para la eliminación de olores, etc... e introducción de suficiente oxígeno) para asegurar la calidad del aire en el interior del local.

El aire exterior introducido será compensado con el mismo caudal de aire extraído o expulsado por ventanas y puertas, con el fin de mantener la misma cantidad de aire seco en el interior del local. La cantidad de calor sensible y latente aportado como carga en forma instantánea se obtiene como:



A. Carga sensible

$$Q_{\text{sen}} = V_{\text{vent}} \cdot \rho \cdot c_p (T_{\text{Sl}} - T_{\text{Se}})$$

V_{vent} = Caudal ventilación m³/s

ρ = Densidad del aire de ventilación Kg/m³

C_p = Calor específico del aire J/kg·C

T_{se} = Temperatura seca exterior °C

T_{sl} = Temperatura seca local °C

$V_{\text{vent}} \rightarrow$ Caudal mínimo aire exterior de ventilación = 0.55 dm³/s m²

Como consideramos todo el local $\rightarrow A = 11.92 \times 20.23 = 241.14 \text{ m}^2$

$V_{\text{vent}} = 0.55 \text{ dm}^3/\text{s m}^2 \cdot 241.14 \text{ m}^2 = 132.63 \text{ dm}^3/\text{s} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$

$\rho = 1.25 \text{ Kg/ m}^3$

$C_p = 1020 \text{ J/kg}\cdot\text{C}$

$T_{\text{Sl}} - T_{\text{Se}} = 33.7 - 24 = 9.7^\circ \text{ C}$

$Q_{\text{sen}} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1.25 \text{ Kg/ m}^3 \cdot 1020 \text{ J/kg}\cdot\text{C} \cdot 9.7^\circ \text{ C}$

$$\mathbf{Q \text{ sen vent} = 1640.28 \text{ W}}$$

B. Carga latente

$$Q_{\text{LAT}} = V_{\text{vent}} \cdot \rho \cdot h_{\text{fg}} (w_e - w_l)$$

H_{fg} = calor latente de cambio de fase del agua (J/kg)

w_e = Relación de humedad del aire ext (kg/kg)

w_l = Relación de humedad del aire local (kg/kg)

$H_{\text{fg}} = 2501 \text{ KJ/Kg}$

w_e = Diagrama psicométrico $\rightarrow T_{\text{seca}} = 33.7^\circ\text{C}$, $\text{THC} = 20.4^\circ\text{C} \rightarrow 9.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}$

w_l = Diagrama psicométrico $\rightarrow T_{\text{seca}} = 24^\circ\text{C}$, $\text{HR} = 55\% \rightarrow 9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}$

$Q_{\text{LAT}} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1.25 \text{ Kg/ m}^3 \cdot 2501 \text{ kJ/kg} \cdot (9.5 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{-3}) \text{ kJ/kg}$

$Q_{\text{LAT}} = 0.207314 \text{ kJ/kg} = 207.314 \text{ W}$



$$Q \text{ lat vent} = 207.314 \text{ W}$$

5.1.5 Carga debida a infiltraciones

Es probablemente la carga más difícil de estimar porque es altamente subjetiva. Se trata, como en el caso de la ventilación, de una carga instantánea, que aporta tanto calor sensible como calor latente al local. Se evalúa de forma semejante a lo visto para la carga de ventilación, en donde se sustituye el caudal de ventilación por el caudal de aire infiltrado. La dificultad radica justamente en estimar dicho caudal de aire infiltrado. Este aire entra en la instalación por la diferencia de presiones entre el exterior y el interior por efecto del viento, y por diferencias de densidades (efecto chimenea).

Empleamos método ASHRAE

$$Q = \Delta_L \sqrt{(C_s \Delta T + C_w v^2)}$$

Q= Caudal de aire m³/h

Δ_L = Área efectiva de infiltraciones cm²

C_s = Coeficiente stack m⁶/h²cm⁴K

ΔT = Diferencias de temperaturas

C_w = Coeficiente debido al viento m⁴s²/h²cm⁴

v= velocidad media del viento m/s

Δ_L = Puerta principal → puerta doble sin burlete = 11cm²/m²

Δ_L = 11cm²/m² (2.55×2) m² = 56.1 cm²

Ventana → doble vidriado Δ_L = 0.018cm²/m²

Δ_L = 0.018cm²/m² (4.65+1.4)·2m = 0.22 cm²

Ventanilla → doble vidriado Δ_L = 0.018cm²/m²

Δ_L = 0.018cm²/m² (1.8+1.4)·2m = 0.12 cm²

Puerta → puerta doble sin burlete Δ_L = 11cm²/m²

Δ_L = 11cm²/m² (2.55×1.65) = 46.28 cm²

$\Delta L T$ = 56.1+0.22+0.12+46.28 = 102.72 cm²

C_s = Un piso = 0.00188 m⁶/h²cm⁴K



$$C_w = \text{Clase 1 Edificio expuesto, un piso} = 0.00143 \text{ m}^4\text{s}^2/\text{h}^2\text{cm}^4$$

$$v = \text{UNE 100001:2001 Madrid} = 4.4 \text{ m/s}$$

$$Q = 102.72\sqrt{(0.00188 \cdot 9.7 + 0.00143 \cdot 4.4^2)} = 22.01 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0061 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora hacemos lo mismo que en el caso de ventilación

$$Q_{\text{sen}} = V_{\text{inf}} \cdot \rho \cdot c_p (T_{\text{Se}} - T_{\text{Sl}}) = 0.006114 \cdot 1.25 \cdot 1020 \cdot 9.7 = 75.02 \text{ W}$$

$$Q_{\text{LAT}} = V_{\text{inf}} \cdot \rho \cdot h_{\text{fg}} (w_e - w_l) = 0.006114 \cdot 1.25 \cdot 2501 (9.5 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{-3}) = 0.00956$$

$$Q_{\text{LAT}} = 9.55 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen inf}} = 75.62 \text{ W}$$

$$Q_{\text{LAT inf}} = 9.55 \text{ W}$$

Infiltración al abrir y cerrar la puerta principal:

La puerta del almacén no se tendrá en cuenta debido a que su uso no es frecuente y se encuentra normalmente cerrada.

Sin embargo la puerta principal si tiene aperturas frecuentes a lo largo de todo el día la puerta es de tipo automática de corredera con apertura total. Para el cálculo de la carga por infiltración se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

- Tiempo de apertura de la puerta por cada persona de paso = 5 seg.
- Nº de personas por hora → Estimación aportada por el cliente → 1 cada 3 min.

Como cada cliente realiza dos pasos por la puerta (entrada y salida) tenemos 0.6667 aperturas por minuto.

Como cada apertura es de 5 seg tenemos $5 \cdot 0.6667 = 3.33$ seg apertura/min. Esto quiere decir 3.33 segundos está abierta la puerta por cada minuto, es decir un 5.5% de tiempo.

Calculamos por el método anterior la carga por infiltración si estuviera abierta siempre.

$$\Delta L_T = \text{Toda la puerta} = 255 \text{ cm} \cdot 200 \text{ cm} = 51.000 \text{ cm}^2$$



$$Cs = \text{Idem anterior} = 0.00188 \text{ m}^6/\text{h}^2\text{cm}^4\text{K}$$

$$Cw = \text{Idem anterior} = 0.00143 \text{ m}^4\text{s}^2/\text{h}^2\text{cm}^4$$

$$v = \text{Idem anterior} = 4.4 \text{ m/s}$$

$$Q = 51.000\sqrt{(0.00188 \cdot 9.7 + 0.00143 \cdot 4.4^2)} = 10928.9 \text{ m}^3/\text{h} = 3.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{sen}} = V_{\text{inf}} \cdot \rho \cdot c_p (T_{\text{Se}} - T_{\text{Sl}}) = 3.04 \cdot 1.25 \cdot 1020 \cdot 9.7 = 375545.2 \text{ W}$$

$$Q_{\text{LAT}} = V_{\text{inf}} \cdot \rho \cdot h_{\text{fg}}(w_e - w_l) = 3.04 \cdot 1.25 \cdot 2501 \cdot (9.5 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{-3}) = 4745.3 \text{ W}$$

Aplicamos el factor de corrección al tiempo que está abierta la puerta.

$$Q_{\text{sen}} = 37545.2 \cdot 0.055 = 2085.84 \text{ W}$$

$$Q_{\text{LAT}} = 4745.32 \cdot 0.055 = 263.629 \text{ W}$$

$$Q_{\text{sen inf}} = 2085.84 + 75.62 = 2161.46 \text{ W}$$

$$Q_{\text{LAT inf}} = 263.629 + 9.55 = 273.179 \text{ W}$$

CARGAS EXTERNAS TOTALES

$$Q_{\text{EXT}} = Q_{\text{paredes,techos y suelos}} + Q_{\text{cristales}} + Q_{\text{puertas}} + Q_{\text{vent}} + Q_{\text{inf}}$$

$$Q_{\text{EXT}} = 2094.85 + 1597.23 + 114.82 + 1640.28 + 2161.46$$

$$\mathbf{Q_{\text{EXT SEN TOT}} = 7609.64 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{EXT lat}} = Q_{\text{vent}} + Q_{\text{inf}} = 207.31 + 273.180 = 480.49$$

$$\mathbf{Q_{\text{EXT LAT TOT}} = 480.49 \text{ W}}$$

5.2 CARGAS INTERNAS

5.2.1 Ocupantes

Dato facilitado por el cliente → ocupación media = 6 personas

Los ocupantes del local disipan calor a través de la epidermis, cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad que desarrolla.



Lo disipan:

1. Hacia las paredes del local por radiación
2. Hacia el aire ambiente por convección en la epidermis y en las vías respiratorias.
3. Hacia el aire ambiente por evaporación en la epidermis y en las vías respiratorias

Las ganancias de calor por ocupantes las podemos ver en la siguiente tabla:

TABLA Nº 11

GANANCIAS DE CALOR POR OCUPANTES

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo medio W	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL									
			301 k		300 K		299 K		297 K		294 K	
			Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	102	51	51	57	45	62	40	67	35	76	26
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela Secundaria	116	52	64	56	60	63	53	70	46	79	37
Empleado de oficina	Oficina, hotel, departamento	131	52	79	58	73	63	68	71	60	83	48
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	131	52	79	58	73	63	68	71	60	83	48
Sentado, de pie	Farmacia	147	52	95	58	89	64	83	74	73	85	62
De pie, marcha lenta	Banco	147	52	95	58	89	64	83	74	73	85	62
Sentado	Restaurante	162	56	106	64	98	71	91	83	79	94	68
Sentado ligero en el banco del taller	Fabrica de trabajo ligero	220	56	164	64	156	72	148	86	134	107	113
Baile o danza	Sala de baile	249	64	185	72	177	80	169	95	154	117	132
Marcha 5 km/h	Fabrica de trabajo pesado	293	79	214	88	205	97	196	112	181	135	158
Trabajo pesado	Pista de bowling, Fábrica	424	131	293	136	288	142	282	154	270	176	248

Figura 15. Ganancias de calor por ocupante

Donde:

$$Q_{sen\ persona} = N^{\circ} \text{ personas} \times k_{sen}$$

$$Q_{LAT\ persona} = N^{\circ} \text{ personas} \times k_{LAT}$$

Tabla → Grado de actividad = De pie marcha lenta

$$T_L = 24^{\circ}C = 297K$$

$$k_{sen} = 71 \text{ W/persona}$$

$$k_{LAT} = 60 \text{ W/persona}$$

$$Q_{sen\ persona} = 71 \times 6 = 426 \text{ W}$$

$$Q_{LAT\ persona} = 60 \times 6 = 360 \text{ W}$$

$$\mathbf{Q_{sen\ ocupantes} = 426 \text{ W}}$$

$$\mathbf{Q_{lat\ ocupantes} = 360 \text{ W}}$$



5.2.2 Iluminación

La iluminación constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción.

Lámparas incandescentes → Ganancias = Potencia útil

Lámparas fluorescentes → Ganancias = Potencia útil × 1.25

Dato facilitado por el cliente en total tenemos

$$W_{\text{FLUORESCENTES}} \rightarrow 1950 \text{ W} \quad Q = 1950 \times 1.25 = 2437.5 \text{ W}$$

$$W_{\text{INCANDESCENTES}} \rightarrow 2050 \text{ W} \quad Q = 2050 \times 1 = 2050 \text{ W}$$

$$W_{\text{ILUMINACION}} = 2050 + 2437.5 \text{ W} \Rightarrow \text{Se estima siempre todos encendidos}$$

Coefficiente de simultaneidad = 1

$$\mathbf{W_{ILUMINACION} = 4487.50 \text{ W}}$$

5.2.3 Cargas equipos / maquinaria

Dato facilitado por el cliente → 3 armarios frigoríficos

1 arcón congelador de helados y hielo

$$Q_{\text{sen}} = 118 \times 3 + 127 = 481 \text{ W}$$

$$\mathbf{Q_{SEN EQUIPOS} = 481.00 \text{ W}}$$

Dato facilitado por el fabricante:

Consumo medio diario frigorífico = 2.85 KWh / día = 118 W

Consumo medio diario congelador = 3.05 KWh / día = 127 W

5.2.4 Ganancias debidas a la instalación

$$Q_{\text{INSTALACION}} = 0.06 Q_{\text{SEN TOTAL}} \rightarrow Q_{\text{SEN TOTAL}} = Q_{\text{EXT}} + Q_{\text{INT}} = 7609.64 + 5394.5$$

$$Q_{\text{SEN TOTAL}} = 13004.1$$



$$Q_{\text{INSTALACION}} = 13004.1 \cdot 0.06 = 780 \text{ W}$$

$$Q_{\text{INSTALACION SEN}} = 780.00 \text{ W}$$

CARGAS INTERNAS TOTALES

$$Q_{\text{INT SEN}} = Q_{\text{ocupantes}} + Q_{\text{iluminacion}} + Q_{\text{equipos/maquinaria}} + Q_{\text{instalacion}}$$

$$Q_{\text{INT SEN}} = 426 + 4487.5 + 481 + 780$$

$$Q_{\text{INT SEN}} = 6174.50 \text{ W}$$

$$Q_{\text{INT LAT}} = Q_{\text{LAT OCUPACION}} = 360 \text{ W}$$

$$Q_{\text{INT LAT TOT}} = 360.00 \text{ W}$$

CARGA TOTAL

$$Q_{\text{T}} = Q_{\text{EXT}} + Q_{\text{INT}}$$

$$Q_{\text{T SEN}} = 7609.64 + 6174.5 = 13784.1 \text{ W}$$

$$Q_{\text{T LAT}} = 480.439 + 360 = 840.439 \text{ W}$$

COEFICIENTE DE SEGURIDAD → Para tener consideración de algún tipo de carga no considerada en el cálculo o alguna estimación de forma aproximada vamos a contar con un 5% en concepto de coeficiente de seguridad.

$$Q_{\text{T SEN}} = Q_{\text{T SEN}} \cdot 1.05 = 14.473,3 \text{ W}$$

$$Q_{\text{T LAT}} = Q_{\text{T LAT}} \cdot 1.05 = 882.518 \text{ W}$$

$$Q_{\text{T SEN}} = 14473.30 \text{ W}$$

$$Q_{\text{T LAT}} = 882.52 \text{ W}$$

6. CALCULO KG

Ficha justificativa del cálculo Kg del edificio.

Tabla artículo 4, coeficiente Kg del edificio NBE-CT-79

Artículo 4º Coeficiente K_G del edificio

El coeficiente de transmisión térmica global K_G de un edificio no será superior a los valores señalados en la Tabla 1, dados en función de su factor de forma f , de la zona climática donde se ubique el edificio, según el Mapa 1 de zonificación climática por *grados/día* dado en el artículo 13º, y del tipo de energía empleada en el sistema de calefacción del edificio, según sea éste unitario, individual o colectivo.

Quedan exceptuados del cumplimiento de este artículo los edificios ubicados en las islas Canarias.

Tabla 1

Tipo de energía para calefacción	Factor de forma f (m^{-1})	Zona climática según Mapa 1 (art. 13º)				
		A	B	C	D	E
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)	1,61 (1,89)	1,40 (1,61)	1,26 (1,47)	1,19 (1,40)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)	0,92 (1,08)	0,80 (0,92)	0,72 (0,84)	0,68 (0,80)
Caso II Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule	$\leq 0,25$	2,10 (2,45)	1,40 (1,61)	1,05 (1,19)	0,91 (1,05)	0,77 (0,91)
	$\geq 1,00$	1,20 (1,40)	0,80 (0,92)	0,60 (0,68)	0,52 (0,60)	0,45 (0,52)

Valor límite máximo de K_G en $kcal/h m^2 \text{ } ^\circ C$ ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

En la Tabla 1 se han indicado los valores de K_G para los valores límites de f , 0,25 y $1,00 m^{-1}$. Para valores intermedios K_G se calculará con la fórmula:

$$K_G = a \left(3 + \frac{1}{f} \right)$$

donde f es el factor de forma del edificio y a es un coeficiente que se obtiene de la Tabla 1 bis en función del tipo de energía y zona climática.

Tabla 1 bis

Tipo de energía para calefacción	Zona climática según Mapa 1 (art. 13º)				
	A	B	C	D	E
Caso I Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	0,30 (0,35)	0,23 (0,27)	0,20 (0,23)	0,18 (0,21)	0,17 (0,20)
Caso II Edificios sin calefacción o calefactados con energía eléctrica directa por efecto Joule	0,30 (0,35)	0,20 (0,23)	0,15 (0,17)	0,13 (0,15)	0,11 (0,13)

Figura 16. Tablas K_G

Con los valores de la tabla obtenemos Factor de forma de 0.55

Caso 1:

Zona climática D

$$K_G = a (3 + 1/f)$$

$$A \rightarrow \text{Tabla 1 bis} \rightarrow a = 0.21$$

$$F = 0.55$$

$$K_G = 0.21 (3 + 1/0.55) = 1.01$$

Tabla 1 \rightarrow Kg = 0.84 \rightarrow 052 \leq 0.84 CUMPLE.



7. ELECCION DE LA MÁQUINA

Teniendo en cuenta la instalación a climatizar y las características del local, después de un estudio de los productos existentes en el mercado, se elige la siguiente maquina.

Gas refrigerante → R410A

Maquina interior → Split tipo cassette de expansión directa

Maquina exterior → Condensación directa por aire.

En el estudio se han tenido en cuenta por petición del cliente principalmente criterios económicos (tanto para la instalación como para la explotación y consumo), facilidad de montaje y mantenimiento. Más adelante estudiaremos el número de maquinas a instalar dependiendo del modelo (potencia que se elija) y la publicación de las mismas.

La ventilación la haremos por un circuito independiente en el que extraeremos aire del local directamente al exterior por medio de la bomba.

La renovación se realizará sacando un conducto directamente de la máquina (viene preparada para ello) al exterior. La regulación del caudal se hará a través de un motor (ventilador) suplementario opcional que se compra con la máquina, el caudal se regulará con un regulador de velocidad del motor según las instrucciones del mismo.

Para una mejor distribución del caudal del aire impulsado y con el objetivo de conseguir una buena distribución de la temperatura interior del local se decide instalar 3 maquinas que teniendo en cuenta la demanda térmica calculada. Serán:

3 UNIDADES X-POWER PLUS ALPINE 65B FORMADA POR:

UNIDAD INTERIOR CARRIER, 40XPK070

UNIDAD EXTERIOR CARRIER, 38XPS065

Ver características técnicas completas en anexo 1



8. CICLO FRIGORÍFICO

Dado que $T_i = 24^\circ\text{C} \rightarrow$ La temperatura de impulsión que se necesita para mantener esta condición de diseño es:

$$T_{\text{imp}} = 15^\circ\text{C}$$

Salto térmico en el evaporador = $10^\circ\text{C} \rightarrow T_{\text{evaporador}} = 10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_{\text{evaporador}} = 10^\circ\text{C}$.

$$T_e = T_{\text{imp}} - \Delta T_e = 15 - 10$$

$$T_e = 5^\circ\text{C}$$

De igual manera lo hacemos para el condensador

Dado que $T_{\text{ext}} = 37.7^\circ\text{C}$

Salto térmico en el condensador = 12°C

$$T_c = T_{\text{ext}} + \Delta T_c = 37.7 + 12 = 49.7^\circ\text{C}$$

$$T_c = 49.7^\circ\text{C}$$

8.1 CICLO TÉRMICO

Con los valores anteriores obtenemos:

$$P_c = P_{\text{alta}} = P_1 = P_4 = 31 \text{ bar}$$

$$P_e = P_{\text{base}} = P_2 = P_3 = 9.5 \text{ bar}$$

$$h_1 = h_2 = 286 \text{ KJ/kg}$$

$$h_3 = 425 \text{ KJ/kg}$$

$$h_4 = 455 \text{ KJ/kg}$$

Representamos ciclo térmico sobre diagrama de Molliere. *DIAGRAMA 1*

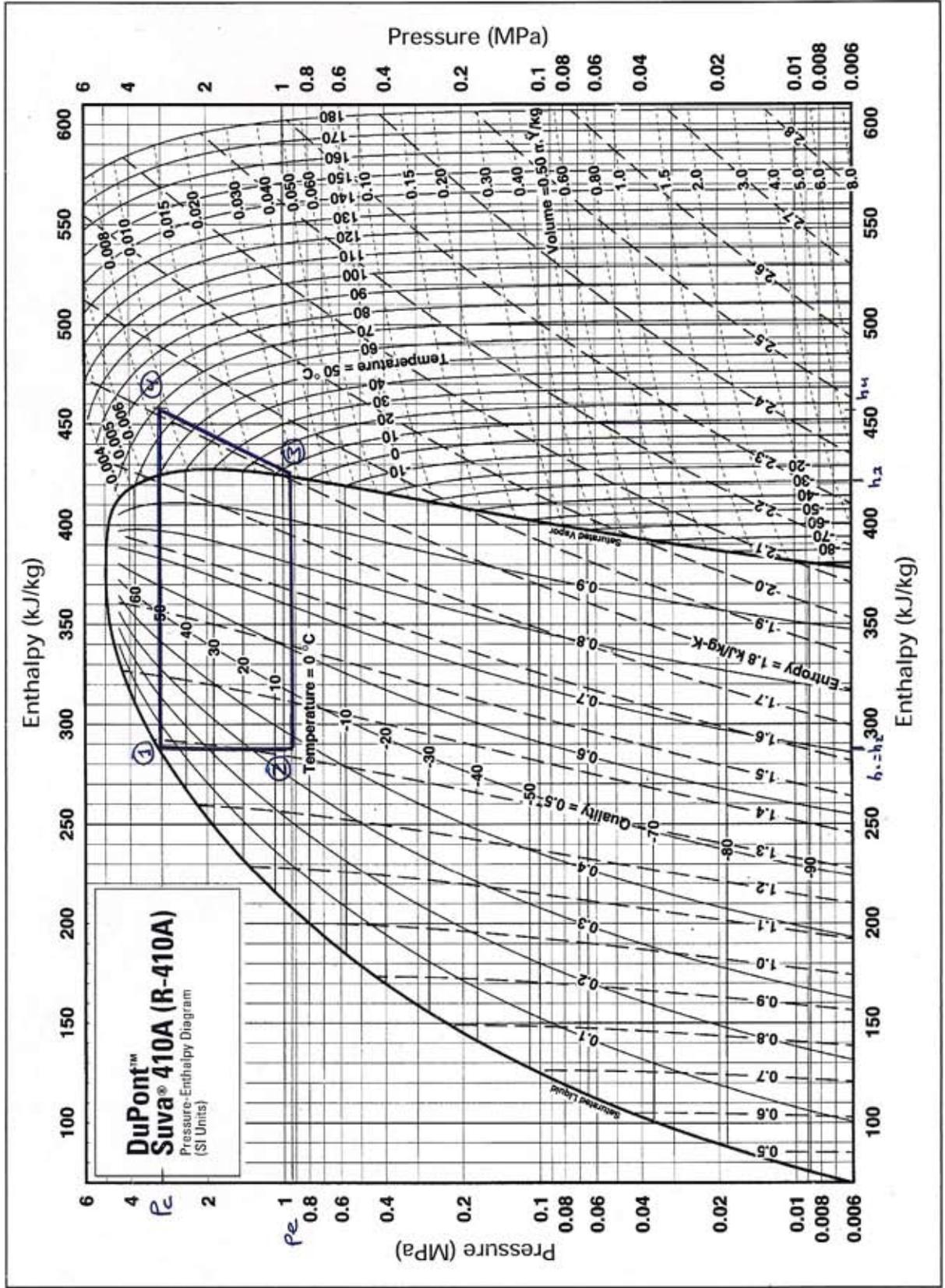


DIAGRAMA 1
CICLO TÉRMICO



8.2 CICLO REAL

En un ciclo se presentan numerosas pérdidas pudiendo ser estas externas o internas

8.2.1 Pérdidas internas

Tienen su origen en las transformaciones termodinámicas del refrigerante y en las condiciones de trabajo de los componentes del ciclo frigorífico siendo las siguientes:

8.2.1.1 Intercambiadores de área finita

Tanto el condensador como el evaporador con intercambiadores de calor de área finita por lo tanto necesitan la existencia de una diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el aire para conseguir la climatización deseada. Estas pérdidas ya las hemos tenido en cuenta en el ciclo ideal anterior.

8.1.1.2 Pérdidas de carga

Son las producidas por el rozamiento del fluido con las paredes de la tubería, rozamiento entre moléculas del refrigerante, codos, filtros, válvulas, grifos, etc.

Las más importantes y las que vamos a tener en consideración son las originadas en el evaporador 10% y en el condensador 5%. Estas consideraciones son las normalmente elegidas tras ensayos experimentales.

$$P_{er} = P_e \cdot 0.9 = 9.5 \cdot 0.9 = 8.55 \text{ bar} \quad \rightarrow P_{er} = 8.55 \text{ bar}$$

$$P_{cr} = P_c \cdot 1.05 = 31 \cdot 1.05 = 32.55 \text{ bar} \quad \rightarrow P_{cr} = 32.55 \text{ bar}$$

Estas pérdidas no las representaremos en el diagrama ya que debido a la escala del que tenemos disponibles apenas habrá diferencia apreciable.

$$Z_{c2} = \text{Relación de compresor real} = \frac{P_{c2}}{P_{e2}} = \frac{32.55}{8.55} = 3.81$$



$$Z_{c2} = 3.81$$

8.2.1.3 Subenfriamiento y recalentamiento

En el punto 3 del ciclo (entrada al compresor) tenemos vapor saturado, es decir trabajamos en "régimen seco" Esto presenta el riesgo de que pueda existir un presencia de fase condensada en el proceso de compresión o lo que es lo mismo "golpe de líquido" pudiendo presentar graves problemas al compresor.

Para evitarlo debemos trabajar en régimen seco sobrecalentado, es decir que llegue el compresor vapor sobrecalentado. Para ello se introduce un intercambiador intermedio , por un lado la línea de entrada al compresor y por el otro la línea de salida del condensador, obteniendo así recalentamiento y subenfriamiento

$$C_p \text{ liq} = 2 C_p \text{ vap}$$

$$2\Delta t_L = \Delta t_v$$

$\Delta t_v = 6 \div 20^\circ \text{C} \rightarrow$ cuanto mayor sea el Δt_v más protegeremos al compresor pero también tenemos mayores pérdidas. Por ello elegimos:

$$\Delta t_v = 12^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_L = \frac{\Delta t_v}{2} = \frac{12}{2} = 6^\circ \text{C}$$

Con estos valores desplazamos los puntos 1 y 3 del ciclo ideal anterior obteniendo el siguiente ciclo.

DIAGRAMA 2



8.2.1.4 Compresión irreversible

En el proceso de compresión existen irreversibilidades (perdidas a la hora de comprimir). Estas son producidas por:

- Intercambio de calor entre el refrigerante y las paredes del cilindro
- Espacios muertos en el cilindro
- Perdidas de carga en la aspiración e impulsión
- Fugas del refrigerante entre pistón y cilindro
- Rozamiento entre las moléculas del refrigerante
- Mezcla del refrigerante con el aceite del compresor

Si tenemos en cuenta estas irreversibilidades trabajaremos con el R_i (rendimiento indicado) que no es más que la relación entre el trabajo realizado en la compresión isentropica y el realizado en la compresión real.

$$R_i = \frac{h_4 - h_3}{h_s - h_3} \rightarrow h_s = \frac{h_4 - h_3}{R_i} + h_3$$

Para obtener el rendimiento indicado del R-410A nos basaremos en la gráfica de R22 ya que no se dispone de la del R-410 y teniendo en cuenta que la relación de compresión de ambos refrigerantes es muy parecida.

Gráfico R_i de R22 hoja 6 del proyecto de alumnos

Entramos con $Z_c = 3.81 \rightarrow$ sacamos $R_i = 0.76$

Por lo tanto

$$h_s = \frac{h_4' - h_3'}{R_i} + h_3 = \frac{471.94 - 436.11}{0.76} + 436.11 = 483.25 \text{ KJ/Kg}$$

Con este gráfico sacamos ya un dato importante como la T_{des} con el cual comprobaremos si el aceite empleado en el compresor es el indicado.

$$T_{des} = 88^\circ\text{C}$$



8.2.1 Pérdidas externas

Son las pérdidas no atribuibles al ciclo sino a la máquina;

- Transmisión de calor entre componentes de la máquina y el aire de su sala.
- Conversión de la energía eléctrica en mecánica.
- Pérdidas de los componentes que tienen rozamiento.

Para valorarlos necesitamos conocer los rendimientos mecánicos y eléctricos. Estos datos se conocen de manera experimental.

$$R_m = 0.75$$

$$R_e = 0.8$$



9. POTENCIAS

9.1 Potencias indicadas por unidad de masa

- Compresor $\rightarrow W_{i \text{ comp}} = h_5 - h_3' = 483.25 - 436.11 = 47.14 \text{ KJ/kg.}$
- Evaporador $\rightarrow W_{i \text{ e}} = h_3 - h_2' = 425 - 267.22 = 157.78 \text{ KJ/kg.}$
- Condensador $\rightarrow W_{i \text{ c}} = h_5 - h_1 = 483.25 - 286 = 197.25 \text{ KJ/kg.}$

9.2 Potencias mecánica y eléctrica del compresor por unidad de masa

$$W_{m \text{ comp}} = \frac{W_{i \text{ com}}}{R_m} = \frac{47.14}{0.75} = 62.85 \text{ KJ/kg}$$

$$W_{e \text{ comp (motor electrico)}} = \frac{W_{i \text{ com}}}{R_m \cdot R_e} = \frac{47.14}{0.75 \cdot 0.8} = 70.62 \text{ KJ/kg}$$

9.3 Potencias reales

Para calcularlas necesitamos el caudal del refrigerante que circula por el circuito. Lo calcularemos la carga térmica hallada entre la potencia del condensador.

$$m_2 = \frac{Q_E}{q_e}$$

$$Q_E = 14.47 \text{ KW}$$

$$q_e = W_{ie} = 157.78 \text{ KJ/kg}$$

$$m_2 = \frac{14473}{157.780} = 0.092 \text{ Kg/s}$$

$$W_{\text{com}} = W_{e \text{ comp}} \cdot m_2 = 70.62 \cdot 0.092 = 6.49 \text{ KW}$$

$$W_{\text{cond}} = W_{\text{cond}} \cdot m_2 = 197.25 \cdot 0.092 = 18.09 \text{ KW}$$

$$W_{\text{evap}} = W_{\text{evap}} \cdot m_2 = 157.78 \cdot 0.092 = 14.47 \text{ KW}$$

Potencias equipos auxiliares (ventiladores)

Estimamos un salto térmico en el fluido secundario (aire) de 9°C tanto para el condensador como para el evaporador.

$$M_{aire\ cond} = \frac{W_{cond}}{C_{p\ aire} \cdot \Delta T_{aire\ cond}} = \frac{18090}{1004 \cdot 9} = 2.01\ Kg/s$$

$$M_{aire\ evap} = \frac{W_{evap}}{C_{p\ aire} \cdot \Delta T_{aire\ evap}} = \frac{14473}{1004 \cdot 9} = 1.60\ Kg/s$$

Suponiendo un salto de presión de 100 Pa en el evaporador y 200 Pa en el condensador y que los rendimientos son del 0.75 sacamos las potencias:

$$V_{vent\ cond} = \frac{\Delta P_{cond} \cdot M_{aire\ cond}}{e_{aire} \cdot R_{cond}} = \frac{200 \cdot 2.01}{1.2 \cdot 0.75} = 444.89\ W$$

$$\mathbf{V_{vent\ cond} = 444.89\ W}$$

$$V_{vent\ evap} = \frac{\Delta P_{evap} \cdot M_{aire\ evap}}{e_{aire} \cdot R_{evap}} = \frac{100 \cdot 1.60}{1.2 \cdot 0.75} = 177.78\ W$$

$$\mathbf{V_{vent\ evap} = 177.78\ W}$$

9.4 COP's

$$\text{Ideal} \rightarrow \text{COP} = \frac{q_e}{W_{ideal}} = \frac{h_3 - h_2'}{h_4' - h_3'} = \frac{425 - 267.22}{471.94 - 436.11} = 4.40$$

$$\text{Mecánico} \rightarrow \text{COP} \cdot R_i \cdot R_m = 4.40 \cdot 0.76 \cdot 0.75 = 2.51$$

$$\text{Eléctrico} \rightarrow \text{COP} \cdot R_i \cdot R_m \cdot R_e = 4.40 \cdot 0.76 \cdot 0.75 \cdot 0.8 = 2.01$$

$$\text{Real} \rightarrow \text{COP}_{\text{realelec}} = \frac{Q_e}{W_{elcomp} + W_{ventevap} + W_{ventcond}} = \frac{14.473}{7.21 + 0.44 + 0.177} = 1.85$$

$$\text{COP}_{\text{real elec}} = 1.85$$



10. CONSUMO ELECTRICO

Consiste en la suma de los consumos de cada uno de los componentes que forman la instalación para la máxima demanda calculada.

$$W = W_{\text{com}} + W_{\text{vent cond}} + W_{\text{vent evap}} = 7.21 + 0.445 + 0.178$$

$$\mathbf{W = 7.83 KWh}$$



11. EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL

Las instalaciones frigoríficas afectan al medio ambiente principalmente de dos formas

1 DESTRUCCIÓN DEL OZONO

Cuando se fugan, parte de los refrigerantes alcanzan la estratosfera y allí se quedan expuestos a la acción de la luz ultravioleta del sol. Esto produce una reacción química cuya consecuencia es la destrucción del ozono, por lo tanto lo que hacemos es reducir la concentración de ozono de la estratosfera.

La misión del ozono es absorber las radiaciones ultravioletas de mayor energía impidiendo que estas incidan en la superficie de la tierra, preservando de esta forma la vida en el planeta.

2 EFECTO INVERNADERO

En la composición de la atmosfera intervienen gases naturales como el dióxido de carbono, metano, vapor de agua, ozono, etc.. los cuales impiden que la radiación infrarroja emitida por la tierra salga al espacio exterior, por lo tanto se comportan como un aislante térmico del planeta. A estos gases se los denomina como efecto invernadero.

Los refrigerantes utilizados en la industria del frío, una vez dispersados a la atmosfera, además del ya mencionado efecto sobre el ozono tienen la propiedad de ser opacos (impedir la radiación infrarroja) por lo tanto este efecto se sumará al efecto invernadero producido por los gases naturales, rompiendo el equilibrio existente y haciendo que disminuya la radiación infrarroja emitida al espacio exterior y en consecuencia impidiendo que se enfríe la tierra => CALENTAMIENTO GLOBAL

Existen dos tipos de potencial efecto invernadero:



11.1 Potencial de efecto invernadero directo (PEID)

Consiste en la capacidad que tiene un refrigerante una vez eliminado a la atmosfera de interceptar la radiación emitida por la tierra.

$$PEID = f \cdot c \cdot Peid \cdot N$$

$$Peid \text{ R410A} = 3400 \text{ (a horizonte temporal de 20 años)}$$

XVII Curso de Mayores de la construcción. Seminario S7 Habitabilidad edificatoria impartido por D. Marcelo Izquierdo Millán Departamento de Edificación y Habitabilidad, Instituto de C. C. Eduardo Torroja Unidad Asociada de Ingeniería Térmica y de Fluidos CSIC-UC3M

$$f \rightarrow 10\%$$

C → depende de la instalación. Experimentalmente se estima = 0.32 kg/W, como la potencia es 14.47 KW ,

$$C = 4.63 \text{ Kg refig.}$$

N = suponemos una vida útil de la instalación de 20 años.

R410A

$$PEID = f \cdot c \cdot Peid \cdot N$$

$$PEID = 0.1 \cdot 4.63 \cdot 20 \cdot 3400 = 31484 \text{ kg CO}_2$$

$$\mathbf{PEID_{R410A} = 31484 \text{ kg CO}_2 \text{ Equivalente}}$$

11.2 Potencial de efecto invernadero indirecto (PEII)

$$PEII = (Wc + Waux) \cdot peii \cdot N \cdot m$$

$$Wc = (5.73 + 0.445 + 0.178) \text{ kW}$$

$$Peii = 0.594 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$$

$$N = 20 \text{ años}$$

$$m = 1200 \text{ h/ año}$$



$$\text{PEII} = 6.353 \cdot 0.594 \cdot 20 \cdot 1200$$

$$\text{PEII}_{\text{R410A}} = 90568.4 \text{ kg CO2 Equivalente}$$

11.3 Potencial total de calentamiento

$$\text{PTC} = \text{PEID} + \text{PEII}$$

$$\text{R410 A} \rightarrow \text{PTC} = 104370 + 90568 = 194938 \text{ kg CO2}$$

$$\text{PTC}_{\text{R410A}} = 194938 \text{ kg equivalente CO2}$$

12. SIMULACION ANUAL

Para realizar una simulación anual tomaremos como única variable la evolución temperatura exterior a lo largo de todo el año, tomando valores cada 10 min durante las 24h del día y los 365 días del año. Como referencia trabajaremos con las temperaturas tomadas en el año 2009.

Para poder realizar la simulación el primer paso será calcular la evolución de la carga térmica que tendrá que combatir la instalación.

12.1 Evolución de la temperatura

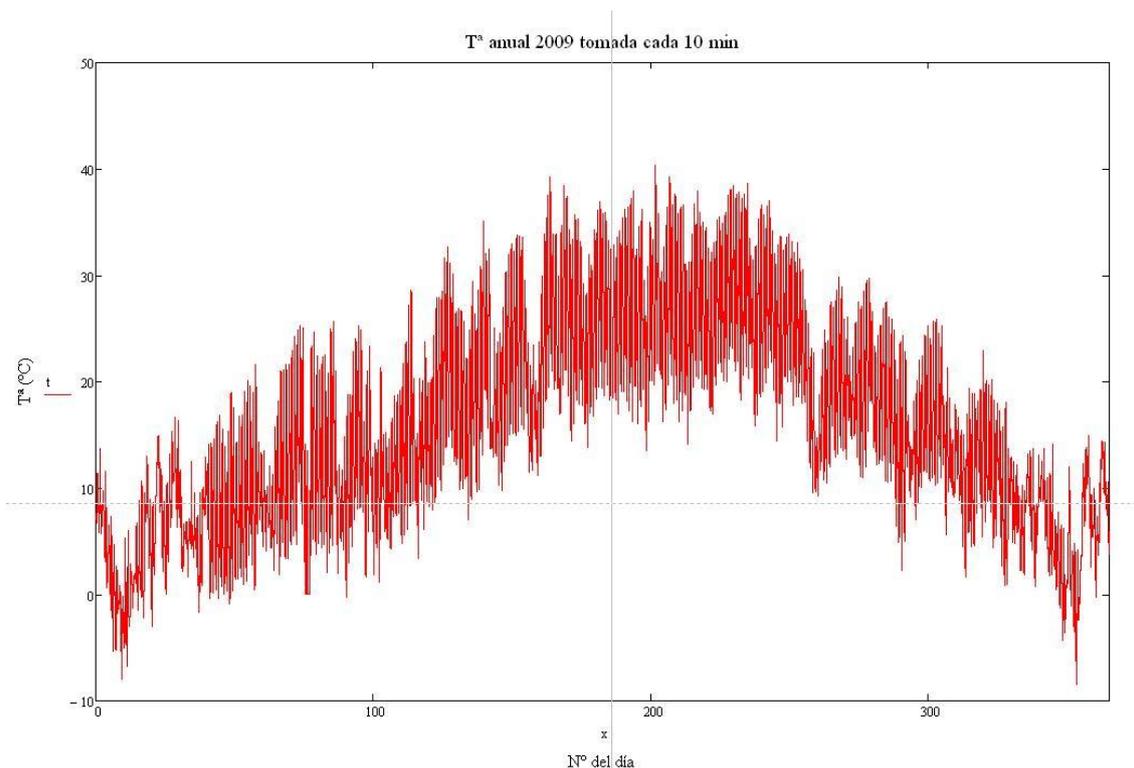


Figura 17. Evolución de la T_{EXT} 2009 tomada cada 10 minutos

Datos importantes a destacar de este gráfico:

Día más caluroso: 21 de Julio a las 14.30h => 40.4°C

Día más frio: 20 de enero a las 8.00h => -8.5°C



12.2 Simulación de la carga térmica

En la primera parte del proyecto se analizó la carga térmica máxima según la normativa vigente y con las condiciones más extremas. Con el fin de dimensionar la máquina para combatir esta carga en las peores condiciones. Esto es:

Temperatura externa máxima 37.7°C → Julio a las 15.00h

Cargas internas al 100%:

- Toda la iluminación encendida
- Ocupación máxima (personas)
- Maquinaria a máxima potencia
- Radiación solar evaluada a las 15.00h

Sin embargo estas condiciones no serán realmente las habituales para una simulación anual día a día. Por ello, y con el fin de ajustarnos lo más posible a unas condiciones medias habituales tomaremos lo siguiente:

Tint → 25°C Según la Instrucción Técnica IT 1.1.4.1.2. las condiciones interiores de diseño se fijarán en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta variando entre 23 y 25 grados en verano.

25°C es la decisión tomada por el gerente del negocio con el fin de conseguir ahorro desde el punto de vista económico y medioambiental.

Iluminación → Debido a la gran superficie acristalada con la que cuenta el local durante las horas de servicio solo se utilizara de media el 40% de la iluminación.

Equipos y maquinaria e instalación → Se estima que funcionaran al 50%.

Radiación solar → La calculada corresponde a las 15.00 en un día totalmente despejado. Como el horario de servicio es de 8 a 20h se estima que la carga debida a la radiación solar será como media de un 40% de la calculada.

Con estas condiciones calculamos la carga térmica en función de la Text.



Carga a través de paredes y techos

- Fachada norte $\rightarrow Q = 56.67 \cdot 0.39 (T_{ext} - 25)$
- Fachada oeste $\rightarrow Q = 37.51 \cdot 0.39 (T_{ext} - 25)$
- Fachada sur $\rightarrow Q = 70.80 \cdot 0.39 (T_{ext} - 25)$
- Fachada este $\rightarrow Q = 41.72 \cdot 0.39 (T_{ext} - 25)$
- Techo $\rightarrow Q = 241.14 \cdot 0.41 (T_{ext} - 25)$

$$Q = 180.12 (T_{ext} - 25)$$

Carga a través de cristales

- Puerta principal $\rightarrow Q = 4.2 \cdot 5 (T_{ext} - 25)$
- Ventana tienda $\rightarrow Q = 4.2 \cdot 5.6 (T_{ext} - 25)$
- Ventanilla tienda $\rightarrow Q = 4.2 \cdot 2.52 (T_{ext} - 25)$

$$Q = 55.10 (T_{ext} - 25)$$

Carga a través de puerta opaca

- Puerta oeste $\rightarrow Q = 4.2 \cdot 5.8 (T_{ext} - 25)$

$$Q = 24.40 (T_{ext} - 25)$$

Transmisión por radiación solar

- Q calculado $\rightarrow 1062.72 \text{ W} \rightarrow$ Estimación del 40%

$$Q = 425.08 \text{ W}$$

Cargas debidas a ventilación

- $Q = 0.13 \cdot 1.25 \cdot 1020 (T_{ext} - 25)$

$$Q = 169.10 (T_{ext} - 25)$$



Cargas debidas a infiltraciones de rendijas y por apertura de puerta de acceso

- Caudal infiltración = 0.006 m₃/s → $Q_{infr} = 0.006 \cdot 1.25 \cdot 1020 (T - 25)$
- Caudal puerta principal = 3.040 m₃/s → $Q_{inf p} = 3.04 \cdot 1.25 \cdot 1020 (T - 25) \cdot 0.055$

$$Q_{inf} = Q_{inf r} + Q_{inf p} = 220.695(T - 25)$$

Cargas internas

$$Q_{personas} = 284 \text{ W}$$

$$Q_{equipos \text{ y } maquinas} = 0.5 \cdot 481 = 240.5 \text{ W}$$

$$Q_{iluminacion} = 0.4 \cdot 4487.5 = 1795 \text{ W}$$

$$Q_{instalacion} = 0.5 \cdot 780 = 390 \text{ W}$$

$$Q_{int} = 2709.5 \text{ W}$$

$$Q_T = \Sigma Q$$

$$Q_T = 649.422 (T_{ext} - 25) + 3134.59 \text{ W}$$

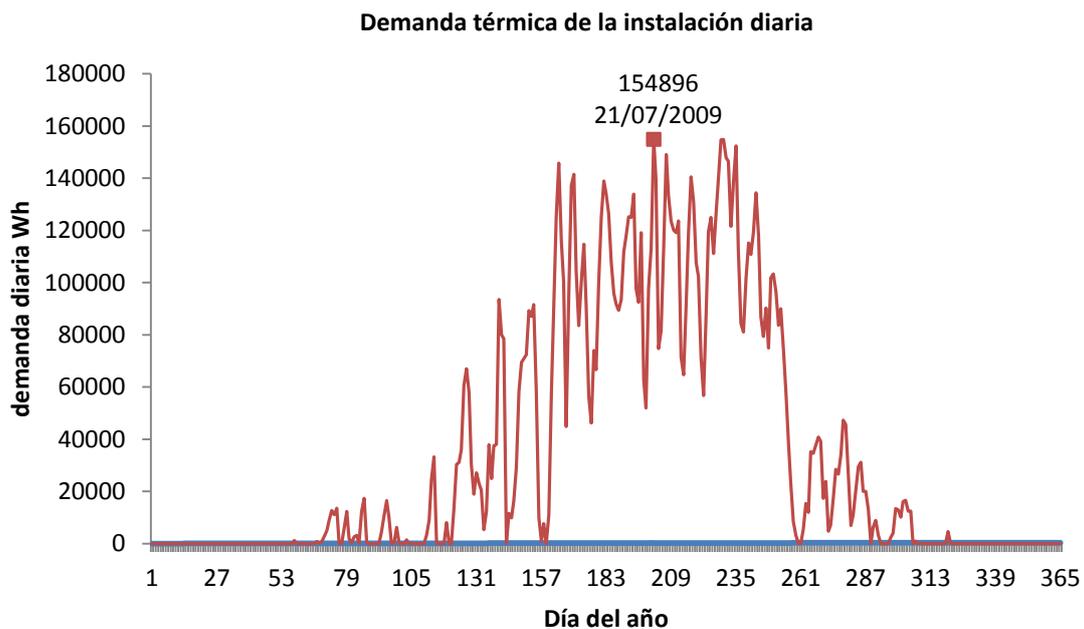


Figura 20. Demanda térmica de la instalación diaria



El gráfico de la *figura 20* nos muestra la demanda térmica de la instalación acumulada en cada día para todo el año.

El día 20/07/2009 obtenemos la máxima demanda con 155 KWh

El área resultante supone el total de la demanda termina durante todo el año correspondiéndole un valor de 12682 KWh anuales

12.3 Simulación de los parámetros de funcionamiento

El objetivo será simular el ciclo térmico en función de la temperatura exterior. Para ello tendremos que tener localizados en todo momento los 4 puntos del gráfico en base a la Text.

12.3.1 Entalpia del punto 3' en función de la Text

La temperatura del evaporador es una constante ya que es la condición de diseño y no depende de la Text:

$T_i = 24^{\circ}\text{C}$	→ condición de diseño
$T_{imp} = 15^{\circ}\text{C}$	→ necesaria para conseguir la T_i buscada
$\Delta T_{\text{evaporador}} = 10^{\circ}\text{C}$	→ salto térmico en el evaporador

Por lo tanto $T_e = 5^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{cte}$

Observamos pues que el punto 3 (diagrama 1) y por ello el punto 3' (diagrama 2) son fijos y no depende de la Text.

Punto 3 → $T=5$

Punto 3' → $T=5+12 \rightarrow$ Fijamos este punto en el diagrama 3

$$h_{3'} = 438.89 \text{ KJ/kg}$$

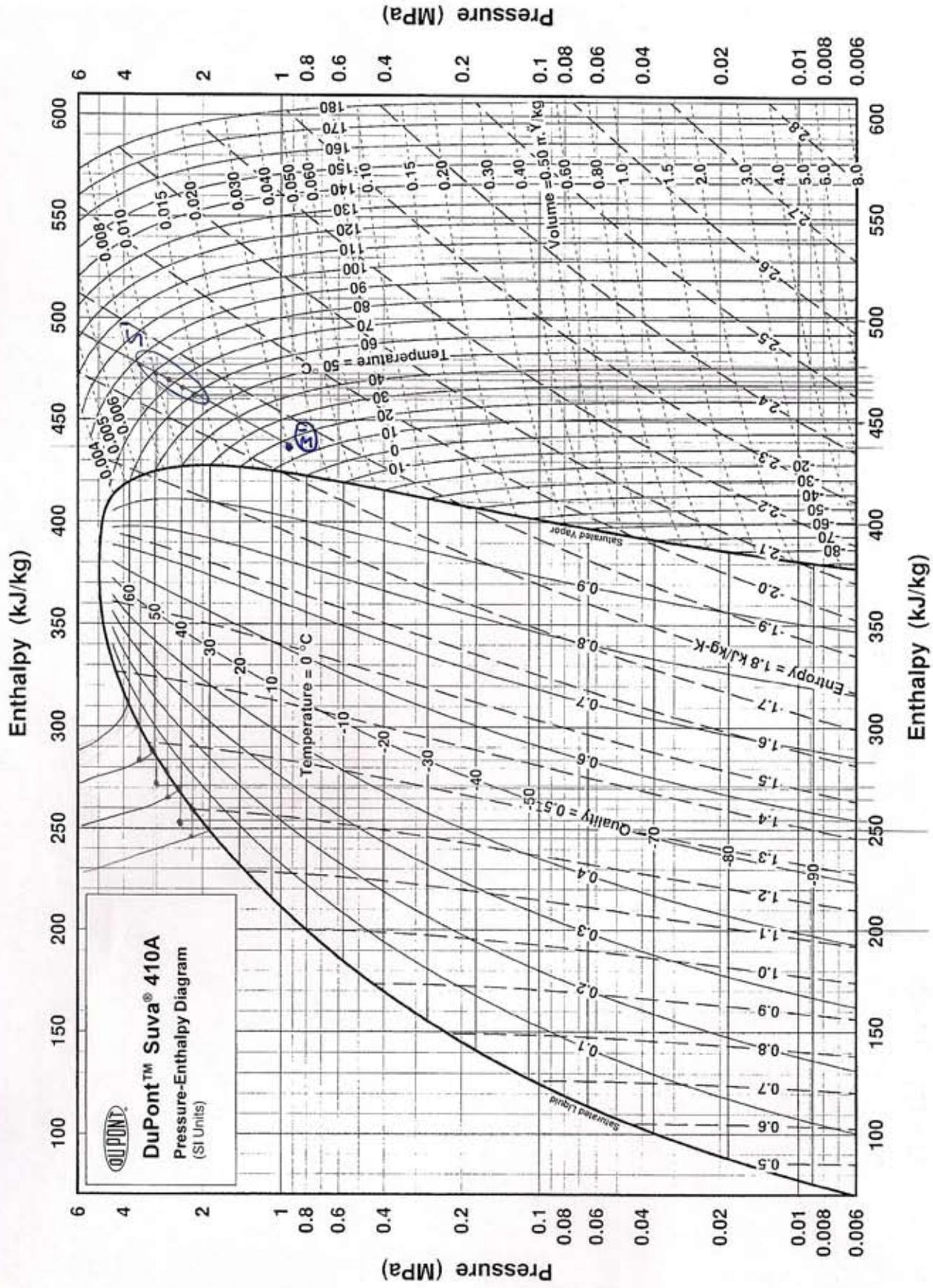


DIAGRAMA 3
OBTENCIÓN DEL PUNTO 5 EN FUNCIÓN DE LA Tª EXTERIOR



12.3.2 Obtención de la entalpia del punto 5' (diagrama 3) en función de la T_{ext}

En el apartado anterior vimos que la temperatura de evaporación no varía respecto a la T_{ext} pero en la temperatura del condensador T_c sí que está afectada por la T_{ext} .

$$T_c = T_{ext} + \Delta T_c \rightarrow \Delta T_c = \text{salto térmico en el condensador} = 12^\circ\text{C}$$

$$T_c = T_{ext} + 12$$

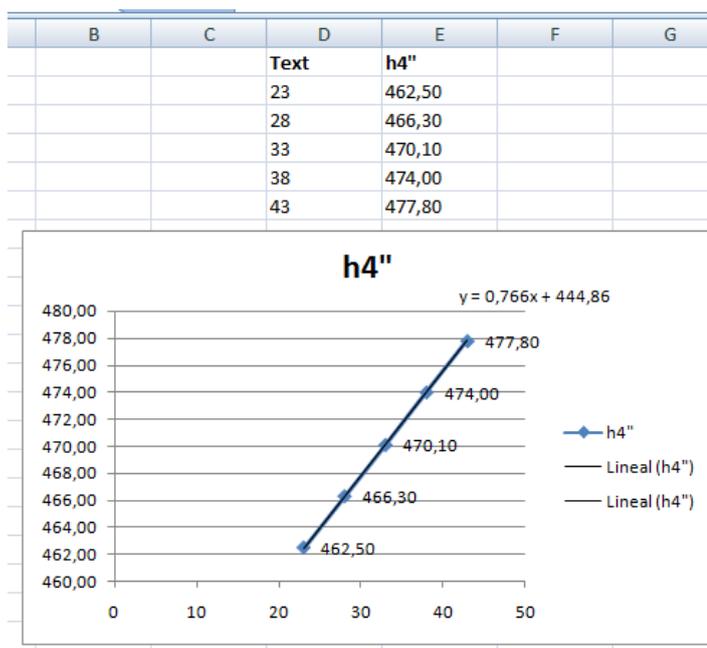
Para hallar el punto 5' (diagrama 3) necesitamos antes obtener el 4' (diagrama 2) en función de la T_{ext} . Para ello y sobre el gráfico 3 trazamos una línea isentrópica desde 3' y sacamos los valores de la entalpia de una serie de puntos de esta recta consiguiendo así la siguiente tabla.

T_{ext}	T_c	$h_{4'}$
23	35	462.5
28	40	466.3
33	45	470.1
38	50	474.0
43	55	477.8

Figura 21. Tabla $h_{4'}$ según diagrama 2

Rango de trabajo \rightarrow Para todas las simulaciones vamos a tener en cuenta que la máquina tendrá posibilidad de trabajar solo cuando la T_{ext} supere los 23°C .

Con la ayuda de Excel representamos estos datos y ajustamos a una recta obteniendo de esta forma la expresión lineal de la entalpia del punto 4' en función de la T_{ext} .


 Figura 22. h_4' en función de la T_{EXT}

$$T_{4'} = 0.766 (T_{ext}) + 444.86$$

Una vez conocemos h_4' podemos obtener h_5 :

$$h_s = \frac{h_4' - h_3'}{R_i} = \frac{0.766(\text{Text}) + 444.86 - 436.11}{0.76} + 436.11$$

$$h_s = \frac{0.766(\text{Text}) + 8.75}{0.76} + 436.11 \text{ KJ/kg}$$

12.3.3 Obtención de la entalpia del punto 1' (diagrama 2) en función de la Text

El procedimiento de cálculo será el mismo que realizamos para la obtención del punto 4. Tenemos en cuenta que hay un subenfriamiento de $6^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_c = 6^\circ\text{C}$.

T_c	T_{ext}	$h_{1'}$
35	23	245
40	28	255
45	33	265
50	38	272
55	43	286

 Figura 23. Tabla $h_{1'}$ según diagrama 2



Al igual que hicimos anteriormente representamos en Excel y ajustamos a una recta.

$$h_{1'} = 2T_{\text{ext}} + 198.8 \text{ KJ/kg}$$

12.3.4 Obtención de la entalpia del punto 2' en función de la Text

$$h_{2'} = h_{1'} = 2T_{\text{ext}} + 198.8$$

$$h_{2'} = 2T_{\text{ext}} + 198.8 \text{ KJ/kg}$$

12.4 Potencias

12.4.1 Potencias indicadas de los componentes principales

$$\text{compresor} \rightarrow W_{i \text{ comp}} = h_{5'} - h_{3'} = \frac{0.766(\text{Text}) + 8.75}{0.76} + 436.11 - 438.89$$

$$W_{i \text{ comp}} = \frac{0.766(\text{Text}) + 8.75}{0.76} - 2.78 \text{ KJ/kg}$$

$$\text{evaporador} \rightarrow W_{i \text{ evap}} = h_{3'} - h_{2'} = 438.89 - (2\text{Text} + 198.8)$$

$$W_{i \text{ evap}} = 240.09 - 2\text{Text} \text{ KJ/kg}$$

$$\text{condensador} \rightarrow W_{\text{cond}} = h_5 - h_1 = \frac{0.766(\text{Text}) + 8.75}{0.76} + 436.11 - (2\text{Text} + 198.8)$$

$$W_{\text{cond}} = \frac{0.766(\text{Text}) + 8.75}{0.76} - 2\text{Text} + 237.31 \text{ KJ/kg}$$

Potencia eléctrica del compresor:

$$W_{\text{e comp}} = \frac{W_{i \text{ comp}}}{R_m \cdot R_e} = \frac{(0.766(\text{Text}) + 8.75)/0.76 - 2.78}{0.75 \cdot 0.8}$$

$$W_{\text{e comp}} = \frac{W_{i \text{ comp}}}{R_m \cdot R_e} = \frac{(0.766(\text{Text}) + 8.75)}{0.456} - 4.63 \text{ KJ/kg}$$



12.4.2 Potencias reales de los componentes principales

Caudal de refrigerante $\rightarrow m_r = Q_T / q_e$

$$W_{\text{com}} = W_{\text{ecom}} \cdot m_r = \frac{(0.766(T_{\text{ext}}) + 8.75)}{0.456} - 4.63 \cdot \frac{Q_T}{240.09 - 2T_{\text{ext}}}$$

$$W_{\text{cond}} = W_{\text{cond}} \cdot m_r = \frac{(0.766(T_{\text{ext}}) + 8.75)}{0.76} - 2T_{\text{ext}} + 237.31 \cdot \frac{Q_T}{240.09 - 2T_{\text{ext}}}$$

Donde Q_T depende de la T_{ext} y la tenemos representada en el apartado 8.2.

$$W_{\text{evap}} = Q_T$$

Representamos estas potencias en función de la T_{ext} que tenemos cada 10mm a lo largo de todo el año. Como vimos en el apartado 8.2 para unas temperaturas por debajo de 20/21°C la carga térmica a combatir es negativa, por lo que para esas condiciones la máquina no es necesario que trabaje.

Si la carga es negativa las potencias también lo serán por lo tanto en un segundo gráfico representamos solo las potencias positivas que corresponderán a los que trabaja la máquina.

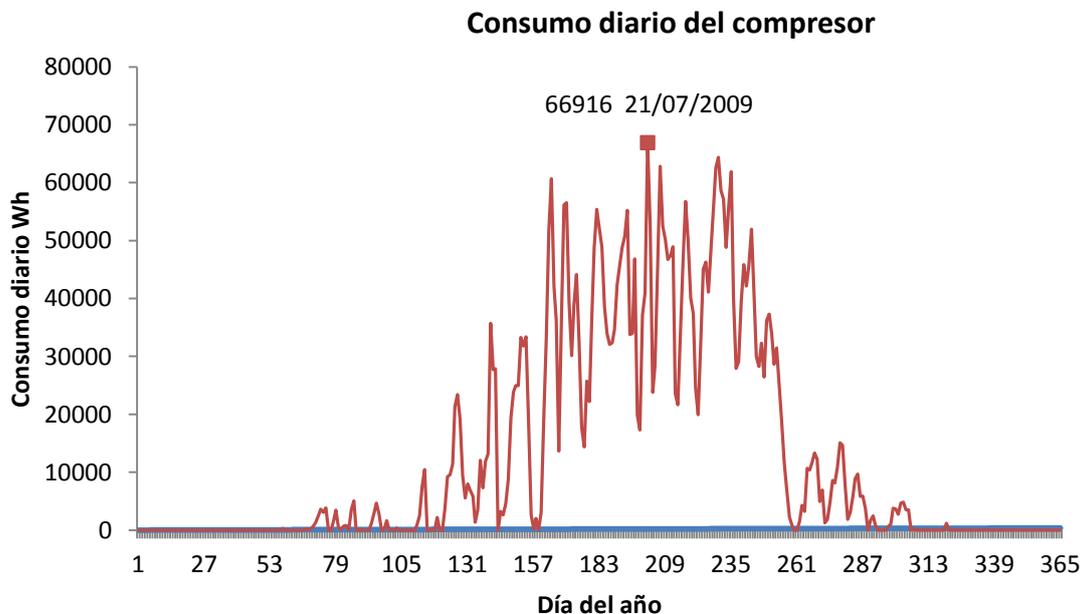


Figura 24. Consumo diario del compresor

Del gráfico de la figura 24 podemos destacar lo siguiente:



- Consumo máximo del compresor se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 66.9KWh
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 4639 KWh

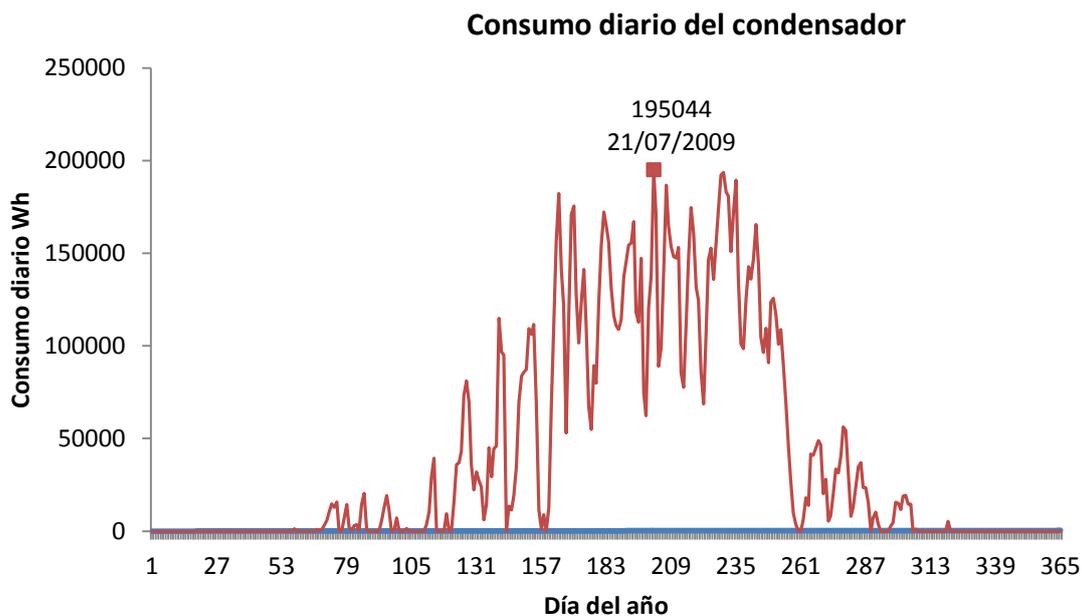


Figura 25. Consumo diario del condensador

Del gráfico de la *figura 25* podemos destacar lo siguiente:

- Conscientes de que en refrigeración un condensador no consume electricidad se considera de interés mostrar este gráfico
- Consumo máximo del condensador se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 195 KWh
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 15466 KWh

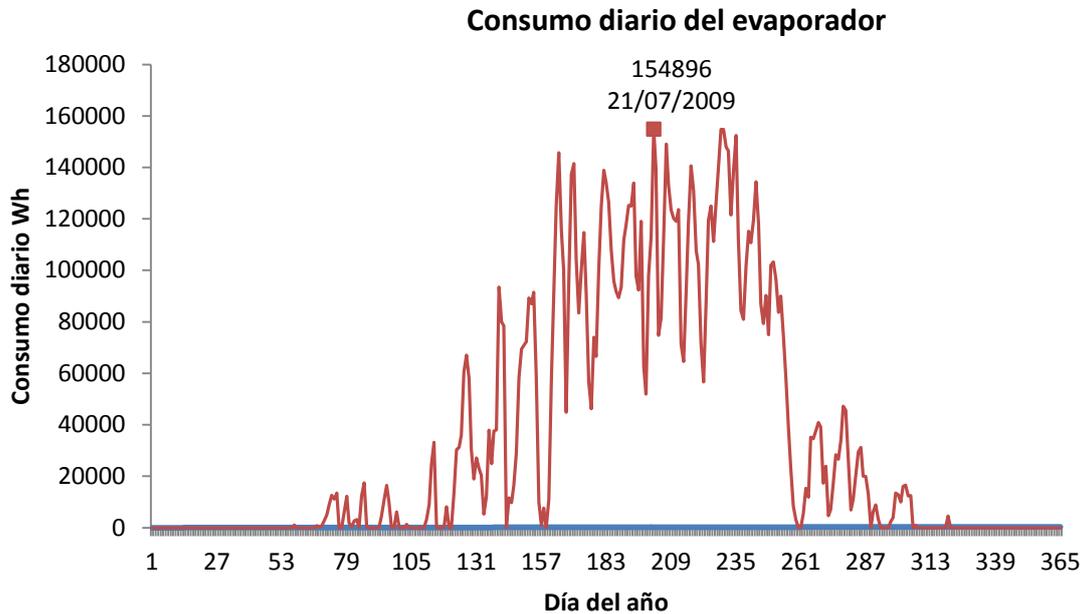


Figura 26. Consumo diario del evaporador

Del gráfico de la *figura 26* podemos destacar lo siguiente:

- Consumo máximo del evaporador se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 155 KWh
- Calculando con el programa informático el área del gráfico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 12682 KWh

12.4.3 Potencias de equipos auxiliares

$$M_{aire,cond} = \frac{W_{cond}}{C_{p\ aire}, \Delta T_{aire\ cond}}$$

$$W_{aire,evap} = \frac{W_{evap}}{C_{p\ aire}, \Delta T_{aire\ evap}}$$

$$W_{vent,cond} = \frac{\Delta P_{cond, M_{aire\ cond}}}{\rho_{aire} \cdot R_{cond}}$$

$$W_{vent,evap} = \frac{\Delta P_{evap, M_{aire\ evap}}}{\rho_{aire} \cdot R_{evap}}$$



Utilizamos las mismas condiciones y formulaciones que hicimos en el apartado 9.3

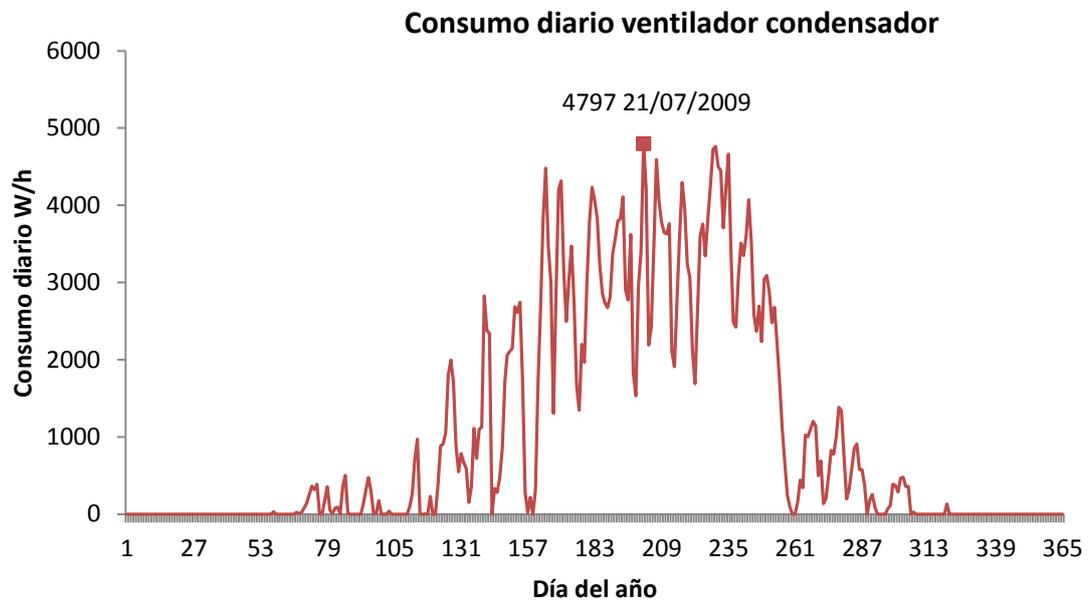


Figura 27. Consumo diario del ventilador del condensador

Del gráfico de la *figura 27* podemos destacar lo siguiente:

- Consumo máximo del evaporador se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 4.8 KWh
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 380 KWh

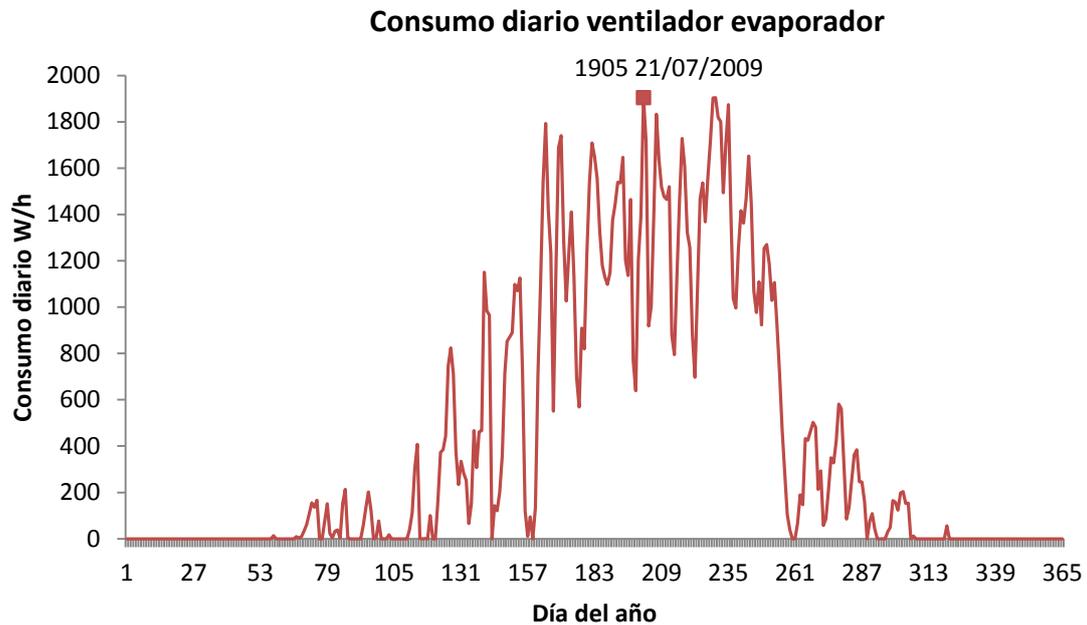


Figura 28. Consumo diario del ventilador del evaporador

Del gráfico de la *figura 28* podemos destacar lo siguiente:

- Consumo máximo del evaporador se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 1.9 KWh
- Calculando con el programa informático el área del gráfico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 156 KWh

12.5 COP

$$COP_{real\ elec} = \frac{Q_e}{W_{el,comp} + W_{vent\ evap} + W_{vent,cond}}$$

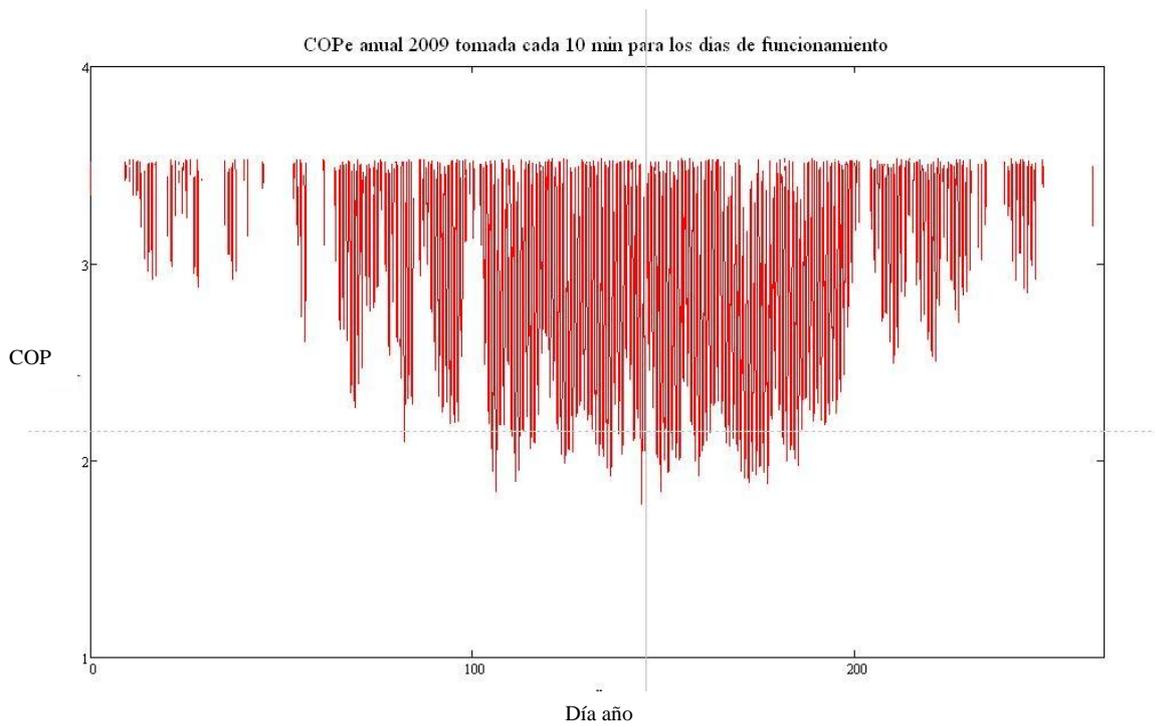


Figura 29. COP anual para los días de funcionamiento

12.6 Consumo eléctrico total tomado cada 10 min

Según vimos en el apartado 10

$$W_{\text{ele}} = W_{\text{comp}} + W_{\text{vent evap}} + W_{\text{vent cond}}$$

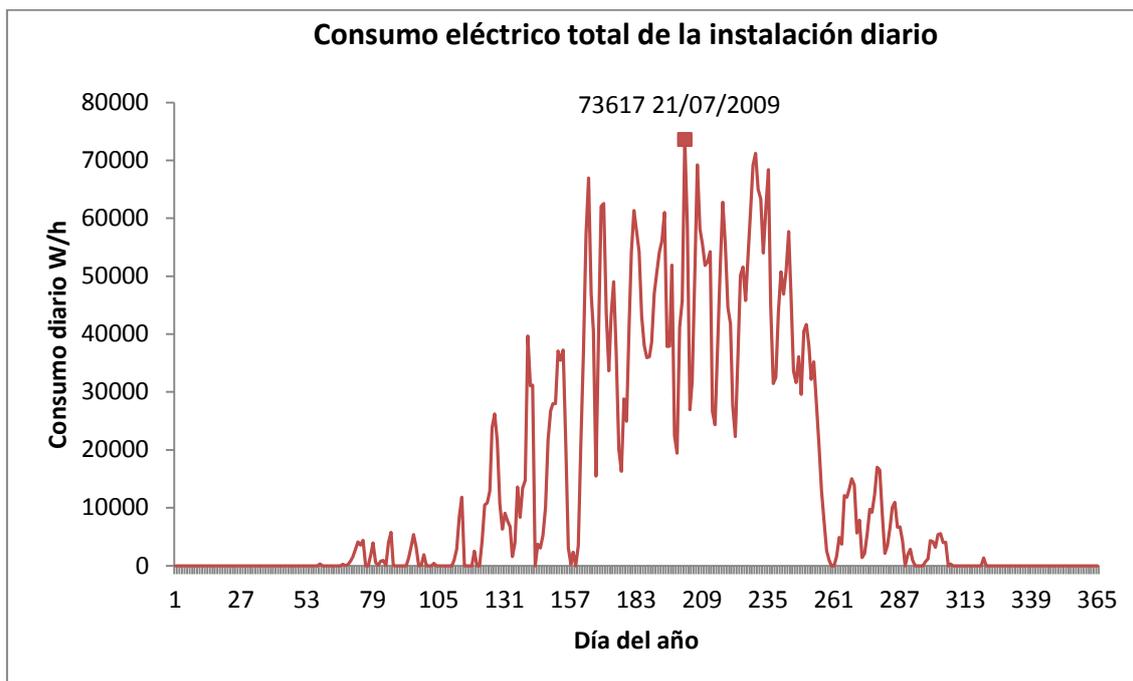


Figura 30. Consumo eléctrico total de la instalación diaria

Del gráfico de la *figura 29* podemos destacar lo siguiente:

- Consumo eléctrico máximo diario se obtiene el día más caluroso (21/07/2009) de 73.6 KWh
- Calculando con el programa informático el área del gráfico obtenemos un consumo acumulado para todo el año del compresor de 5176 KWh

12.7 Consumo eléctrico total durante todo el año

Del apartado anterior tenemos el consumo eléctrico total cada 10 min. Tomando estos datos obtenemos el consumo eléctrico total acumulado en todo el año:

Consumo total acumulado 2009 = 5176,22 KWh



12.8 Coste de la energía total acumulada

Según las siguientes tarifas IBERDROLA para Septiembre de 2011 obtenemos lo siguiente:

Tarifa consumo	=> 0.1423 €/kWh
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 0.4152 €/KW día
Impuesto sobre electricidad	=> 4.73 €/mes
Alquiler de contador	=> 1.16€/mes

Obtenemos el coste anual total

Coste consumo	=> 736.57 €/año
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 3030.96 €/año
Impuesto sobre electricidad	=> 56.76 €/año
Alquiler de contador	=> 13.92 €/año

Coste total electricidad 2009 = 3838.21 €

12.9 Emisiones indirectas de CO2

Como ya se vio en el apartado 11.2 debido a la energía consumida por la instalación se generan unas emisiones de CO2 indirectamente como consecuencia de la producción de esa energía con el siguiente ratio:

CO2 → 0.594 Kg CO2/KWh

Por lo tanto en nuestra instalación obtendremos para todo el año las siguientes emisiones de CO2

Emisiones CO2 = Consumo total acumulado (KWh) · 0.594 Kg CO2/KWh

Emisiones CO2 = 5176.22 · 0.594 = 3074.67 Kg CO2

Emisiones CO2 acumuladas 2009 = 3074.67 Kg CO2 equivalente

13. SIMULACIÓN DE DOS DÍAS REPRESENTATIVOS

Para realizar esta simulación elegiremos dos días concretos del año 2009. Un día intermedio en cuanto a temperaturas se refiere y el día más caluroso. Estos días serán:

Día intermedio elegido 16/06/2009 → Tmax 29.3°C

Día más caluroso 21/07/2009 → Tmax 40.4°C

13.1 Simulación día intermedio

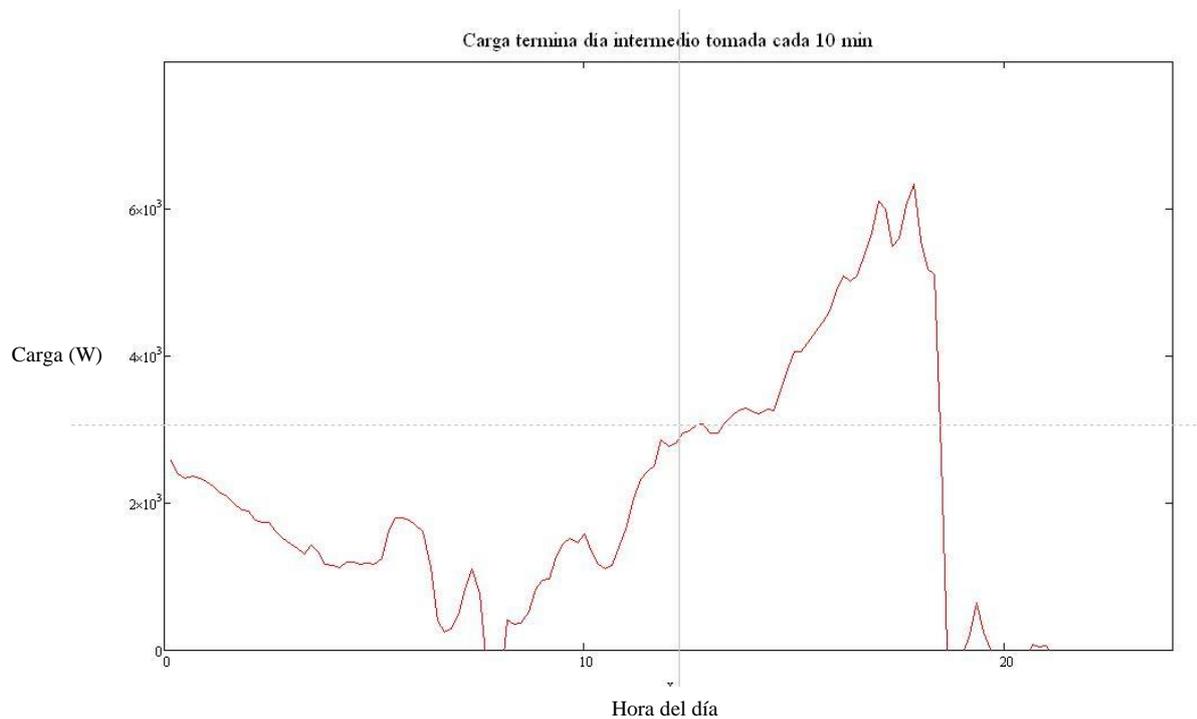


Figura 31. Carga térmica instantánea tomada cada 10 min. para el día 16/06/2009

Del gráfico de la figura 30 podemos destacar lo siguiente:

- La carga máxima instantánea se produce a las 17.40 h con un valor de 6.3KW



- Llama la atención observar que la carga máxima se produzca a una hora tan avanzada del día pero si observamos las temperaturas registradas durante este día vemos que la máxima se alcanza a las 17.40 con un valor máximo de 29.6°C
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos una carga acumulada para todo el día de 45 KWh

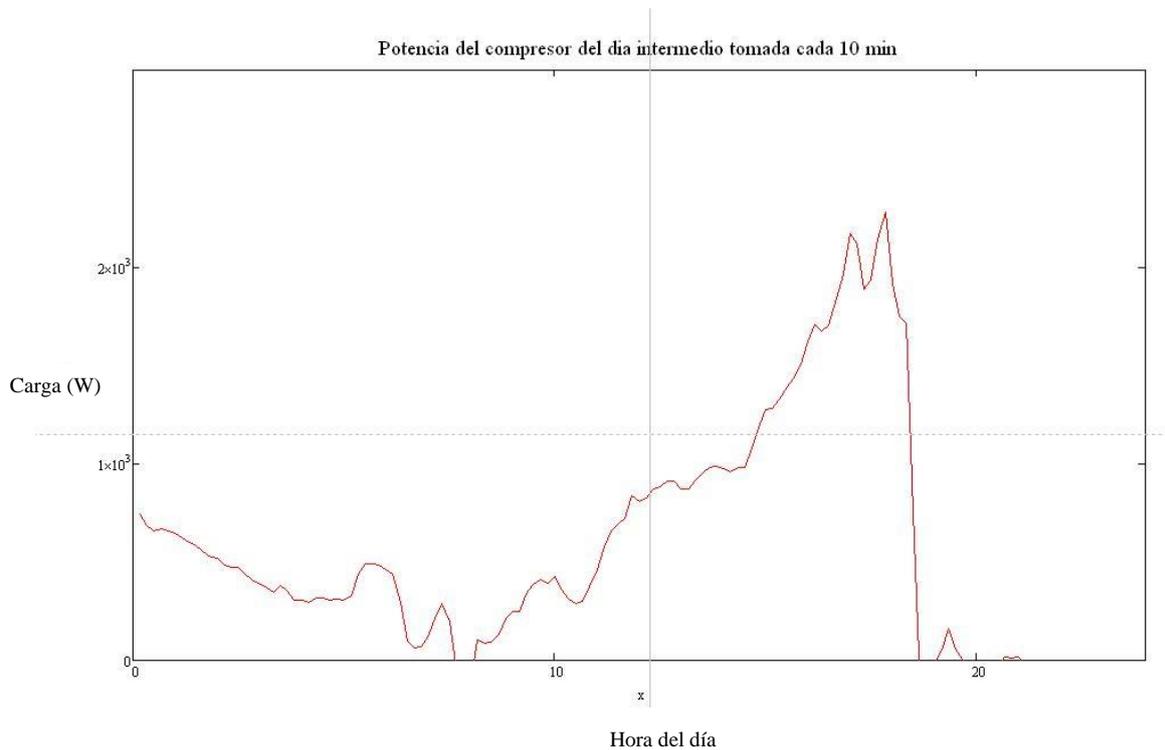


Figura 32. Potencia del compresor instantánea tomada cada 10 min. para el día 16/06/2009

- La potencia máxima instantánea del compresor se produce a las 17.40 h con un valor de 2.3KW
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado del compresor para todo el día de 14 KWh

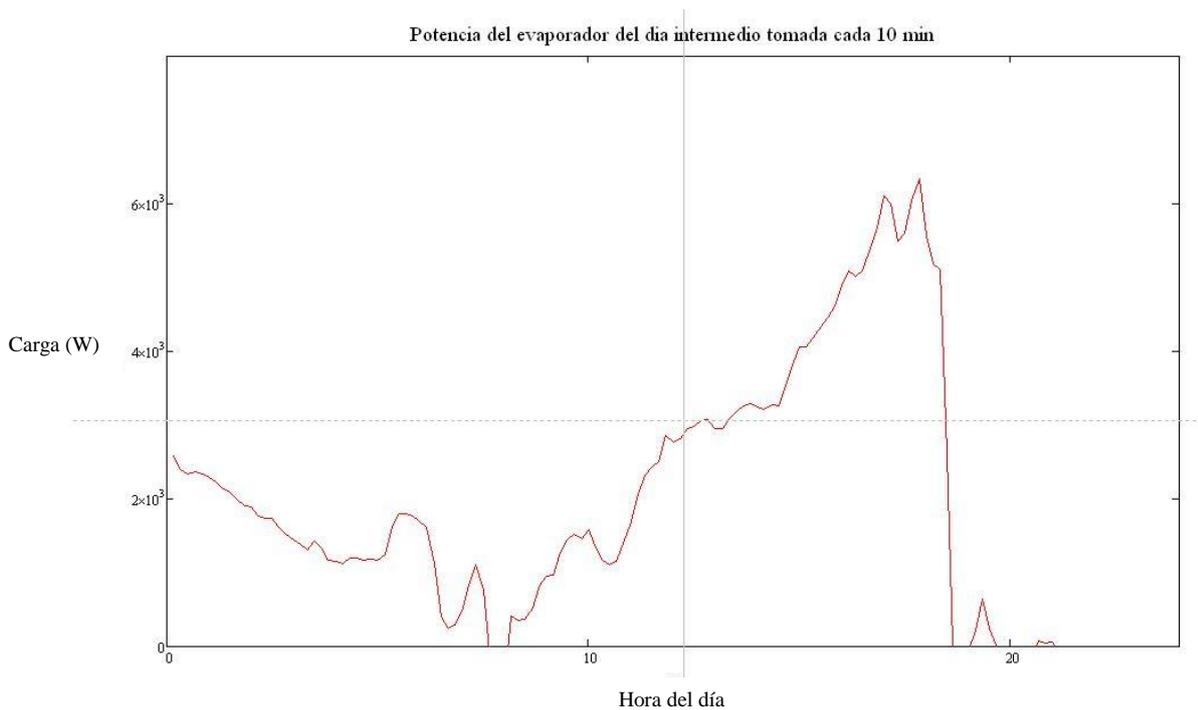


Figura 33. Potencia del evaporador instantánea tomada cada 10 min. para el día 16/06/2009

- La potencia máxima instantánea del evaporador se produce a las 17.40 h con un valor de 6.3KW
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado del evaporado para todo el día de 44 KWh

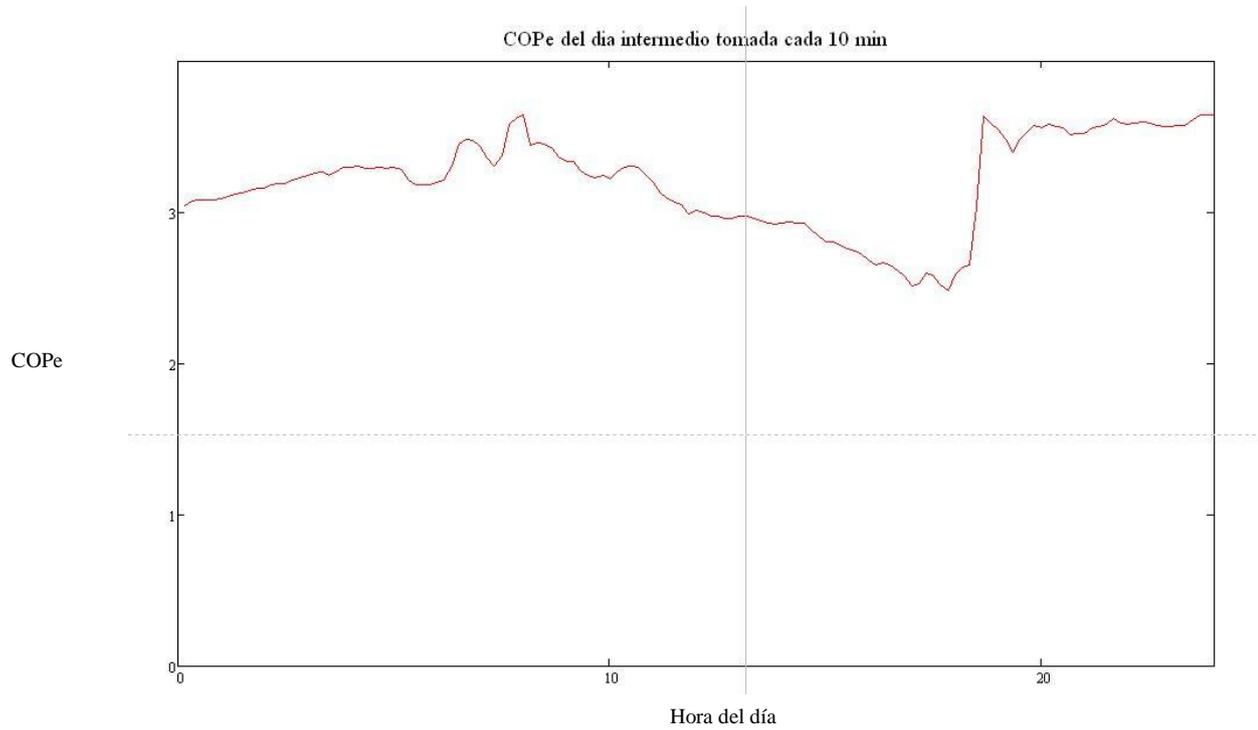


Figura 34. COP tomado cada 10 min. para el día 16/06/2009

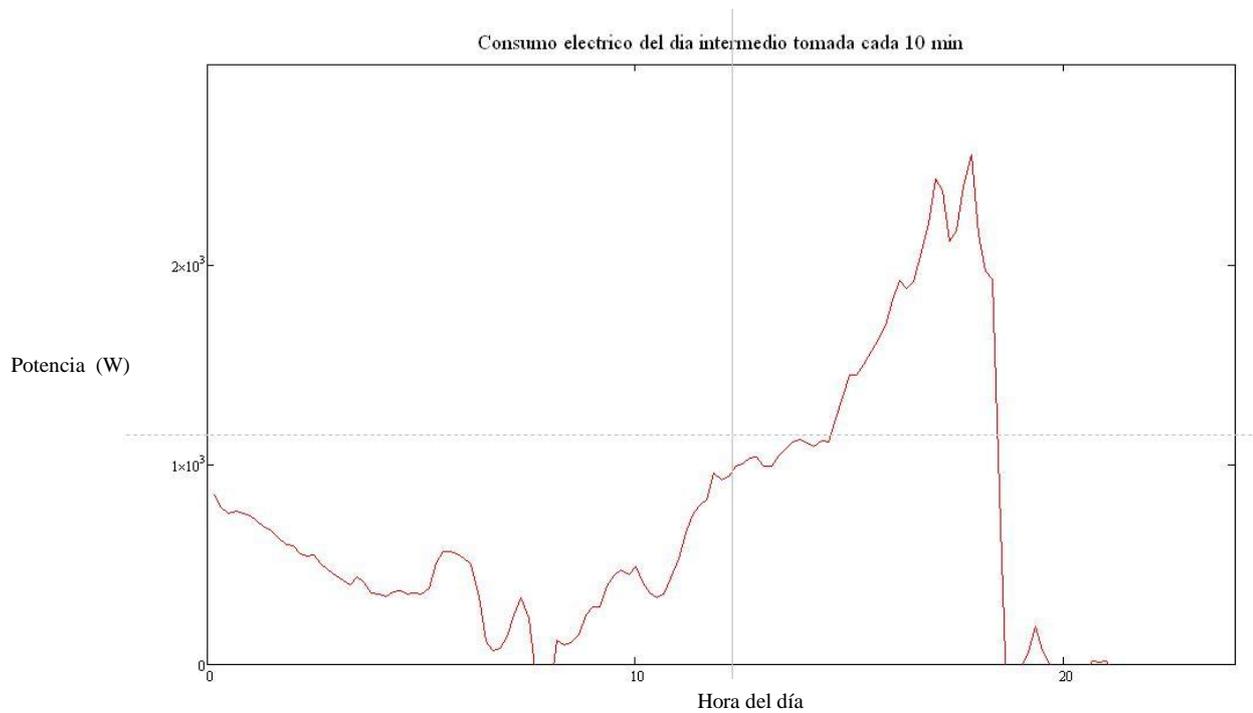


Figura 35. Potencia total de la instalación tomada cada 10 min. para el día 16/06/2009



- La potencia máxima instantánea de la instalación se produce a las 17.40 h con un valor de 2.5 KW
- Calculando con el programa informático el área del gráfico obtenemos un consumo de la instalación para todo el día de 15.5 KWh

Consumo día 16/06/2009 = 15,5 KWh

Según los datos presentados en el apartado 12.8:

Tarifa consumo	=> 0.1423 €/kWh
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 0.4152 €/KW día
Impuesto sobre electricidad	=> 4.73 €/mes
Alquiler de contador	=> 1.16€/mes

Obtenemos el coste diario total

Coste consumo	=> 2.20 €/día
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 8.30 €/día
Impuesto sobre electricidad	=> 0.16 €/año
Alquiler de contador	=> 0.04 €/año

Coste total de electricidad para el día 16/06/2009 = 10.7€

13.2 Simulación día más caluroso

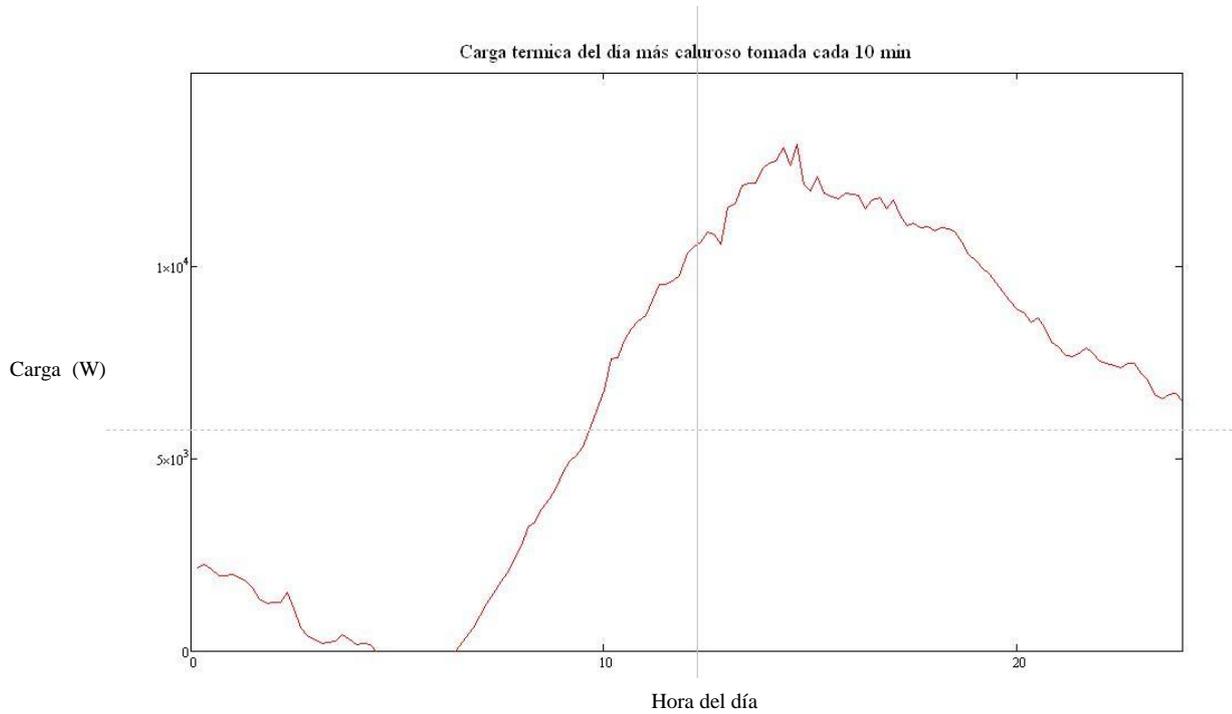


Figura 36. Carga térmica instantánea tomada cada 10 min. para el día 21/07/2009

Del gráfico de la *figura 35* podemos destacar lo siguiente:

- La carga máxima instantánea se produce a las 14.30 h con un valor de 13.1 KW
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos una carga acumulada para todo el día de 155 KWh

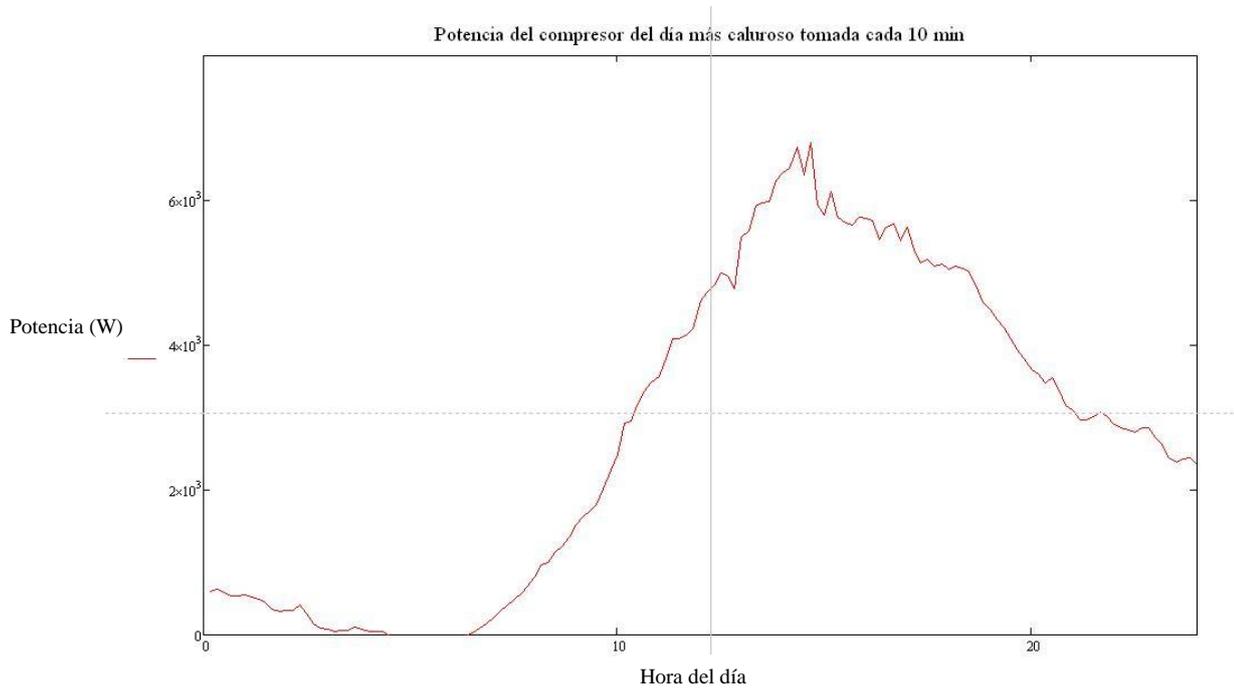


Figura 37. Potencia del compresor instantánea tomada cada 10 min. para el día 21/07/2009

- La potencia máxima instantánea del compresor se produce a las 14.30 h con un valor de 6.8 KW
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado del compresor para todo el día de 67 KWh

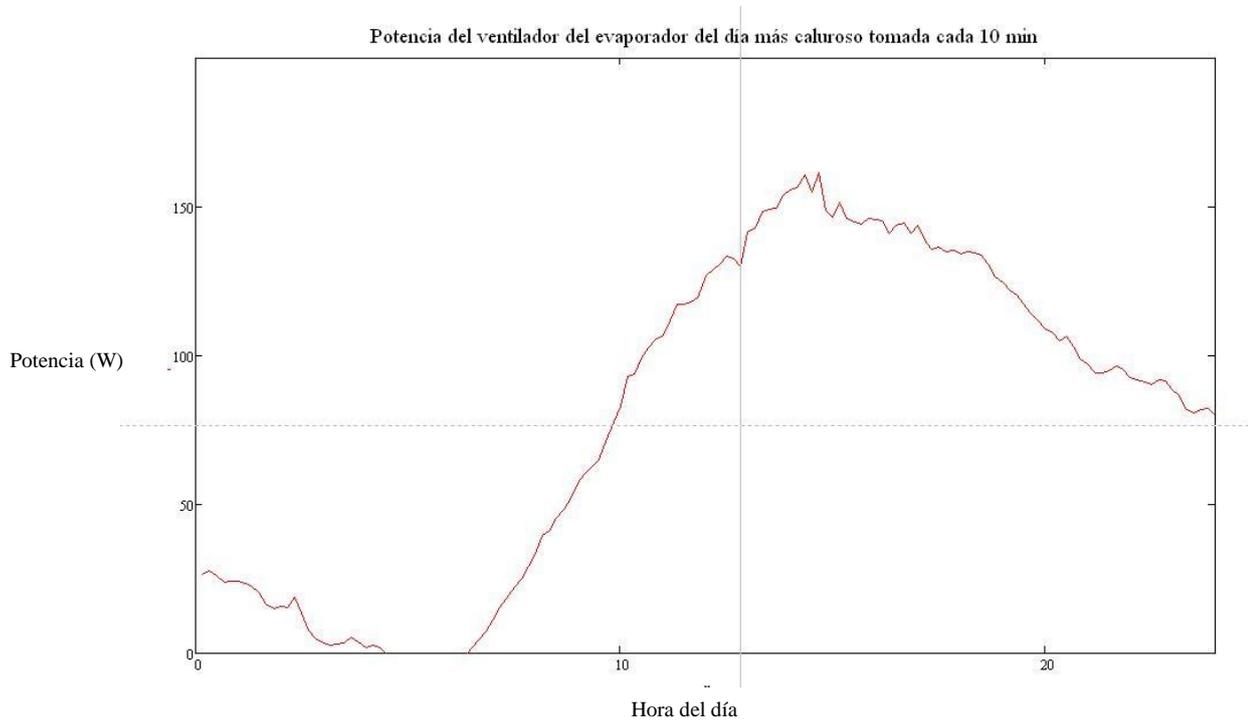


Figura 38. Potencia del evaporador instantánea tomada cada 10 min. para el día 21/07/2009

- La potencia máxima instantánea del evaporador se produce a las 14.30 h con un valor de 13.1KW
- Calculando con el programa informático el área del grafico obtenemos un consumo acumulado del evaporado para todo el día de 155 KWh

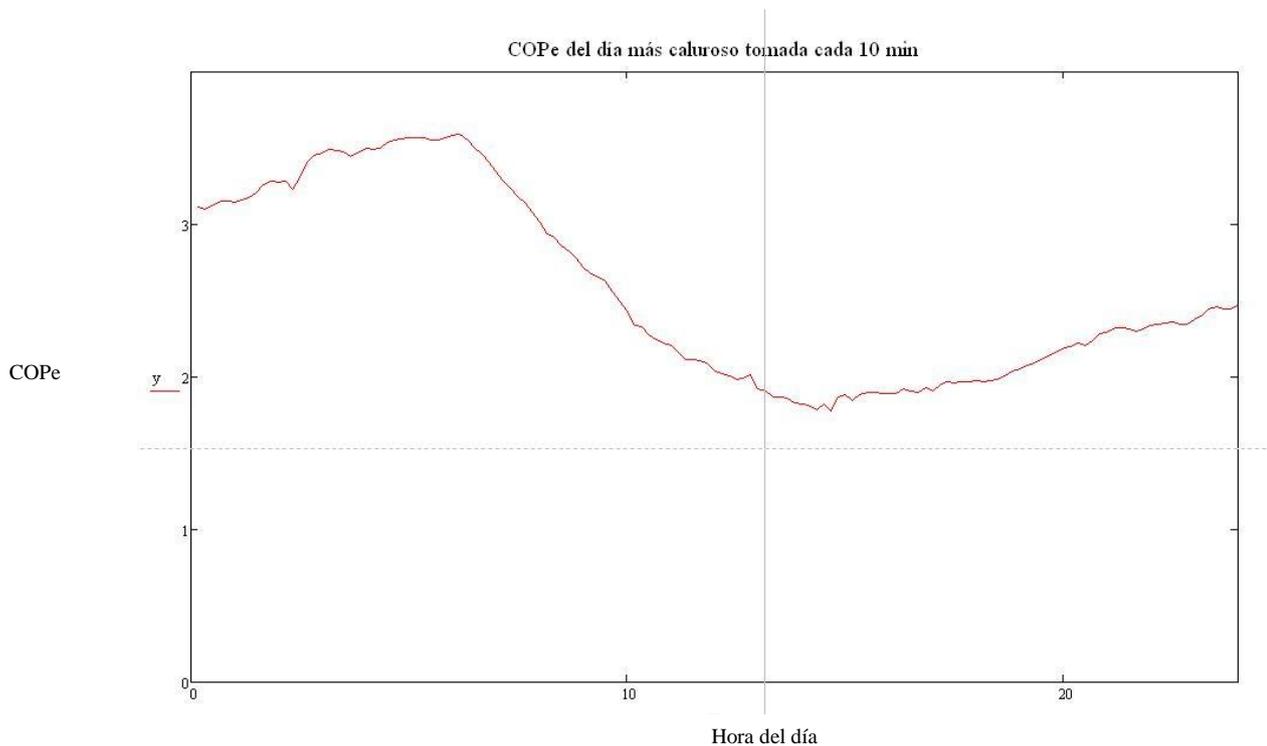


Figura 39. COP tomado cada 10 min. para el día 21/07/2009

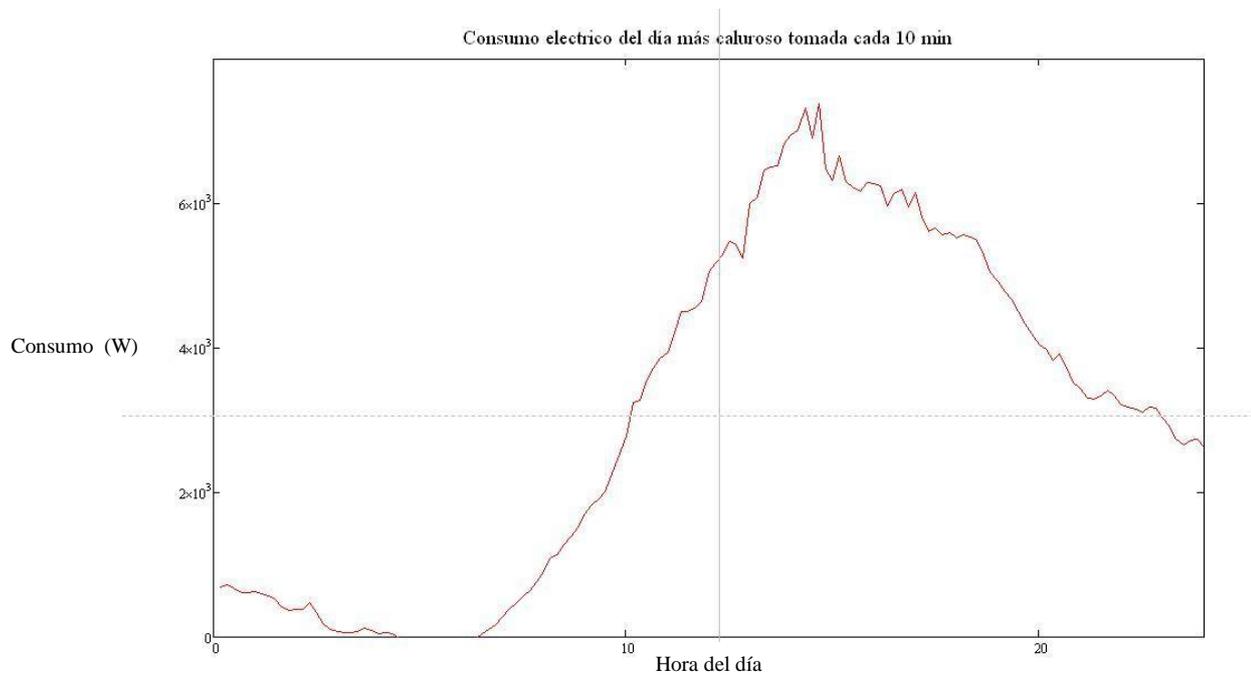


Figura 34. Potencia total de la instalación tomada cada 10 min. para el día 21/07/2009



Consumo día 21/07/2009 = 73,62 KWh

- La potencia máxima instantánea de la instalación se produce a las 14.30 h con un valor de 7.4 KW
- Calculando con el programa informático el área del gráfico obtenemos un consumo de la instalación para todo el día de 73.6 KWh

Consumo día 16/06/2009 = 73.6 KWh

Según los datos presentados en el apartado 12.8:

Tarifa consumo	=> 0.1423 €/kWh
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 0.4152 €/KW día
Impuesto sobre electricidad	=> 4.73 €/mes
Alquiler de contador	=> 1.16€/mes

Obtenemos el coste diario total

Coste consumo	=> 10.47 €/día
Termino de potencia para 20KW contratados	=> 8.30 €/día
Impuesto sobre electricidad	=> 0.16 €/año
Alquiler de contador	=> 0.04 €/año

Coste total de electricidad para el día 21/07/2009 = 18.97€



14. VALORACIÓN ECONÓMICA

El presupuesto de la instalación completo es el siguiente

PRESUPUESTO	A1356
FECHA	
C.I.F./N.I.F.	
Nº CLIENTE	1434

GASOLINERA PINTO
AUTOVIA A-4 KM23
28320 - PINTO (MADRID)

DESCRIPCION	CANT	PRECIO	%DTO	IMPORTE
FACTURA CORRESPONDIENTE AL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION CARRIER.				
SISTEMA DE CLIMATIZACION COMPLETO CARRIER	3,00	3.800,00		11.400,00
X-POWER PLUS ALPINE 65B DE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:	1,00			
UNIDAD EXTERIOR CARRIER 38XPS	3,00			
UNIDAD INTERIOR CARRIER 40XPK	3,00			
INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA QUE INCLUYE:	16,00	60,00		960,00
MONTAJE DE UNIDADES EXTERIORES CON MEDIOS PROPIOS DE ELEVACIÓN	1,00			
MONTAJE DE UNIDADES INTERIORES EN TECHO TECNICO CON INSTALACIÓN OCULTA	1,00			
INSTALACIÓN ELECTRICA CON PROTECCIÓN PARA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DESDE CUADRO GENERAL	1,00			
INSTALACIÓN ELECTRICA ENTRE UNIDAD INTERIOR Y EXTERIOR	1,00			
INSTALACIONES FRIGORIFICAS CON TUBO DE COBRE DESHIDRATADO Y ASILADO CON ARMAFLEX	1,00			
IMPUESTO/TASA SOBRE GASES FLUORADOS: R410A	4,63	13,04		60,38

Base Imponible	12.420,38
% IVA	21%
Importe IVA	2.608,28
TOTAL €	15.028,66€

Forma de Pago	
C.C.C. iRCONGAS	IBAN ES68 0049 4348 4421 1000 2764
Domiciliación	

OBSERVACIONES

DIRECCION DE ENVÍO:

FECHA ESTIMADA DE ENTREGA:



15. BIBLIOGRAFÍA

- Wikipedia
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas (IT).
- Proyecto Fin de Carrera: "Calefacción por bomba de calor geotérmica utilizando los refrigerantes de nueva generación".
Autor: Cristina Lázaro Lozano
Director: Marcelo Izquierdo Millán.
Fecha: Octubre 2009
Ingeniería Industrial Universidad Carlos III de Madrid.
- Fichas técnicas refrigerantes Dupont y Gas-Servei
- Código Técnico de la edificación (CTE)
- Apuntes "Ingeniería Técnica Industrial especialidad mecánica. Tecnología del Frío" Marcelo Izquierdo Millán
- Apuntes "cargas Térmicas" Mercedes de Vega



16. NOMENCLATURA

Símbolo	Significado
T_i	Temperatura interior
HR_i	Humedad relativa del aire interior
$V_{\text{media aire}}$	Velocidad media del aire interior
T_s	Temperatura seca
V_{vent}	Caudal mínimo del aire exterior de ventilación
T_{hc}	Temperatura húmeda coincidente
OMD	Oscilación media de temperatura
Q_{sen}	Carga por transmisión
U	Coefficiente de transmisión global de calor
A	Superficie
AT_e	Diferencia de temperatura equivalente
L_i	Espesor de la capa de material i
λ_i	Conductividad térmica de la capa i
h_e	Coefficiente de convección interior
h_i	Coefficiente de convección exterior
Rt_i	Resistencia térmica de la capa i
T_{se}	Temperatura seca exterior
T_{sL}	Temperatura seca local
NP	Nivel percentil
Q_{rad}	Carga por radiación
F	Factor de corrección ASHRAE tabla
I	Aportación a través del vidrio según gráfica ASHRAE
V_{vent}	Caudal de ventilación
ρ	Densidad del aire de ventilación
C_p	Calor específico del aire
H_{fg}	Calor latente de cambio de fase del agua
Q_{lat}	Carga latente
W_e	Relación de humedad del aire exterior
W_i	Relación de humedad del aire local
C_s	Coefficiente stack
C_v	Coefficiente debido al viento
K_g	Coefficiente de transmisión térmica global
m	Flujo Másico
P_i	Presión en el punto i
h_i	Entalpia en el punto i



P_{er}	Perdida de carga en el evaporador
P_{cr}	Perdida de carga en el compresor
Z_c	Relación de compresión
T_{des}	Temperatura de descarga
R_m	Rendimiento mecánico
w	Potencia
COP	Rendimiento
PEID	Potencial efecto invernadero directo
PEII	Potencial efecto invernadero indirecto



ANEXO 1

CATÁLOGO COMERCIAL CARRIER



40XPK - XPOWER PLUS ALPINE

CASSETTE



LA ELECCIÓN ELEGANTE Y PRÁCTICA

La nueva unidad de cassette inverter XPower Plus Alpine 40XPK, ofrece el máximo nivel de confort con un excelente nivel de eficiencia energética de clase A en frío y calor.

Gracias a su estética, fue reconocida con el premio de la Asociación italiana de la industria de diseño.

Las características y el rendimiento hacen del sistema la mejor elección para cualquier aplicación comercial, cubriendo las necesidades de longitud de tubería y los límites de funcionamiento a baja temperatura.



XPOWER
INVERTER plus



THE ART OF AIR CONDITIONING.

- Eficiencia energética clase A en frío y calor. Gracias a la tecnología XPower Plus, la eficiencia energética del sistema es muy alta durante todo el año.
- Funcionamiento en modo frío desde -15 °C hasta +46 °C de temperatura exterior. Funcionamiento en modo calor hasta -15 °C de temperatura exterior.
- Adecuada para aplicaciones que necesitan de hasta 70 m de distancia entre la unidad interior y exterior.
- Fácil instalación. El acceso a los principales componentes de la unidad es sencillo al abrir la rejilla ó remover el panel frontal.
- La entrada del aire de renovación y la rejilla de salida adicional permiten el acondicionamiento del aire de una habitación contigua.
- Entrada de aire fresco para permitir una renovación constante del aire.
- Las rejillas motorizadas de dos, tres y cuatro vías permiten dirigir el caudal de aire para satisfacer las preferencias individuales.
- Equipada con filtros de titanio fotocatalíticos que eliminan olores e impurezas de hasta 0,01 mm, y filtros electrostáticos de gran eficiencia energética.



MÁQUINA ELEGIDA

X-POWER PLUS ALPINE		50B	65B	70B	100B	125B
Capacidad frigorífica Nominal	kW-(Kcal/h)	5,00-(4300)	6,50-(5590)	7,00-(6020)	10,00-(8600)	12,50-(10750)
Capacidad frigorífica Min.	kW-(Kcal/h)	0,77-(662)	0,85-(731)	1,81-(1557)	3,41-(2933)	3,40-(2924)
Capacidad frigorífica Máx.	kW-(Kcal/h)	5,77-(4962)	7,01-(6029)	8,32-(7155)	12,50-(10750)	14,77-(12702)
Consumo eléctrico Nominal	W	1558	2024	2181	3115	4020
E.E.R (Eficiencia en frío)	W/W	3,21	3,21	3,21	3,21	3,01
Clase Energética (Frío)		A	A	A	A	nd
C.E.A (Consumo eléctrico anual)	kWh	779	1012	1091	1558	2010
Capacidad calorífica Nominal	kW-(Kcal/h)	5,20-(4472)	7,50-(6450)	7,50-(6450)	11,20-(9632)	13,10-(11266)
Capacidad calorífica Min.	kW-(Kcal/h)	0,85-(731)	0,85-(731)	1,83-(1574)	3,65-(3139)	3,70-(3182)
Capacidad calorífica Máx.	kW-(Kcal/h)	6,44-(5538)	8,87-(7628)	8,54-(7344)	14,12-(12143)	16,00-(13760)
Consumo eléctrico Nominal	W	1440	2075	2078	3102	3743
C.O.P.	W/W	3,61	3,61	3,61	3,61	3,50
Clase Energética (Calor)		A	A	A	A	B

Unidad Interior		40XPK050	40XPK070	40XPK070	40XPK100	40XPK125
Deshumidificación	l/h	1,7	1,8	1,9	3,9	4,7
Caudal de aire Nominal (B/M/A)	m ³ /h	684/756/900	720/900/1.080	720/900/1.080	1152/1386/1638	1440/1692/1854
Nivel presión sonora (B/M/A) (Frío)	dB(A)(1)	38/42/45	32/36/39	32/36/39	37/42/45	43/46/49
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Frío)	dB(A)	51/55/58	45/49/52	45/49/52	50/55/58	56/59/62
Nivel presión sonora (B/M/A) (Calor)	dB(A)(1)	38/42/45	32/36/39	32/36/39	37/42/45	43/46/50
Nivel potencia sonora (B/M/A) (Calor)	dB(A)	51/55/58	45/49/52	45/49/52	50/55/58	56/59/62
Dimensiones (AlxAnxPr)	mm	298x575x575	298x825x825	298x825x825	298x825x825	298x825x825
Dimensiones rejilla (AlxAnxPr)	mm	30x720x720	30x960x960	30x960x960	30x960x960	30x960x960
Peso rejilla	kg	3,1	6,5	6,5	6,5	6,5
Peso	kg	19	38	38	40	41
Tensión de alimentación	V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

Unidad Exterior		38XPS050	38XPS065	38XPS070	38XPS100	38XPS125
Tipo de compresor		Rotativo gemelo				
Máxima longitud de tubería	m	50	30	50	70	70
Máxima diferencia de altura	m	30	30	30	30	30
Sistema de precargado	m	20	20	20	30	30
Caudal de aire	m ³ /h	2620	2820	2670	5970	6360
Nivel presión sonora (Frío)	dB(A)(2)	44	45	45	48	50
Nivel potencia sonora (Frío)	dB(A)	64	65	65	68	70
Nivel presión sonora (Calor)	dB(A)(2)	44	48	48	49	50
Nivel potencia sonora (Calor)	dB(A)	64	68	68	69	70
Dimensiones (AlxAnxPr)	mm	690x900x320	820x900x320	820x900x320	1360x900x320	1360x900x320
Peso	kg	49	51	73	88	88
Conexiones Flare	Pulg	1/2"-1/4"	5/8"-3/8"	5/8"-3/8"	5/8"-3/8"	5/8"-3/8"
Tensión de alimentación	V-ph-Hz	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50	230-1-50

1) Nivel presión sonora medida en campo libre (JIS9612std)
 2) Nivel presión sonora medida en campo hemisférico a 4m de distancia de la unidad
 Rendimiento evaluado con 5m de tubería de interconexión de acuerdo con EN 14511



ANEXO 2

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD CARRIER

Procedimientos de seguridad

Informaciones importantes sobre la seguridad están indicadas sobre el producto y contenidas en el presente Manual. Leer atentamente el presente manual de instalación antes de instalar la unidad. En el Manual están contenidas informaciones importantes para una correcta instalación.

Significado de los símbolos

Indica una prohibición.	Indica una obligación.	Indica una precaución (también peligro/advertencia)

Significado de las indicaciones

PELIGRO	ADVERTENCIA	ATENCIÓN
Indica el riesgo de muerte o graves lesiones en caso de uso erróneo	Indica el riesgo de muerte o graves lesiones en caso de uso erróneo	Indica el riesgo de lesiones o daños a propiedades, muebles o animales en caso de no observancia las instrucciones

Informaciones generales

- Leer atentamente el presente manual y conservarlo para usos futuros.
- Antes de cualquier reparación o mantenimiento, evaluar atentamente los riesgos potenciales y tomar las precauciones adecuadas para garantizar la seguridad del personal.
- No tratar de reparar, desplazar o reinstalar la unidad sin la ayuda de un técnico cualificado.

RESPONSABILIDAD

El constructor declina cualquier responsabilidad y declara nula la garantía de la unidad en caso de daños causados por:

- Instalación errónea, comprendida la no observancia de las instrucciones contenidas en los manuales correspondientes
- Modificaciones o ejecución errónea de las conexiones eléctricas y de refrigeración.
- Acoplamiento no autorizado de otras unidades, comprendidas las unidades de otros constructores.
- Uso de la unidad en condiciones diferentes de las indicadas.

Todos los materiales usados para la fabricación y el embalaje del nuevo aparato son ecológicos y reciclables.

Utilización de la unidad

	Controlar que el personal lleve dispositivos de protección individual idóneos.
	Verificar la ausencia de daños causados por el transporte o por el desplazamiento de los equipos, y eventualmente dirigir una reclamación inmediata a la sociedad de envío.
	Eliminar el material de embalaje conformemente con las normas locales.
	No levantar la unidad introduciendo ganchos en las manillas laterales sino utilizar los equipos específicos (dispositivos de levantamiento, carros, etc.)
	No subir o apoyar objetos sobre la unidad interior/exterior que podrían causar lesiones o dañar la unidad.
	No apoyar recipientes de líquidos o cualquier otro objeto sobre la unidad.

Instalación de las unidades

La instalación debe ser realizada por un instalador cualificado.

NO INSTALAR EN LUGARES...

- De acceso difícil para las operaciones de instalación y mantenimiento.
- Sujetos a rayos solares directos.
- En proximidad de fuentes de calor.
- Que podrían aumentar las vibraciones de la unidad
- Con superficies inadecuadas al peso de la unidad.
- Sujetos al riesgo de exposición a gases combustibles.
- Expuestos a vapores de aceite.
- Con condiciones ambientales particulares.

EVITAR

- La distancia excesiva entre la unidad interior y exterior
- El desnivel excesivo entre la unidad interior y exterior

UNIDAD EXTERIOR

ELECCIÓN DEL LUGAR

- Considerar un lugar donde el ruido y el aire evacuado no molesten a los vecinos
- Considerar una posición protegida del viento
- Considerar una zona que respete los espacios mínimos recomendados.
- Considerar un lugar que no obstruya el acceso a puertas o pasillos.
- La superficie del pavimento debe ser suficientemente sólida para sostener el peso de la unidad y minimizar la transmisión de las vibraciones.

- Fijar la unidad con bulones comprados en el lugar, hundidos en la base. Si la unidad está instalada en zonas sujetas a fuertes nevadas, será necesario levantar la unidad de al menos 200 mm por encima del nivel normal donde la nieve pueda llegar o usar en alternativa el estribo de suspensión para la unidad exterior.

Instalación de las unidades

UNIDAD INTERIOR

ELECCIÓN DEL LUGAR

- Instalar la unidad de modo que el agua de condensación pueda drenarse fácilmente en una evacuación adecuada.
- Considerar una zona que respete los espacios mínimos recomendados.
- La superficie del techo/pared debe ser plana para permitir un fácil y sólido enganche de la unidad.
- La superficie de la pared debe ser suficientemente sólida para sostener el

- peso de la unidad e impedir deformaciones, roturas o vibraciones durante el funcionamiento.
- Considerar una zona libre de obstrucciones que podrían comprometer la entrada regular y el retorno del aire.
- Considerar una zona que permita la mejor distribución del aire posible en el ambiente.
- Considerar una zona sin instrumentos generadores de ondas de radio de alta frecuencia.
- Evitar lugares con presencia de agua o paredes húmedas como locales dedicados a lavandería o para planchar al vapor.

Conexión de las unidades

-  **Durante la instalación de las unidades, efectuar la instalación de las tuberías del refrigerante antes de realizar las conexiones eléctricas. Cuando se desconecte la unidad desconectar antes las conexiones eléctricas y después las del refrigerante.**

Conexiones y tuberías del refrigerante

-  **Leer atentamente las instrucciones de utilización del refrigerante antes de instalar las tuberías.**

Diámetro de los tubos	Par de sujeción – Nm
6,35 mm (1/4")	18
9,52 mm (3/8")	42
12,70 mm (1/2")	55
15,87 mm (3/8")	65

EVITAR

- Aplastar o plegar las tuberías de refrigeración o de evacuación de la condensación.
- Un número excesivo de curvas de las tuberías.
- La conexión del tubo de drenaje de la condensación a la unidad exterior.
- El aislamiento parcial de las tuberías.
- Ensuciar los extremos de las tuberías.
- Humedecer los tunos antes de la conexión.
- La conexión de los tubos de la condensación al alcantarillado sin un sifón adecuado. El sifón debe siempre tener una altura en relación con el batiente disponible para permitir una correcta y continua evacuación de la condensación.
- Cualquier inclinación de los tubos de drenaje de la condensación.
- Instalación que no fuera plano podrían causar goteos.

Conexiones eléctricas

Todas las conexiones eléctricas realizadas en el lugar son responsabilidad del instalador.

-  **PELIGRO**
Las descargas eléctricas pueden causar lesiones personales graves o la muerte. Las conexiones eléctricas deben ser realizadas solamente por personal cualificado.

ADVERTENCIA

- El aparato es conforme a las directivas de baja tensión (CEE/73/23), compatibilidad electromagnética (CEE/89/36) y sistemas en presión (CEE/97/23).
- Con el objeto de evitar descargas eléctricas o incendios, verificar que las conexiones eléctricas sean realizadas solamente por personal cualificado.
- Asegurarse de que la instalación eléctrica de alimentación sea conforme a las normas nacionales para la seguridad vigentes.
- Respetar las normativas de seguridad nacionales en vigor.
- Asegurarse de que esté disponible una línea eficaz de toma de tierra.
- Controlar que la tensión y la frecuencia de la instalación eléctrica correspondan a las requeridas y que la potencia instalada disponible sea suficiente para el funcionamiento de otros electrodomésticos conectados sobre las mismas líneas eléctricas.
- Asegurarse de que la impedancia de la línea de alimentación sea conforme a la absorción eléctrica de la unidad indicada en los datos de placa de la unidad.
- Asegurarse de que hayan sido conectados adecuadamente los seccionadores e interruptores de seguridad.

ATENCIÓN

- Conectar correctamente el cable de conexión con el objeto de evitar daños a los componentes eléctricos.

- Para el cableado, usar los cables específicos y conectarlos sólidamente a los bornes correspondientes.

ADVERTENCIA

- No conectar otros dispositivos a esta línea de alimentación.
- Asegurarse de que esté disponible una adecuada toma de tierra; una toma de tierra inadecuada puede causar descargas eléctricas.
- No conectar los cables de toma de tierra a las tuberías del gas, del agua, a pararrayos o a cables de toma de tierra para cables telefónicos.

PELIGRO

No modificar la unidad quitando las protecciones de seguridad o by-paseando los interruptores de seguridad.

VERIFICACIÓN FINAL

ADVERTENCIA

- **Después de la instalación, verificar que no haya pérdidas de gas refrigerante.**
- **En caso de pérdidas de gas durante la instalación, airear inmediatamente el local.**
- **En caso de pérdidas de gas refrigerante en el interior o en proximidad de una fuente de calor, como un hornillo, se pueden generar emisiones de gas venenosas.**

-  **Ponerse en contacto con el servicio de asistencia si se produjera cualquiera de los eventos que se describen a continuación:**

- cable de alimentación sobrecalentado o dañado;
- ruidos extraños durante el funcionamiento;
- entrada en función frecuente de los dispositivos de protección;
- olores extraños (como olor a quemado).

Asistencia y mantenimiento

ATENCIÓN

- Verificar que el personal lleva los dispositivos de protección individual.
- Las operaciones de mantenimiento extraordinario deben ser efectuadas por personal cualificado.

-  **Desconectar la red de alimentación antes de cualquier operación de mantenimiento o antes de manipular cualquier componente interno de la unidad.**

ATENCIÓN

- El climatizador contiene refrigerante que requiere una eliminación especial.
- Terminada su vida útil, retirar el acondicionador con gran precaución.
- El acondicionador debe ser llevado a un centro específico de recogida o al vendedor que se ocuparán de realizar su eliminación de manera correcta y adecuada.



ANEXO 3

MANUAL DE INSTALACION MÁQUINA EXTERIOR CARRIER

Tabla de materias

Página

Información general	37
Dimensiones y espacios libres.....	37
Instalación	38
Límites de funcionamiento.....	39
Conexión de refrigeración	39
Conexiones eléctricas	40
Configuración del sistema	41
Verificación del sistema.....	42 - 43
Selector de direcciones	43
Bombeo	44
Dispositivos de protección de la unidad .	44
Mantenimiento	44
Localización de averías.....	45

Información general

Antes de leer el presente manual, leer atentamente las instrucciones de seguridad suministradas en el manual de instrucciones de la unidad exterior.

Utilizar la unidad solo para las aplicaciones autorizadas por el constructor; para los códigos y el acoplamiento de las unidades interiores, consultar la página correspondiente que se encuentra en el manual de instrucciones de la unidad exterior.

Las capacidades y los códigos de la unidad están indicados en la placa de la unidad exterior.

Modelos	38XPS	38XP-
X1	050	050
X2	065	065
X3	070	070
X4	100	100
	125	125

INSTALACIÓN

INSTALACIÓN DE LA UNIDAD

TUBERÍA DEL REFRIGERANTE

TUBO DE EVACUACIÓN

CABLEADO DE LA UNIDAD

CABLEADO DE CONTROL CON CABLE (Opcional)

CABLEADO DE LOS CABLES DE ALIMENTACIÓN

TEST DE ESTANQUEIDAD (Purga del aire)

CONFIGURACIÓN DE LAS DIRECCIONES

VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

Dimensiones y espacios libres

(Fig. 1 - 3)

Para las dimensiones, consultar la fig. 1

		A	B	C	
X1	mm	900	690	320	49
X2	mm	900	820	320	51
X3	mm	900	820	320	73
X4	mm	900	1360	320	88

Los espacios mínimos de instalación expresados en mm están indicados en la Fig. 2 (instalación de 1 unidad) y en la Fig. 3 (instalación de varias unidades).

Nota:

La altura del obstáculo sobre los lados delantero y trasero debe ser inferior a la altura de la unidad exterior.

Antes de realizar la instalación, compruebe la resistencia y la horizontalidad de la base, de manera que no genere ningún sonido extraño. De acuerdo con el siguiente diagrama de la base, fije firmemente la base con los pernos de anclaje. (Perno de anclaje; tuercas M10 x 2 pares)

Herramientas necesarias para los trabajos de instalación

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Destornillador - Taladro con broca de cuchara orificio (65mm) - Llave fija - Cortador de tubos - Cutter - Escariador - Detector de escapes de gas - Metro lineal - Termómetro | <ul style="list-style-type: none"> - Tester - Comprobador de circuito eléctrico - Llave hexagonal - Herramienta de abocinamiento - Curvador de tubos - Nivel de burbuja - Sierra metálica - Martillo |
|---|--|

Componentes suministrados en dotación

Tuberías del refrigerante, Material para el aislamiento de las tuberías (polietileno expandido, espesor 6 mm), Masilla, Cinta aislante en PVC.

Procedimiento de realización

(Fig. 4, 5)

Los tubos de conexión exterior e interior se pueden conectar en un máximo de 4 direcciones (Ver fig. 4). Retire la parte ciega de la cubierta de los tubos, por donde los tubos y los cables pasan a través de la placa de base.

No retire la cubierta de los tubos del compartimiento, de manera que el agujero ciego se pueda perforar.

Es fácil hacerlo y después retirar la parte sobrero con las manos: perfóre una posición en la parte inferior de

los 3 componentes conectados con un destornillador, siguiendo la línea de guía (Ver fig 5).

Una vez hecho el agujero, retire la rebaba y coloque el casquillo protector (incluido con el producto) y el material de protección para la sección de paso para proteger los tubos. Después de conectar los tubos, asegúrese de colocar la cubierta.

La cubierta del tubo se coloca fácilmente cortado a lo largo de las fisuras en la parte inferior de la tapa.

Cómo extraer el panel frontal

(Fig. 6)

1. Quite los tornillos del panel frontal (Ver fig. 6).
2. Tire del panel frontal hacia abajo.

Tubo de evacuación de la condensación y los orificios precortados de la base (Fig. 7)

Ver fig. 7.

Si el drenaje se realiza a través del tubo de evacuación, conectar el empalme de drenaje (A) y utilizar el tubo de descarga (diámetro interno: 16 mm) disponible en el comercio.

En caso de instalación en zonas muy frías y sujetas a fuertes nevadas donde existe la posibilidad de que el

tubo de evacuación de la condensación se congele, verificar la capacidad de drenaje del tubo.

La capacidad de drenaje aumenta cuando los orificios precortados de la base que funciona como recogida de la condensación están abiertos (Abrir los orificios precortados hacia el exterior con la ayuda de un martillo (B), etc.).

Limites de funcionamiento

Temperatura

Condiciones	Máximas		Mínimas	
	Externo	Interno	Externo	Interno
Temperatura				
Refrigeración	46°C	32°C b.s.; 23°C b.h.	-15°C	21°C b.s.; 15°C b.h.
Calefacción	24°C b.s.; 18°C b.h.	27°C	-15°C	-

b.s. = bulbo seco **b.h.** = bulbo húmedo

Conexión de refrigeración

(Fig. 8 - 9)

Para mayores informaciones sobre los procedimientos, consultar el manual de instrucciones de las conexiones de la refrigeración.



PRECAUCIÓN: IMPORTANTES PARA LA COLOCACIÓN DE LAS TUBERÍAS

1. Evite que entre polvo y humedad en el interior de los tubos de conexión.
2. Ajuste fuertemente la conexión entre los tubos y la unidad.
3. Evacúe el aire en los tubos de conexión utilizando la BOMBA DE VACÍO.
4. Compruebe que no haya escapes de gas en las zonas de las conexiones.

Conexión de las tuberías

(Fig. 8)

Conexión de las tuberías

Modelo	Diámetro externo (mm)		Espesor (mm)	
	Líquido	Gas	Líquido	Gas
X1	6,4 (1/4")	12,7 (1/2")	0,8	0,8
X2 - X3 - X4	9,52 (3/8")	15,9 (5/8")	0,8	1

Referencias de las longitudes de las tuberías (Ver fig. 8).

		A	B	C
X1	m	15	30	50
X2	m	15	30	30
X3	m	15	30	50
X4	m	15	30	70

Conexiones de las válvulas

(Fig. 9)

Utilizar dos llaves inglesas para apretar las válvulas como está indicado en la figura 9.



Todas las conexiones eléctricas en la obra son responsabilidad del instalador. Leer el párrafo "Cableado eléctrico" en el manual de las Instrucciones de Seguridad.



ATENCIÓN:

Realizar las conexiones de los tubos para el refrigerante antes de las conexiones eléctricas. Comprobar el bloque de terminales en el cuadro de control para definir la conexión eléctrica.

Dimensiones		50	65	70	100	125
Corriente máxima absorbida	A	12 A	14 A	15 A	22 A	22,8 A
Tipos de fusibles y amperaje	A	15A (tipo B)		25A (tipp D)		
Tensión nominal monofásica		230 V				
Límites de tensión de funcionamiento	50 Hz	mín 198V ÷ máx 264V				
Tensión nominal monofásica		220V				
Límites de tensión de funcionamiento	60 Hz	mín 187V ÷ máx 253V				

Al retirar el panel frontal, los componentes eléctricos aparecerán delante de todo. Los cables de alimentación eléctrica pueden ser introducidos en los orificios para los tubos. Si el tamaño de los orificios no es el adecuado, adaptar las dimensiones de estos últimos. Asegúrese de juntar el cable de alimentación y el cable de conexión de la unidad interior/externo con fleje (de venta en el mercado), de manera que no entren en contacto ni con el compresor, ni con el tubo de descarga ni con las tuberías calientes. Al fin de garantizar la correcta resistencia a la tracción, fijar los cables eléctricos con sujetacables situados en la placa (Ver fig. 10).

Ver fig. 11

- ① Unidad interior
- ② Unidad exterior
- ③ Interruptor principal
- ④ Fusible retardado o interruptor automático
- ⑤ Cable de conexión de la alimentación eléctrica (cableado en el local)
- ⑥ Cable de conexión (externo)
- ⑦ Cable de conexión (interno)

- Tierra
- L Alimentación eléctrica
- N Neutro
- 1 - 2 - 3 conexión unidad interior/externo

IMPORTANTE

El conductor de tierra previsto para el cable de conexión unidad interior - unidad exterior tiene que estar engrapado a un terminal de cable con objeto de cobre recocido estañado con orificio para tornillo M4.

Dimensiones cableado – Ver fig. 11 B.
 Tipo y dimensiones de los cables: H07RN-F 4x1 mm²
 Dimensiones de los cables para hi-wall 42XPP:
 S1=35mm, S2=45mm

Interior- exterior	Seleccionar el cable, los cables deben ser del tipo H07 RN-F (4x1 mm). Conectar el cable de conexión al borne identificado por el número correspondiente indicado sobre la caja de bornes de la unidad interior y exterior.
Mando con cable	Para la instalación de control remoto con cable consultar el manual de instalación del mando
Alimentación	Seleccionar el cable, los cables deben ser del tipo H07 RN-F (3x2,5 mm). Verificar que la conexión de la alimentación eléctrica se realice por medio de un interruptor conforme con las normativas nacionales.

Configuración del sistema

Para informaciones sobre el display y los botones del mando a distancia consultar el manual del mando a distancia.

Identificación de la zona y direcciones de la unidad

2 \wedge 3V 4M 7 \Rightarrow 1 \odot		C \Rightarrow D \square \square F 1 2 S \Rightarrow \Rightarrow	
1	Pulsar los botones [4] y [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante 5 segundos más. El display se ajustará a cero, [S] visualizará el primer elemento de configuración (rAdr = dirección remota) y [C] visualizará el valore predef		
2	Pulsar repetidamente los botones [4] hasta que "UAdr" no aparecerá visualizado.		
3	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido (1) de la dirección de la unidad [C] con el nuevo valor (1-240), icono [F,C].		
4	Pulsar el botón [7] para enviar el mensaje de configuración a la unidad		
5	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que no aparezca "ZONAS" visualizado [S].		
6	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido (1) de zona [C] con el nuevo valor (1-240), icono [F,C].		
7	Pulsar el botón [7] para enviar el mensaje de configuración a la unidad.		
8	Pulsar el botón [1] para salir del menú de configuración o no pulsar ningún otro botón durante más de 30 segundos		

Selección de puesta en marcha después de un corte de corriente

2 \wedge 3V 4M 7 \Rightarrow 1 \odot		C \Rightarrow D \square \square F 1 2 S \Rightarrow \Rightarrow	
1	Pulsar los botones[4] y [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante más de 5 segundos. El display se ajustará a cero, [S] visualizará el primer elemento de configuración (rAdr = dirección remota) y [C] visualizará el valor predefinido de este elemento de configuración (Ab = mando de ambas unidades interiores).		
2	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que "A St" no aparecerá visualizado.		
3	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido [C] de nueva puesta en marcha automática en la última modalidad de funcionamiento (On) con el nuevo valor de puesta en marcha en modalidad OFF (OF)		
4	Pulsar el botón [7] para enviar el mensaje de configuración a la unidad.		
5	Pulsar el botón [1] para salir del menú de configuración o no pulsar ningún botón durante más de 30 segundos,		

Otras configuraciones del mando

2 \wedge 3V 4M 7 \Rightarrow 1 \odot		C \Rightarrow S \Rightarrow \Rightarrow	
1	Pulsar los botones [3] y [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante más de 5 segundos. El display se ajustará a cero, [C] visualizará el primer elemento de configuración (CH = dirección remota) y [S] visualizará el valor predefinido de este elemento de configuración (Ab = mando de ambas unidades interiores).		
2	Pulsar el botón [7] para convalidar y memorizar la configuración.		
3	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que "tU" no sea visualizado.		
4	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido [S] de la temperatura en Grados Celsius (C) con el nuevo valor en Grados Fahrenheit (F).		
5	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que "Hr" no sea visualizado.		
6	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido [S] de la temperatura máxima de setpoint de calefacción admitida en Grados Celsius (32) o en Grados Fahrenheit (90) con el nuevo valor en Grados Celsius (17+32) o en Grados Fahrenheit (63+90).		
7	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que "Cr" no sea visualizado.		
8	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido [S] de la temperatura mínima de setpoint de refrigeración admitida en Grados Celsius (17) o en Grados Fahrenheit (63) con el nuevo valor en Grados Celsius (17+32) o en Grados Fahrenheit (63+90).		
9	Pulsar el botón [7] para convalidar y memorizar la configuración		
10	Pulsar repetidamente el botón [4] hasta que "CL" no sea visualizado.		
11	Pulsar el botón [2] o [3] para modificar el valor predefinido [S] relativo al Tiempo expresado en AM/PM (12) con el nuevo valor de tiempo expresado en 24 horas (24).		
12	Pulsar el botón [7] para convalidar y memorizar la configuración.		
13	Pulsar el botón [1] para salir del menú de configuración o no pulsar ningún botón durante más de 30 segundos.		

Verificación del sistema

Unidad exterior

Se pueden diagnosticar los tipos de problemas de la unidad exterior con las indicaciones de los LEDs situados en el tablero P.C. de control de ciclo de la unidad exterior.

Utilícelos para realizar comprobaciones varias. Antes de realizar una comprobación, asegúrese que todos los componentes del interruptor de inmersión estén en posición OFF (apagado).

Indicaciones de los LEDs y verificación de código

Indicación del LED	Tablero P.C. de control de ciclo				Causa
	Indicación del LED				
	D800	D801	D802	D803	
D800 O: Rojo	○	●	●	●	Error en el sensor del intercambiador de calor (TE)
	●	●	○	●	Error en el sensor de aspiración (TS)
	○	○	●	●	Error en el sensor de descarga gas caliente (TD)
	●	○	●	○	Error en la protección para altas presiones
D801 O: Amarillo	●	○	●	●	Error en el sensor de temperatura aire exterior (TO)
	○	○	○	●	Error motoventilador exterior DC
D802 O: Amarillo	○	●	●	○	Error de comunicación con IPDU (Parada anormal)
	●	○	●	○	Operación de liberación de alta presión
D803 O: Amarillo	●	○	○	●	Error en la temperatura de descarga gas caliente demasiado elevado
	○	○	●	○	Error en EEPROM
◇: Parpadeante	●	●	○	○	Error de comunicación con IPDU (Parada sin anomalías)
●: Apagado	◇	●	●	●	Protección G-Tr para cortocircuitos
○: Encendido	●	◇	●	●	Error en el circuito de detección
	◇	◇	●	●	Error en el sensor activo
	●	●	◇	●	Error en el bloqueo del compresor
	◇	●	◇	●	Error en el compresor

Unidad interior

- Efectuar la prueba funcional después de que las unidades hayan sido instaladas y después de haber completado el test de estanqueidad.
- Controlar todas las conexiones eléctricas (instrucciones y esquemas)
- Introducir las baterías en el mando a distancia y dejarlo apagado (OFF).
- Dar tensión al sistema (ON). Para mayores informaciones sobre el display y los botones del mando a distancia consultar el manual del mando a distancia.
- Pulsar los botones [2] e [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante más de 5 segundos. El display se ajustará a cero, [S] visualizará el icono "Src" (test de servicio).

Cuando es seleccionada la modalidad "prueba" la unidad empieza a funcionar como se indica a continuación:

- El LED verde y el LED amarillo parpadean cada 2 segundos.
- El ventilador interno funciona a baja velocidad.
- El louver opera en posición "Auto heat" o "Auto cool" según la modalidad de funcionamiento.
- El sistema funciona en Modalidad Refrigeración a una frecuencia del compresor fija durante

aproximadamente 3 minutos.

- El sistema se detiene durante 3 minutos
- El sistema funciona en Modalidad Calefacción a una frecuencia del compresor fija durante aproximadamente 3 minutos o hasta llegar a la temperatura de la batería interior de 40°C.

En modalidad refrigeración o calefacción, verificar lo siguiente:

1. La diferencia entre la temperatura ambiente interior y la temperatura de salida del aire de la unidad interior debe ser mayor de 3°C.
2. El ventilador interno debe funcionar a baja velocidad.
3. El louver debe funcionar en "Auto heat" o "Auto cool" según la modalidad de funcionamiento.
4. El sistema no debe señalar problema de funcionamiento alguno. Si una de las condiciones antes expuestas no se produce controlar la correcta instalación del sistema. Al final del test, pulsar el botón del mando a distancia para salir de la función de prueba.

Nota: Transcurridos 30 minutos sin que ningún botón haya sido pulsado, el mando a distancia sale automáticamente del menú de prueba y recupera el funcionamiento normal.

Verificación del sistema

Código de error

La unidad interior es capaz de interceptar el mal funcionamiento del sistema parándolo inmediatamente. Con el diagnóstico activo, los led verde (P) y amarillo (R) empiezan a parpadear a intervalos de 0,1 segundos indicando un código de error que nos localiza la avería. El led amarillo (R) indica las decenas. El led verde (P) indica las unidades. Entre el encendido del led amarillo y el encendido del verde pasan aproximadamente 2 segundos. Al final de la secuencia ambos LED permanecen apagados durante aproximadamente 4 segundos.

Ejemplo:

Código de error 12

- El led amarillo realiza un parpadeo (indica la decena).
- Durante 2 segundos ambos led están apagados.
- El led verde parpadea dos veces a una frecuencia de 0,5 segundos.
- Durante 4 segundos ambos led están apagados.

La secuencia de error antes descrita se repite hasta que la avería no se haya reparado.

En caso de que el código de error sea inferior a 10, el led amarillo (R) no parpadea.

Cod.	Descripción
2	Avería de la bomba de condensación o avería en el sistema de drenaje del agua
3	Fallo del sensor de aire de la unidad interior
4	Fallo del sensor de batería de la unidad interior (TC)
8	Acoplamiento entre la unidad exterior y la unidad interior no permitido
10	Avería software de la unidad interior (EEProm averiada)
12	Avería software de la unidad interior (Dirección/Zona)
14	Pérdida de señal del CDU
15	Fallo del sensor de batería de la unidad interior (TCJ)
17	Fallo del sensor de aire de la unidad exterior (TO)
18	Avería en el cuadro eléctrico de la unidad exterior (protección corto-circuito G-Tr)
20	Error en el circuito de detección de la posición
21	Fallo del sensor de corriente de la unidad interior
22	Avería del detector de intercambio de calor unidad exterior
23	Avería del detector de temperatura de evacuación de la unidad exterior
24	Avería en el ventilador de la unidad exterior
26	Otra avería en la unidad exterior
27	Bloqueo compresor de la unidad exterior
28	Avería de la temperatura de evacuación de la unidad exterior
29	Avería compresor unidad exterior
30	Otra avería en la unidad exterior
31	Alta temperatura/descarga presión de la unidad exterior

Selector de direcciones

Si se instalan dos unidades interiores en la misma habitación y se desea que las dos unidades funcionen de manera independiente una de la otra, cada unidad deberá tener una propia dirección de manera que se pueda hacer funcionar cada una con el propio mando a distancia. Este procedimiento de configuración no es obligatorio pero podría ser necesario en función de los requisitos de la instalación. Por lo que respecta al display y al botón del mando a distancia, referirse al manual del mando a distancia.

Configuración de la unidad

2 \wedge 3 \vee 4 M 7 \Rightarrow 1 $\text{\textcircled{1}}$		D [A] [B] S $\text{\textcircled{88}}$ $\text{\textcircled{88}}$
1	Pulsar los botones [4] y [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante más de 5 segundos. El display se ajustará a cero, [S] visualizará el primer elemento de configuración (rAdr = dirección remota) y [C] visualizará el valor predefinido de este elemento de configuración (Ab = mando de ambas)	
2	Pulsar el botón [2] o [3] para modificarse el valor predefinido [Ab] con el nuevo valor (A) o (b).	
3	Pulsar el botón [7] para enviar el mensaje de configuración a la unidad.	
4	Pulsar el botón [1] para salir del menú de configuración o no pulsar ningún botón durante más de 30 segundos.	

Configuración a distancia

2 \wedge 3 \vee 4 M 7 \Rightarrow 1 $\text{\textcircled{1}}$		C $\text{\textcircled{88}}$ D [A] [B] S $\text{\textcircled{88}}$ $\text{\textcircled{88}}$
1	Pulsar los botones [3] y [7] del mando a distancia de rayos infrarrojos manteniéndolos pulsados durante más de 5 segundos. El display se ajustará a cero, [C] visualizará el primer elemento de configuración (CH = dirección remota) y [S] visualizará el valor predefinido de este elemento de configuración (Ab = mando de ambas)	
2	Pulsar el botón [2] o [3] para modificarse el valor predefinido [Ab] con el nuevo valor (A) o (b).	
3	Pulsar el botón [7] para enviar el mensaje de configuración a la unidad.	
4	Pulsar el botón [1] para salir del menú de configuración o no pulsar ningún botón durante más de 30 segundos.	

Para el procedimiento de vaciado consultar el manual de las conexiones de refrigeración.

Dispositivos de protección de la unidad

Modalidad de funcionamiento	Tipo de dispositivos de seguridad	Qué sucede	Activación del dispositivo de seguridad
Calefacción	Protección de los chorros de aire frío	El ventilador interno se apaga o se modifica la velocidad	A la puesta en marcha o durante el funcionamiento
Calefacción	Protección de temperaturas demasiado elevadas del intercambiador de calor	La frecuencia de funcionamiento del compresor es reducida o completamente detenida.	Durante el funcionamiento
Calefacción	Ciclo de desescarche del intercambiador de calor externo	Los ventiladores de las unidades interior y exterior se apagan	Durante el funcionamiento
Refrigeración	Protección desescarche del intercambiador de calor interno	La frecuencia de funcionamiento del compresor es reducida o completamente detenida.	Durante el funcionamiento
Refrigeración o calefacción	Puesta en marcha retardada del compresor	El compresor no se pone en marcha inmediatamente al encender el aparato	A la puesta en marcha o cuando se cambia la modalidad

! IMPORTANTE!

Durante el funcionamiento en modalidad de calefacción de la bomba de calor, la unidad realiza ciclos de desescarche para eliminar el hielo que eventualmente se ha formado en la unidad exterior a causa de las bajas temperaturas. Durante el desescarche, el ventilador interno se apaga automáticamente y no se pone de nuevo en marcha hasta que no ha terminado el desescarche.

Mantenimiento

Las siguientes operaciones de mantenimiento deben ser efectuadas solamente por personal cualificado.

Limpieza de la batería

Si es necesario, para una limpieza más meticulosa de la batería.

Seguir las indicaciones que se muestran a continuación:
 Apagar el circuito de alimentación.
 Quitar la tapa superior de la unidad destornillando los

tornillos de fijación.

Levantar la tapa.

Limpiar atentamente la batería con un aspirador operando desde el interior hacia el exterior.

Con el aspirador mismo, eliminar el polvo del hueco y de las aspas del ventilador.

Prestar atención a no dañar las aspas para evitar vibraciones y ruidos extraños.

Colocar de nuevo la tapa y apretar los tornillos de fijación.

Después de haber colocado las pilas en el control, la lectura de la visualización no se enciende:

- Las pilas están descargadas o colocadas con la polaridad equivocada; reemplazar las pilas o comprobar la polaridad.

Al pulsar el botón empotrado de regulación del reloj, las cifras de la hora en la visualización no centellean:

- El botón empotrado no se ha pulsado correctamente; mantener el botón pulsado durante al menos 5 segundos.

Al pulsar cualquier botón todos los símbolos aparecerán en la visualización:

- El control ha sido dañado irreversiblemente; reemplazarlo por uno nuevo.

Al pulsar el botón de puesta en marcha, la unidad no confirma la señal por medio de la emisión de un sonido "bip":

- El suministro está apagado, encenderlo.
- Las pilas del control están descargadas; reemplazarlas.
- El control no se ha dirigido correctamente al receptor de la unidad; apagar el control y repetir la operación en la dirección correcta.
- Existen obstáculos (cortinas, paredes, etc) entre el control y la unidad; repetir la operación después de haber sacado los obstáculos.
- El receptor de la unidad o el control remoto están expuestos a intensa radiación solar; evitar la luz solar directamente sobre la unidad, cerrar las cortinas o contras o desplazar la unidad de control a distancia.
- La señal de transmisión está interrumpida por fuertes interferencias debidas a campos electromagnéticos; evitar enviar señales cuando ordenadores o otros electrodomésticos (batidoras, molinillos, etc) están funcionando cerca.
También los teléfonos sin hilos o celulares pueden interferir con el control.

Al pulsar el botón de parada la unidad no se apaga y no da la confirmación con el 'bip':

- Las pilas del control están descargadas; reemplazarlas.
- El control no se ha dirigido correctamente al receptor de la unidad; apagar el control y repetir la operación en la dirección correcta.
- Existen obstáculos (cortinas, paredes, etc) entre el control y la unidad; repetir la operación después de sacar los obstáculos.
- El receptor de la unidad o el control remoto están expuestos a intensa radiación solar; evitar la luz solar directamente sobre la unidad, cerrar las cortinas o contras o desplazar la unidad de control a distancia.
- La señal de transmisión está interrumpida por fuertes interferencias debidas a campos electromagnéticos; evitar enviar señales cuando ordenadores o otros electrodomésticos (batidoras, molinillos, etc) están funcionando cerca.
También los teléfonos portátiles o celulares pueden interferir con el control.

Al pulsar cualquier botón de funciones, el control muestra la función requerida en la visualización pero la unidad no confirma la recepción con el bip y no llevan a cabo la función:

- Las pilas del control están descargadas; reemplazarlas.

- El control no se ha dirigido correctamente al receptor de la unidad; apagar el control y repetir la operación en la dirección correcta.
- Existen obstáculos (cortinas, paredes, etc) entre el control y la unidad; repetir la operación después de haber sacado los obstáculos.
- El receptor en la unidad o en control a distancia están expuestos a intensa radiación solar; evitar la luz solar directamente sobre la unidad, cerrar las cortinas o contras o desplazar la unidad de control a distancia.
- La señal de transmisión está interrumpida por fuertes interferencias debidas a campos electromagnéticos; evitar enviar señales cuando ordenadores o otros electrodomésticos (batidoras, molinillos, etc) están funcionando cerca. También los teléfonos portátiles o celulares pueden interferir con el control.

El display de control a distancia no se mueve cuando se pulsa un botón cualquiera:

- El símbolo de triángulo 2 ▲ estaba encendido debido a que se estaba transmitiendo otra señal; esperar a que la señal 2 ▲ desaparezca y repetir la operación.

El acondicionador de aire no se pone en funcionamiento:

- El suministro está apagado; encenderlo
- Los fusibles en el interruptor de suministro están quemados; reemplazar los fusibles.
- Esperar durante 3 minutos: la protección contra el ciclaje frecuente del compresor está activada.
- La temperatura seleccionada es superior a la temperatura existentes en la habitación (o es inferior, en el caso del modo de calefacción).

El acondicionador del aire no está suministrando suficiente refrigeración (o calefacción):

- El caudal del aire no está libre.
- Los filtros sucios reducen la cantidad de aire en circulación. El filtro debe limpiarlo sólo personal cualificado.
- Las puertas y/o ventanas están abiertas.
- La velocidad del ventilador sea colocado en baja.
- La dirección del flujo de aire no es correcta para conseguir una ventilación óptima.
- La temperatura seleccionada no es correcta.

La unidad emana una ligera neblina:

- Algunas veces puede notarse una ligera neblina emanando de la salida de aire de la unidad durante el funcionamiento de refrigeración. Esto es debido a la puesta en contacto de aire frío con el aire de la habitación.

Si se oye un ligero ruido de silbido al arranque o la parada en el acondicionador de aire:

- Esto es debido al comienzo de la circulación del refrigerante o el ajuste de la presión del refrigerante. Esta es una condición de funcionamiento normal.



ANEXO 4

MANUAL INSTALACIÓN CON R410A (PARTICULARIDADES) CARRIER

Información general

- El acondicionador utiliza el nuevo refrigerante HFC (R410A) ecológico que no daña la capa de ozono.
- El refrigerante R-410A funciona con presiones del 50%-70% más altas que el R-22. Asegurarse que el equipo de mantenimiento y los componentes de repuesto sean aptos para funcionar con el R-410A.
- Los cilindros de refrigerante R-410A tienen un tubo que permite que el líquido salga estando el cilindro en posición vertical con la válvula en la parte superior.
- Los sistemas R-410A deben ser llenados con líquido refrigerante. evono essere caricati di liquido refrigerante. Aplicar un dispositivo de dosificación disponible en el comercio en el tubo de manguito para vaporizar el refrigerante líquido antes de la entrada a la unidad.
- El R-410A, como otras HFC es compatible solamente con los aceites seleccionados por el fabricante de los compresores indicados.
- La bomba de vacío no es suficiente para liberar el aceite de la humedad.
- Los aceites POE absorben rápidamente la humedad. No exponer el aceite al aire.
- No abrir nunca el sistema al aire cuando está bajo vacío.
- En el caso de que sea necesario abrir el sistema para efectuar el mantenimiento, interrumpir el vacío mediante nitrógeno seco y reponer los secadores de los filtros.
- No tirar el R-410A en el medio ambiente.
- Efectuar solamente los acoplamientos autorizados entre la unidad interior y la unidad exterior.

Conectar la unidad interior y exterior utilizando tubos de cobre acoplamiento lateral comprados en el terreno.

Utilizar solamente tubos de cobre aislado (tipo Cu DHP conformemente con la norma ISO1337) del tipo sin soldadura, sin grasa y sin oxidaciones, adecuados para presiones de trabajo de al menos 2200 kPa y a una presión de explosión de al menos 20700 kPa.

ADVERTENCIA: Bajo ninguna circunstancia usar tubería de cobre de tipo sanitario.

EJECUCIÓN DE LAS CONEXIONES DEL REFRIGERANTE

DIMENSIONAMIENTO DE LOS TUBOS

AVELLANADO DE LOS TUBOS

CONEXIÓN DE LOS TUBOS

EVACUACIÓN DEL AIRE

TEST DE ESTANQUEIDAD

AISLAMIENTO DE LOS TUBOS



ADVERTENCIA:

- No dejar nunca el sistema abierto al aire más allá del tiempo mínimo necesario para la instalación.
- El aceite contenido en el compresor es extremadamente higroscópico.
- Mantener siempre cerradas las extremidades de los tubos durante la instalación.
- La cantidad máxima residual de aceite utilizada para el funcionamiento del tubo es 40 mg / 10 m.

Utilización de los tubos

ALMACENAMIENTO: Precintar el extremo de los tubos eligiendo una de las modalidades indicadas:

	Capuchón: Aplicar un capuchón en el extremo del tubo
	Plegado: Plegar cerrando el extremo del tubo de cobre y soldar todos los extremos cerrados
	Cerrar con cinta: Envolver el extremo del tubo de cobre con una cinta de vinilo

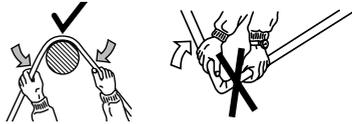
UTILIZACIÓN: Precauciones de uso para las tuberías del refrigerante:

	Limpio: Verificar que no hay trazas de suciedad
	Seco: Verificar que no haya agua en el interior del tubo
	Estanqueidad: Verificar que no haya pérdidas de refrigerante por el tubo

Utilización

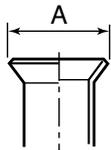
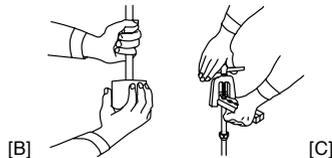
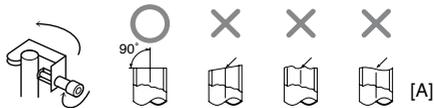
PLEGADO

Modelar el tubo con las manos.
No aplastar o retorcer el tubo.
Evitar curvas inútiles y pliegues.

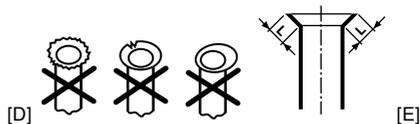


Avellanado del tubo

1. Quitar los casquillos protectores de los extremos de los tubos de cobre.
2. Colocar el extremo del tubo hacia abajo.
3. Cortar el tubo a la longitud requerida [A].
4. Sacar las virutas de corte con una cuchilla para rebabar [B].
5. Quitar las bridas de las conexiones de la unidad y colocarlas en el extremo del tubo.
6. Hacer la avellanadura con una máquina para avellanar [C]. La avellanadura no debe tener rebabas ni imperfecciones [D]. La longitud de la paredes avellanadas debe ser uniforme [E].



	Ø	A (+0 ÷ -0,4)	
1/4"	6,35 mm	9,1 mm	
3/8"	9,52 mm	13,2 mm	
1/2"	12,7 mm	16,6 mm	
5/8"	15,9 mm	19,7 mm	

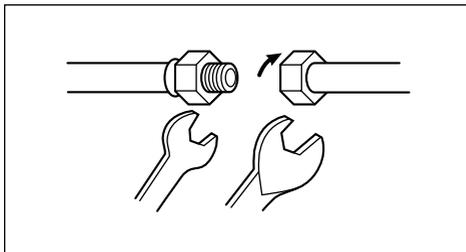


Conexiones

TUBOS

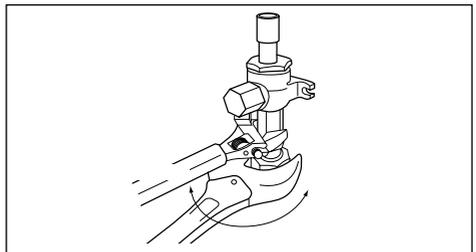
Alinee los centros de los tubos de conexión y enroscar las tuercas abocinadas con los dedos hasta donde sea posible.

A continuación, apriete la tuerca con una llave inglesa o dinamométrica según se muestra en la figura.



VÁLVULAS

Tal como se muestra en la figura, tener cuidado de utilizar dos llaves para destornillar o apretar la tuerca abocinada de la válvula del lado del gas. Si utiliza una llave inglesa simple, la tuerca no se podrá apretar con el suficiente par de apriete. Sin embargo, deberá utilizar una llave inglesa simple para aflojar o apretar la tuerca abocinada de la válvula en el lateral del líquido.



Conexiones

PAR DE TORSION

Par de torsion					
Válvula/Diámetro del tubo	Tuerca bocardada	Casquillo de válvula	Casquillo toma presión	Aguja de válvula	Toma de presión
	Nm	Nm	Nm	Nm	Nm
1/4" / 6,35 mm	18	20	-	9	-
3/8" / 9,52 mm	42	20	-	9	-
1/2" / 12,70 mm	55	40	16 - 18	13	0,34
5/8" / 15,87 mm	65	40	16 - 18	13	0,34
3/4" / 19,05 mm	100	40	16 - 18	13	0,34

⚠ ATENCIÓN:

Un par de torsión insuficiente ocasionará fugas de gas. Si se aprieta excesivamente se puede avellanar el tubo y provocar pérdidas de gas.

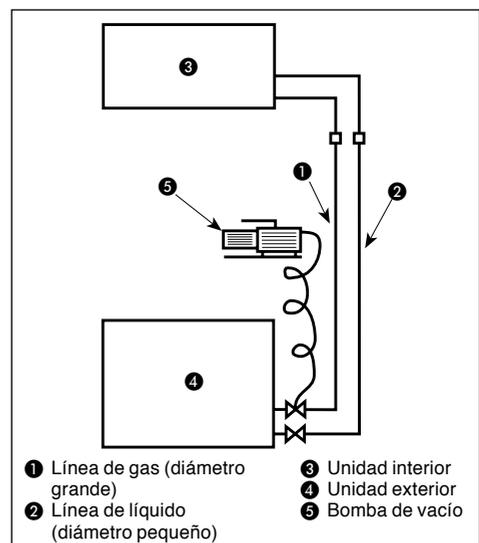
Evacuación del aire

⚠	<p>ATENCIÓN: No evacuar el gas refrigerante en la atmósfera para no dañar el medio ambiente. Evacuar el aire (nitrógeno, etc.) residual con la ayuda de una bomba de vacío. El aire residual podría disminuir la capacidad del aparato. Verificar que la bomba de vacío utilizada esté provista de la función preventiva de reflujo de manera que el aceite contenido en la bomba no refluya en el tubo del acondicionador al detenerse la bomba.</p>
⚠	<p>ADVERTENCIA: Usar una bomba de vacío solamente para evacuar el aire de la tubería.</p>
⊘	<p>No usar NUNCA el compresor del sistema como si fuera una bomba de vacío.</p>
⊘	<p>NO usar nunca gas refrigerante de la unidad para purgar los tubos de conexión (No se provee refrigerante adicional en la unidad para este fin).</p>
!	<p>Por lo que respecta a la bomba de vacío, verificar que el aceite alcance el nivel indicado por el indicador del aceite.</p>

En caso de instalación del multisplit, la evacuación del aire debe realizarse siguiendo los procedimientos descritos a continuación para cada una de las unidades interiores.

- 1) Conectar el tubo de carga a la unidad exterior.
- 2) Conectar el tubo de carga al adaptador de la bomba de vacío. Mantener las válvulas de interceptación en posición completamente cerrada.
- 3) Abrir completamente la manilla LO.

- 4) Encender la bomba de vacío.
- 5) Evacuar el aire hasta que el manómetro indique -101 kPA (-76cm Hg) después de aproximadamente 15 minutos.
- 6) Cerrar completamente la manilla LO.
- 7) Apagar la bomba de vacío.
- 8) Mantener estas condiciones durante aproximadamente 2 minutos y verificar que el manómetro compuesto no esté subiendo.
- 9) Abrir completamente las válvulas de interceptación: antes de del líquido, después de del lado del gas.
- 10) Quitar los tubos de carga.
- 11) Cerrar solidamente la válvula e introducir los tapones en la toma de presión.



- ① Línea de gas (diámetro grande)
- ② Línea de líquido (diámetro pequeño)
- ③ Unidad interior grande
- ④ Unidad exterior
- ⑤ Bomba de vacío

Prueba de estanqueidad

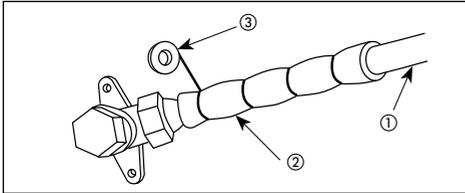
- Colocar de nuevo los casquillos y comprobar si existen fugas.
- Una vez realizadas todas las conexiones, comprobar las posibles pérdidas mediante un detector de fuga específico para los refrigerantes HFC.
- Después de la comprobación de fugas, abrir completamente las válvulas de dos y tres vías.



ADVERTENCIA:

No superar los límites de parada de la válvula.

Aislamiento de las tuberías



Revestir las válvulas y los tubos con aislante anticondensación y Fijarlo con cinta adhesiva sin comprimir excesivamente el aislante. Reparar y cubrir todas las grietas posibles en el aislamiento. Fijar la tuberías a la pared por medio ganchos o conductos.

- ① Tubo
- ② Aislamiento del tubo
- ③ Cinta de sujeción

Verificación de la carga de refrigerante

Esta comprobación es necesaria después de cualquier fuga de refrigerante debida a la conexión incorrecta, o al replazamiento del compresor.

El mejor modo para cargar correctamente el refrigerante es vaciar completamente el circuito del líquido refrigerante con la ayuda de los instrumentos de recuperación del refrigerante. Cargar entonces la cantidad exacta de refrigerante como está indicado

en la placa de la unidad teniendo en consideración las cargas suplementarias indicadas en el manual de instalación.

Los sistemas R-410A deben ser cargados con refrigerante en fase líquida. Aplicar al equipamiento de dosificación disponible en el mercado, un tubo con manguito para vaporizar el refrigerante líquido antes de la entrada en la unidad.

Pump down

La operación de bombeo permite recoger todo el gas refrigerante en la unidad externa. Este proceso debe realizarse antes de la desconexión de las tuberías para evitar la pérdida de refrigerante, cuando la unidad deba ser reparada o instalada en otro lugar.

1. Cerrar la válvula de la línea del líquido con la llave hexagonal.
2. Poner la unidad en funcionamiento en modo frío con el ventilador de la unidad interior a alta velocidad. El compresor se pondrá en marcha inmediatamente si han transcurrido, más de tres minutos desde la

última parada de la unidad.

3. Dos minutos después de la puesta en marcha, cerrar la válvula de la tubería de aspiración con la llave hexagonal, que previamente se habrá colocado en la válvula.
4. Apagar el sistema y desconectar el suministro principal de potencia.
5. Desconectar las tuberías.
Una vez desconectada la unidad, proteger contra el polvo las válvulas y los extremos de las tuberías marcha con una presión de aspiración negativa.

Herramientas

Herramientas solo para R-410A

Avellanadora
Instrumento de regulación del margen saliente del tubo de cobre
Llave torsiométrica
Manómetro

Tubo de carga
Adaptador bomba de vacío
Balanza electrónica para la carga del refrigerante
Bombona del refrigerante
Detector de escapes
Bombona de carga

