

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

**Mejora energética de las instalaciones
de climatización e iluminación en
Tecnoconfort**



Grado en Ingeniería
en Tecnologías Industriales

Trabajo fin de grado

Diego San Martin Donamaria

Alvaro Martínez Echeverri y
Francisco Javier Cano

Pamplona, 25 de Junio de 2015

Resumen.

Mi proyecto es sobre la sustitución del sistema de aire acondicionado actual en las oficinas, la enfriadora industrial y el sistema de iluminación. Además explico un sistema para obtener ahorros en la refrigeración. Este sistema se llama free cooling.

En mi proyecto el objetivo mas importante es la mejora de la eficiencia energética.

Decidí instalar una nueva tecnología llamada VRV para el sistema de aire acondicionado. Con este sistema conseguimos obtener grandes ahorros debido al cambio de presión en el refrigerante.

La mejora en el sistema de iluminación es la instalación de luces LED en la planta. La potencia de las luces baja un 50%.

Con mi proyecto el consumo eléctrico se reduce entre un 20% y un 50% , dependiendo de la parte del proyecto.

Summary.

My project is about the replacement of the current air conditioning system in the offices, chiller and illumination system. Also I explain a system to obtain savings in the refrigeration. This system is called free cooling.

In my project the most important objective is the improvement of the energy efficiency.

I decided to install a new technology called VRV to the air conditioning system. With this system we can obtain a huge savings due to the change of the pressure in the refrigerant.

The improvement in the illumination system is the installation of LED lightings in the plant. The power of the lighting reduces 50%.

With my project the electricity consumption is reduced between 20% and 50%, depending on the part of the project.

Palabras claves.

Eficiencia energética, climatización, frio industrial, R22 y LED.

Keywords.

Energy efficiency, air conditioning, industrial cold, R22 and LED.

INDICE

<u>1.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	7
<u>1.1</u>	<u>Marco del trabajo</u>	7
<u>1.2</u>	<u>Objetivos</u>	7
<u>1.3</u>	<u>Problemática con el R22</u>	8
<u>2</u>	<u>Cambio de la climatizacion en las oficinas</u>	10
<u>2.1</u>	<u>Motivos de la realizacion de esta parte del proyecto</u>	10
<u>2.2</u>	<u>Explicacion del funcionamiento de un ciclo de refrigeracion</u>	10
<u>2.3</u>	<u>Tipos de bombas de calor</u>	13
<u>2.4</u>	<u>Explicacion del sistema actual de climatizacion y alternativas posibles</u>	14
<u>2.5</u>	<u>Eleccion del sistema actual de climatizacion</u>	16
<u>2.6</u>	<u>Cargas termicas en las oficinas</u>	17
<u>2.7</u>	<u>Eleccion de los equipos a instalar en cada zona</u>	31
<u>2.8</u>	<u>Futuros ahorros con el nuevo sistema</u>	36
<u>2.9</u>	<u>Caracteristicas del refrigerante R-410A</u>	38
<u>2.10</u>	<u>Desarrollo del proyecto</u>	41

2.11 Presupuesto de la instalacion.....42

2.12 Imagenes42

3 Cambio de la actual enfriadora por una nuevaError!

Marcador no definido.

3.1 Funcion de la enfriadora46

3.2 Explicacion sobre el funcionamiento de una enfriadora industrial y tipos que existen46

3.3 Explicacion de la instalacion actualde la enfriadora industrial.....49

3.4 Motivos de la realizacion de esta parte del proyecto52

3.5 Enfriadora industrial antigua.....52

3.6 Descripcion de la nueva enfriadora industrial.....56

3.7 Acciones e instalaciones necesarias para la nueva enfriadora70

3.8 Futuros ahorros con la nueva enfriadora71

3.9 Caracteristicas del refrigerante utilizado, el R134A.....72

3.10 Fechas para la instalacion de la nueva enfriadora74

3.11 Presupuesto para la enfriadora industrial de la marca Daikin.....74

4 Sitema de free cooling.....76

4.1	<u>Situacion del free cooling cuando llegue a Tecnoconfort</u>	76
4.2	<u>Explicacion del free cooling</u>	76
4.3	<u>Instalacion de free cooling en Tecnoconfort</u>	77
4.4	<u>Mi aportacion al sistema de free cooling</u>	77

5 Cambio de las luminarias de la planta.....79

5.1	<u>Introduccion</u>	79
5.2	<u>Situacion anterior</u>	79
5.3	<u>Caracteristicas y diferentes tipos de lamparas de vapor de sodio</u>	81
5.4	<u>Lamparas existentes en Tecnoconfort</u>	83
5.5	<u>Opcion escogida para el cambio de lamparas</u>	84
5.6	<u>Desarrollo de esta parte del proyecto</u>	88
5.7	<u>Presupuesto del cambio de luminarias</u>	132
5.8	<u>Conclusiones de la parte del proyecto de las luminarias</u>	132

6 Conclusiones.....132

7 Agradecimientos.....133

8 Bibliografia133

1 Introducción

1.1 MARCO DEL TRABAJO

Este Proyecto de Fin de Grado (TFG) ha sido realizado por el alumno Diego San Martin Donamaria, con el fin de obtener el título de Ingeniero en Tecnologías Industriales y para resolver unos problemas existentes en Tecnoconfort S.A. Este proyecto ha sido realizado en la empresa Tecnoconfort S.A entre el 16 de Febrero de 2015 y el 20 de Junio de 2015. Esta empresa se encarga de suministrar los asientos del Volkswagen Polo a Volkswagen Navarra. Con la realización de este proyecto se consigue un objetivo doble, la obtención del título académico por parte del alumno y la aplicación real del proyecto en la empresa.

1.2 OBJETIVOS

Durante los 4 meses de estancia en Tecnoconfort S.A, aborde diferentes temas, los cuales me propusieron como mi Proyecto de Fin de Grado. Estos temas fueron el cambio del sistema de climatización de las oficinas, la sustitución de la enfriadora industrial por una nueva, mejora del sistema de free cooling existente en Tecnoconfort S.A y el cambio de las lámparas existentes en la planta por unas nuevas que consumieran menos sin reducir la cantidad de luxes en la planta.

Los dos primeros temas, el cambio del sistema de climatización de las oficinas y la sustitución de la enfriadora industrial vienen motivados por tres aspectos.

El primero por el malestar social que creaban estas instalaciones ya que al estar, en los dos casos, estropeadas ciertas partes de la instalación no cubrían las exigencias necesarias para mantener una temperatura de confort.

El segundo es el estado en el que se encontraban. El sistema de climatización de las oficinas además de ser muy antiguo, 24 años, la mayoría de los equipos estaban estropeados y no funcionaban correctamente, provocando el motivo uno previamente citado.

El último motivo por el que se produjeron estas sustituciones fue el gas refrigerante que usaban. Este gas refrigerante es el R22, un gas que está prohibida su sustitución desde Enero de 2015. Más adelante explicare la problemática existente con este gas refrigerante.

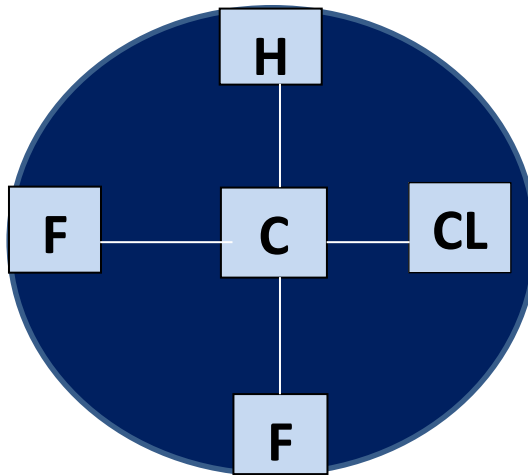
La mejora del sistema de free cooling vino incentivada a que cuando llegaba el fin de semana la programación se perdía y el sistema actuaba de una manera errónea.

Por último, el cambio de las lámparas de la planta tuvo como motivos el ahorro energético y la mejora de la fábrica en eficiencia energética.

1.3 PROBLEMÁTICA CON EL R22

Como ya he explicado antes, una de las razones del cambio en el sistema de climatización es el uso del refrigerante R22.

El gas refrigerante R22 o clorodifluorometano tiene como fórmula molecular CHClF_2 y su forma estructural es:



Es un gas incoloro, con densidad de $1,413 \text{ kg/m}^3$ cuando es líquido a -41°C .

Algunas características suyas son:

- Masa molar: $86,48 \text{ g/mol}$.
- Punto de fusión: -175°C .
- Punto de ebullición: -41°C .
- Temperatura: crítica 96°C .
- Presion critica: $43,96 \text{ atm}$.
- Estructura cristalina: tetraedrico.
- Viscosidad: $12,56$.
- No es inflamable.
- No es toxico.
- Es estable en condiciones normales de presión y

temperatura.

Este gas hasta la década de los 90 era el más utilizado para todos los sistemas y aparatos de refrigeración, debido a su eficiencia energética. A partir de esta década se ha ido cambiando por otros gases que no fuesen nocivos para la capa de ozono.

El problema que tiene el gas R22 es que está dentro de los HCFCs, los cuales contienen cloro. Cuando el R22 se libera al aire, los rayos ultravioleta del sol lo descomponen, dejando escapar el cloro a la estratosfera, dañando la capa de ozono y provocando que estos rayos lleguen a la superficie de la tierra, afectando así al medio ambiente.

Debido a esta problemática, se ha ido sustituyendo el gas R22 por otros que no dañasen la capa de ozono, que tengan bajo efecto invernadero, que no sean tóxicos ni inflamables, que sean estables en condiciones normales de temperatura y presión y que sean eficientes energéticamente. Los sustitutos más utilizados han sido el R410A, el R407C y R134C.

Por ser tan perjudiciales los HCFCs, se impusieron leyes las cuales tenían como objetivo la disminución paulatina del uso de este tipo de gases hasta llegar a la desaparición de su uso.

En el protocolo de Montreal de septiembre de 2007 se recoge todas las medidas tomadas en este tema.

En este protocolo se acordaron reducciones del uso de este tipo de gases, haciendo distinción entre países desarrollados y países en vías de desarrollo.

- Países desarrollados:
Reducción de los HCFCs de 75% para 2010, 90% para 2015 y total para 2020.
- Países en vías de desarrollo:
Reducción de los HCFCs de 1% para 2010, 35% para 2020, 67,5% para 2025 y total para 2030.

Después la Unión Europea puso unas restricciones más severas.

- A partir del 1 de enero de 2004 se prohibió la fabricación de equipos que funcionaran con HCFCs.
- A partir del 1 de enero de 2010 se prohibió la utilización de HCFC puros para el mantenimiento y recarga de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- A partir del 1 de enero de 2015 se prohibió el uso de HCFC reciclado para el mantenimiento y recarga de equipos de refrigeración y aire acondicionado. Lo que está permitido es la utilización de equipos equipados con gases tipo HCFC mientras no se estropeen. No se permite su reparación debido a que hay que extraer el gas y eso está prohibido.

2 Cambio de la climatización en las oficinas

2.1 MOTIVOS DE LA REALIZACION DE ESTA PARTE DEL PROYECTO

Esta parte del proyecto se basa en el cambio del sistema de climatización de las oficinas. Las razones por las cuales se me encargo esta tarea fueron:

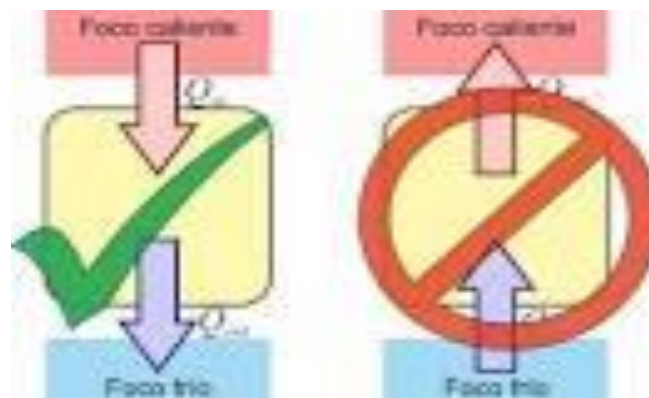
- Parte de los equipos de climatización de las oficinas estaban estropeados.
- La instalación no cubría las necesidades de esta zona de la fábrica.
- Los equipos existentes utilizaban R22.
- Debido al sistema que había y a los equipos instalados, era un sistema poco eficiente energéticamente.

Los equipos antiguos eran equipos 1X1, lo cual significa que una unidad exterior va con una unidad interior. No contaban con ningún sistema de control para poder programar su encendido o su apagado y eran del tipo de TODO O NADA.

Por estos motivos, conseguir una temperatura de confort en la zona de las oficinas era muy complicado y se producía malestar social entre los empleados.

2.2 EXPLICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE UN CICLO DE REFRIGERACION

Ya que en esta parte del proyecto los elementos principales son los equipos de aire acondicionado, voy a explicar su modo de funcionamiento. Estos equipos se basan en el principio que dice que el calor siempre va del foco caliente al foco frío. En nuestro caso estos focos serán el exterior de las oficinas y las oficinas. Dependiendo de si queremos refrigerar o calentar las oficinas el foco caliente será uno u otro. Si lo que se quiere es refrigerar las oficinas, el foco caliente será las oficinas y el foco frío el exterior, en el caso que queramos calentar las oficinas los focos serán a la inversa.



1 Imagen 2.2.1

Los equipos que se van son bombas de calor aire-aire. Ahora ya casi ni se fabrican equipos de aire acondicionado que solo sirvan para enfriar. Esto se debe a que el precio entre uno que solo enfría y

uno que enfría y calienta no son muy dispares debido a que solo hay que añadir una válvula de 4 vías inversora para invertir el sentido del fluido (refrigerante). Además las prestaciones de estos equipos han mejorado mucho en los últimos años con la llegada de los equipos denominados INVERTER.

Ya que estos equipos funcionan con refrigerantes, voy a explicar sus propiedades:

Un refrigerante es un producto químico líquido o gaseoso, fácilmente licuable, que es utilizado como medio transmisor de calor entre otros dos en una máquina térmica. Lo que le hace ser utilizado como medio transmisor son sus características. Ahora voy a citar las más importantes:

- **Punto de congelación.** Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelamientos en el evaporador.
- **Calor específico.** Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- **Volumen específico.** El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión
- **Densidad.** Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- **La temperatura de condensación,** a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- **La temperatura de ebullición,** relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- **Punto crítico** lo más elevado posible.
- No son líquidos **inflamables, corrosivos ni tóxicos.**
- Dado que deben interaccionar con el **lubricante del compresor,** deben ser miscibles en fase líquida y no nocivos con el aceite.

Lo que se consigue con estas características es que a presiones y temperaturas altas, el refrigerante suelta calor y a presiones y temperaturas bajas absorbe calor y por ello es utilizado en los ciclos de refrigeración y calefacción.

Ahora voy a hablar sobre el ciclo tradicional de un equipo enfriador. El ciclo tradicional de un equipo enfriador es el siguiente:

El ciclo consta de 4 elementos principalmente, el condensador, la válvula de expansión, el evaporado y el compresor. Ahora voy a explicar las 4 fases principales que se dan en este ciclo:

Expansión

Al principio, el refrigerante está en estado líquido en la unidad exterior a alta presión. Es necesario enviarlo a la unidad interior y, para conseguir el efecto de refrigeración, se manda a través de una válvula expansión. Con ello se consiguen dos cosas: reducir la presión y la temperatura del líquido, quedando el refrigerante en las condiciones perfectas para la siguiente fase.

Evaporación

El líquido frío a baja presión que sale de la válvula de expansión ahora pasa el evaporador situado en el interior de la habitación que se quiere enfriar. Aquí el aire caliente de la habitación sale a través

del evaporador y lo calienta, mientras que la bobina fría enfría el aire que sopla a través de ella y lo devuelve al hogar. A medida que el refrigerante se calienta, hierve y cambia de líquido frío y se evapora en un vapor caliente. Después de esto va hacia la siguiente fase.

Compresión

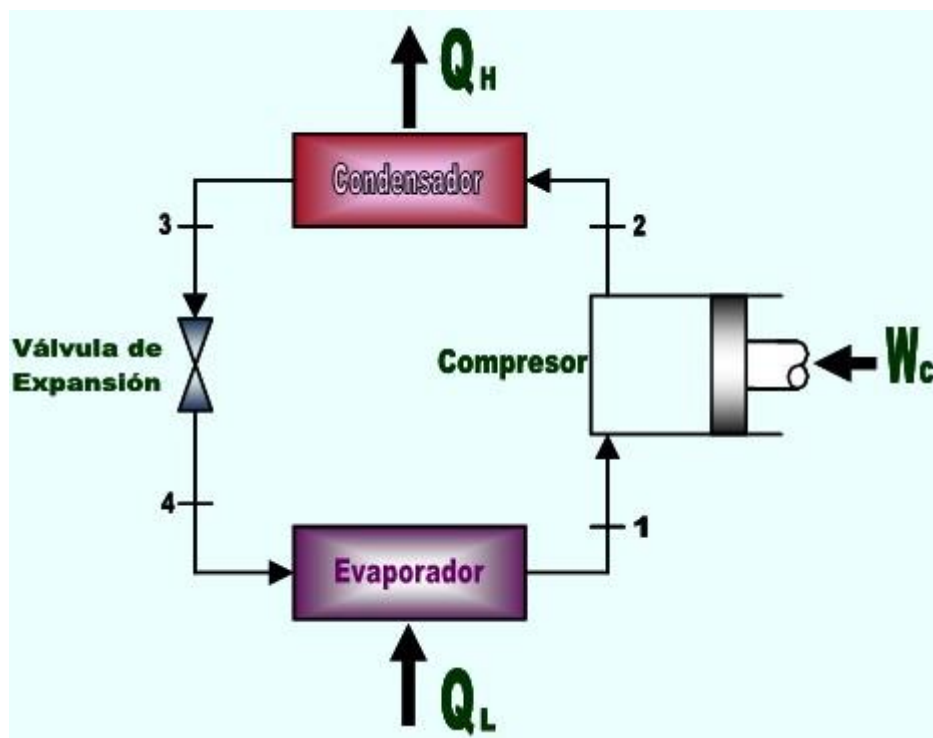
El refrigerante entra al compresor como un vapor caliente de baja presión y sale de allí como un vapor caliente de alta presión. Esta fase es fundamental debido a las características de los refrigerantes previamente citadas.

Condensación

Desde el compresor, el vapor del refrigerante caliente pasa al condensador. Aquí, el vapor del refrigerante caliente a alta presión es enfriado por el aire que es soplado sobre las bobinas del condensador con aletas por el ventilador del condensador, a medida que se desplaza por las bobinas con aletas. A medida que el refrigerante se enfría, cambia de estado de vapor caliente a líquido caliente a alta presión y pasa a la válvula de expansión.

El compresor, la bobina del condensador y el ventilador del condensador están situados en la unidad exterior del equipo de aire acondicionado.

Con este ciclo conseguimos sacar el aire caliente del interior y meter aire frío al interior.



2 Imagen 2.2.2

2.3 Tipos de bombas de calor

Hay diferentes tipos de bombas de calor, una posible clasificación es dependiendo su ciclo de compresión:

- **Ciclo de compresión cerrado:** Las bombas de calor de ciclo de compresión cerrado manejan el fluido circulante en su interior y responsable de la liberación o entrega de calor a temperaturas de 120° C.
- **Ciclo de compresión abierto:** Estas bombas de calor, no requieren calentar el fluido para lograr que mismo cambie de estado, seda o libere calor, sino que el mismo simplemente es manipulado a nivel de su presión, haciendo que a mayor presión se caliente por sí mismo evolucionando en lo que los técnicos denominan ciclo de compresión abierto o MVR.

Pero la clasificación más habitual es dependiendo del tipo de bomba que sea, mejor dicho, de los elementos que actúan en ella:

- **Bombas de calor aire-agua:** Las mismas absorben el aire del ambiente, y generan un intercambio entre el mismo y el agua, restando calor al ambiente y entregándoselo al líquido.
- **Bombas de calor aire-aire:** Estas bombas de calor puede aprovechar el intercambio entre dos elementos iguales generando la liberación o ganancia de calor entre un recinto cerrado y el exterior, genialmente son las que encontramos en funcionamiento en los climatizadores de ambiente.
- **Bombas de calor agua-agua:** Requiere de algunas características como la existencia de aguas subterráneas las cuales tienen una temperatura constante de entre 7 ° C y 12 ° C todo el año, la bomba intercambia calor entre esta agua subterránea y la red de agua de la casa.
- **Bomba de calor geotérmica:** Más costosas que sus competidoras estas bombas de calor extraen el calor contenido en el subsuelo, requieren de grandes dimensiones y una compleja instalación, luego de su puesta a punto generan mayor rentabilidad que cualquier otra pero su precio y requisitos son sus condicionantes.

Ahora vamos a hablar sobre las **bombas de calor aire-aire**, ya que los equipos que he elegido son de estas características:

En este sistema, tanto la calefacción como la refrigeración del espacio acondicionado se consiguen mediante la inversión del flujo del fluido frigorífico (refrigerante con el que se carga el sistema de refrigeración) entre los intercambiadores denominados clásicamente evaporador y condensador. La inversión de este flujo se consigue mediante una válvula de 4 vías accionada mediante un termostato situado en el ambiente acondicionado.

Los intercambiadores dejan de denominarse evaporador y condensador, debido a que actúan tanto una como la otra efectuando la doble función de evaporador y condensador, dependiendo de que el equipo esté trabajando en ciclo de calor o de frío. En un equipo bomba de calor aire-aire estas baterías se denominan:

- **Batería exterior:** la que está efectuando las funciones de condensador en ciclo de frío y de evaporador en ciclo de calor. Está situada en el exterior del espacio acondicionado y de ahí viene su denominación.
- **Batería interior:** situada en el interior del espacio acondicionado actúa como evaporador en ciclo de refrigeración y como condensador en ciclo de calor.

Ambas baterías son de tubo de aleta ya que se trata de intercambiadores aire-refrigerante debido a que el calor siempre se toma y se cede al aire (situado dentro y fuera del espacio acondicionado), de ahí el nombre de bomba de calor aire-aire. Actualmente los equipos bomba de calor aire-aire son del tipo compacto (package) o partidos (split). Sus capacidades oscilan entre las 4.500 y 20.000 Kcal/h y sus características fundamentales son: - La bomba de calor de este tipo cumple la doble función de calefactar y enfriar. En consecuencia con un solo equipo se pueden conseguir las condiciones de confort durante todo el año. Las unidades tanto de calor como de frío para acondicionar un espacio determinado se consiguen mediante una sola fuente de energía (normalmente la eléctrica). - El calor suministrado por el equipo en el ciclo de calor es de dos o tres veces superior al absorbido por el equipo para su funcionamiento. No se precisan chimeneas ni tomas de aire para que el equipo funcione. En consecuencia se reducen los costes de instalación.

2.4 EXPLICACION DEL SISTEMA ACTUAL DE CLIMATIZACION Y ALTERNATIVAS POSIBLES

Después de explicar qué tipo de bomba de calor son los equipos seleccionados, voy a hablar sobre la opción que he tomado para la instalación en las oficinas.

Como mi proyecto se basaba en la búsqueda de la eficiencia energética, estuve pensando cómo conseguirla. La antigua instalación estaba basada en equipos unitarios, cada equipo exterior iba con un equipo interior o como mucho con dos equipos interiores (existía un equipo 2X1 en las oficinas). Este sistema tiene varios inconvenientes:

- **Control de la temperatura más** complicado ya que cada equipo se controla desde un mando y conseguir una temperatura uniforme de confort es muy complicado.
- **Mayor gasto energético.** Además de que todos los equipos funcionaban en modo de TODO O NADA, no existe ningún mecanismo de control para parar los equipos situados en zonas en las cuales no haga falta climatizar más.
- **El mantenimiento.** Al haber tantas unidades exteriores diferentes, su mantenimiento es más laborioso y por lo tanto más costoso.

Por lo tanto la idea que escogí fue colocar un sistema centralizado que controle las temperaturas existentes en el local y además de ganar en confort, se consigue un gran ahorro económico ya que solo existe un equipo exterior (menos consumo y menos coste de mantenimiento) y se puede controlar perfectamente el encendido y el apagado de los equipos.

Como ya he comentado antes, que los equipos fuesen de TODO O NADA era un problema debido su consumo y a la dificultad de conseguir una temperatura de confort uniforme.

Gracias a los avances en este campo producidos en los últimos años, se puede conseguir un sistema que ya no sea TODO O NADA si no que dependiendo de la diferencia de grados entre la temperatura de confort y la temperatura real puede estar trabajando a más o menos potencia su compresor. Este sistema se denomina INVERTER.

A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología Inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria. De esta manera se reducen drásticamente las oscilaciones de temperatura, consiguiendo mantenerla en un margen comprendido entre +1°C y -1°C y gozar de mayor estabilidad ambiental y confort.

Gracias a un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, los equipos Inverter varían las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia demandada. Y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor. De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional.

El sistema Inverter posibilita que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir más rápidamente la temperatura deseada y, por otro lado, también puede funcionar hasta un 15% por debajo de su potencia. De nuevo, esto se traduce en una significativa reducción tanto del ruido como del consumo.

Mayor rapidez de enfriamiento

Sin Inverter: En los días de más frío un climatizador sin función inverter no calienta la habitación del todo bien.

Con Inverter : Al producir un 60% más de calor que los modelos de velocidad constante, los climatizadores inverter calientan una habitación rápidamente incluso en los días más fríos.

Sin Inverter : El compresor funciona a la misma velocidad todo el tiempo, por eso se tarda más en calentar o enfriar la habitación y lograr una temperatura agradable.

Con Inverter : El compresor funciona aproximadamente a una velocidad el doble de rápida hasta que se llega a la temperatura ideal, por eso el calentamiento y el enfriamiento son más rápidos.

Uso eficiente de la potencia

Sin Inverter : El compresor se enciende y se apaga según los cambios de temperatura en la habitación. En otras palabras, la temperatura siempre fluctúa.

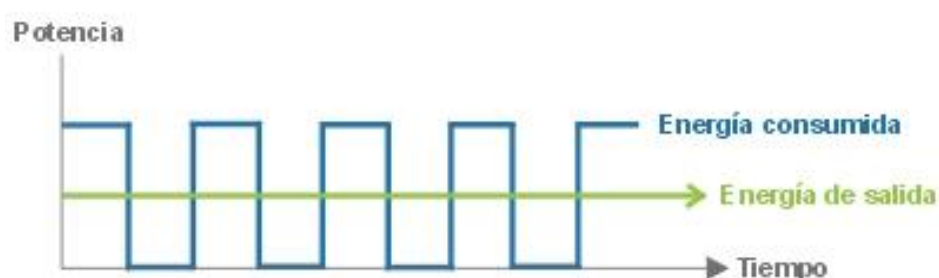
Con Inverter : La velocidad del compresor y, por tanto, la potencia de salida, se adapta a la temperatura de la habitación. Esta regulación eficiente y lineal de la temperatura mantiene en todo momento una habitación agradable.

Menor consumo de energía

Sin Inverter : Un climatizador sin función inverter consume aproximadamente el doble de electricidad. Con esta diferencia, no tardan mucho en llegar las facturas altas.

Con Inverter : Un climatizador inverter consume la mitad de la electricidad que un modelo sin función inverter, con lo que se obtiene mayor bienestar por mucho menos dinero.

Sistema convencional



Sistema Inverter



3 Imagen 2.4

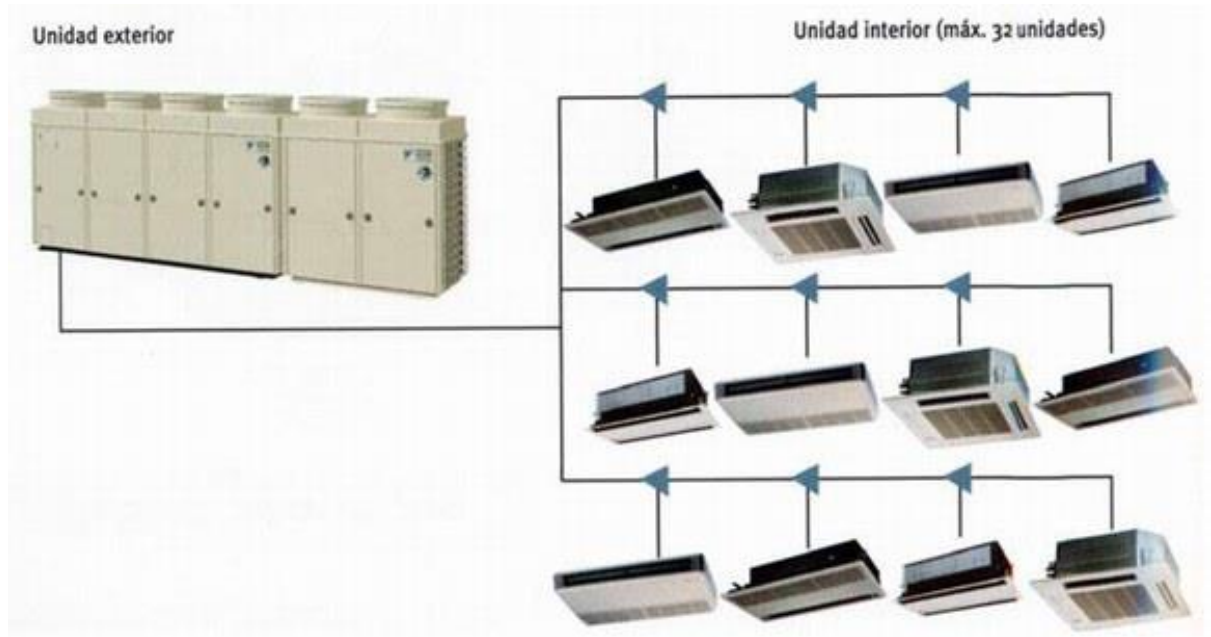
2.5 ELECCION DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION

Al querer un sistema centralizado, el mejor sistema que se adecuaba a las oficinas que deseaba climatizar era el sistema VRV (volumen de refrigerante variable). Ahora voy a explicar en qué consiste este sistema.

Es un sistema inteligente que modula el volumen del refrigerante de acuerdo a las necesidades de cada ambiente, estableciendo una proporción adecuada entre la potencia entregada y la consumida. El sistema VRV consiste en una unidad condensadora exterior equipada con compresores de tecnología inverter que ajusta en todo momento la capacidad de refrigeración de cada unidad en función de la demanda instantánea de cada zona climatizada.

El control del flujo del refrigerante se hace a través de EEV, válvulas de expansión electrónicas, integradas en las unidades interiores poseen un sistema de control preciso, que permite mantener la temperatura interior de la habitación con un diferencial de $\pm 0,5^{\circ}$ C. Los niveles sonoros de las

máquinas exteriores no superan los 58 dB(A), las unidades interiores limitan entre los 38/42 dB(A), de acuerdo a cada modelo.



4 Imagen 2.5

La empresa en la cual he hecho mi proyecto me puso como condición que no quería que una posible avería dejase sin climatización a toda la oficina. Por ello y debido al sistema centralizado que había escogido la mejor opción era instalar dos circuitos independientes para que en caso de que estropease una unidad exterior, siempre estuviese la otra para hacer la función de climatizar.

Como iba a haber dos unidades exteriores, lo más normal es que se repartiesen a partes iguales las unidades interiores. Los dos circuitos recorren todo el espacio de las oficinas y se van repartiendo uno si uno no los equipos.

Después de saber qué tipo de configuración quiero y qué características tiene que tener el siguiente paso es saber la potencia necesaria que tienen que tener los diferentes equipos para cubrir las necesidades climáticas de las oficinas. Para ello lo que hay que hacer es el estudio de las cargas térmicas existentes en ellas.

2.6 CARGAS TÉRMICAS EN LAS OFICINAS

Las cargas térmicas son todos los fenómenos que modifican la temperatura del aire o su humedad. Debido a esto se puede hacer una primera clasificación de cargas térmicas, entre cargas térmicas sensibles o latentes.

Las cargas térmicas sensibles son las que modifican la temperatura del aire.

Las cargas térmicas latentes son las que modifican la humedad absoluta del ambiente.

El cálculo de las cargas térmicas es algo imprescindible para calcular la potencia necesaria para la climatización de un local o edificio o habitación.

Para ello habrá que calcular las cargas térmicas en invierno y en verano en las condiciones más desfavorables.

Según la procedencia se pueden distinguir dos grandes grupos de cargas térmicas:

- Cargas térmicas procedentes del ambiente exterior del edificio:

- Cargas a través de cerramientos.
- Cargas a través de superficies acristaladas y ventanas.
- Cargas introducidas a través de la ventilación.
- Cargas debidas a infiltración.

- Cargas térmicas generadas en el interior del edificio:

- Cargas generadas por las personas.
- Cargas de iluminación.
- Cargas generadas por equipos eléctricos.
- Otras cargas generadas en el interior.

Primero voy a calcular las cargas térmicas en las oficinas, empezando por el espacio diáfano y luego por los despachos individuales y salas. Por el tipo de uso que tienen estas estancias, oficinas, la calidad de aire que debe tener según el RITE es equivalente a IDA 2.

Después de esta explicación vamos con el cálculo de las cargas en refrigeración en el espacio diáfano:

Las cargas térmicas en refrigeración se calculan para el momento más desfavorables, las cuales se dan en verano.

El calor de refrigeración Q_r se calcula sumando la carga térmica sensible y la carga térmica latente.

$$Q_r = Q_s + Q_l \text{ (W)}$$

Primero voy a calcular las cargas térmicas sensibles.

La carga térmica sensible se consigue con la suma de las diferentes cargas térmicas sensibles.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Dónde:

Q_{sr} es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W).

Q_{str} es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W).

Q_{st} es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W).

Q_{si} es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W).

Q_{sai} es la carga sensible debida a aportaciones internas (W).

Carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas

La carga térmica por radiación a través de cristales y superficies translúcidas (Q_{sr}) se calcula como sigue:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

Q_{sr} es la carga térmica por radiación solar a través de cristal, en W.

S es la superficie translúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m².

R es la radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m², correspondiente a la orientación, mes y latitud del lugar considerado.

F es el factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio empleado en la ventana, efectos de sombras que pueda existir, etc.

Hay dos orientaciones diferentes en las que hay ventanas acristaladas, norte y este.

En la zona norte hay una superficie de 13,5m² y en la zona este 54m².

El factor de corrección F es de 0,6.

La radiación solar que atraviesa la superficie es equivalente a 33,7 W/m² en la norte y de 510,4 W/m² en la este.

Por lo tanto el Q_{sr} dependiendo de la orientación es

ZONA	SUPERFICIE (m ²)	R (W/m ²)	C	Q _{sr} (W)
Norte	13,5	33,7	0,6	272,97
Este	54	510,4	0,6	16536,96

5 Tabla 2.6.1

Carga sensible por transmisión solar y radiación a través de paredes y techos exteriores (Qstr)

La carga sensible solar por radiación a través del techo se calcula como:

$$Q_{str} = S \cdot G \cdot \text{Termico} \cdot \text{coeficiente termico}$$

GANANCIA SOLAR A TRAVES DEL TECHO				
LUGAR	SUPERFICIE	Gradiente térmico	Coeficiente térmico	Qstr
Techo	508,59	1,27	1,15	742,80

6 Tabla 2.6.2

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos que limitan con el exterior (Qstr) se calcula:

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

Qstr es la carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W.

K es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en W/m² °C.

S es la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m².

Ti es la temperatura interior de diseño del local (°C).

Tec es la temperatura exterior de cálculo al otro lado del local (°C).

La Tec se calcula:

$$T_{ec} = 0,4T_{me} + 0,6T_{max}$$

Donde Tme es la temperatura media en verano y Tmax la temperatura máxima en verano.

En mi caso Tec me salió 25°C.

Como temperatura interior he tomado 24°C.

Los cálculos que me han dado son:

LUGAR	SUPERFICIE	Diferencia de temperaturas	Coeficiente termico de transmision	Qstr
Cristales	67,5	11	3,95	2935,47
Tabiques	209,58	5	1,51	1584,03
Puertas	6,72	11	5,81	429,77
Cubierta	509,59	11	1,34	7495,71
Suelo	509,59	5	1,28	3259,01

7 Tabla 2.6.3

Cargas térmicas internas

La carga sensible debida a las aportaciones internas del local (Q_{sai}) se determina a su vez como suma de las siguientes tipos de cargas:

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

Dónde:

Q_{sil} es el valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local.

Q_{sp} es la ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local.

Q_{se} es la ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc.

La Q_{se} se calcula como la potencia total de los equipos. Se suele multiplicar por 0,75 ya que no es habitual que estén todos los equipos encendidos a la vez pero en este caso como los equipos son ordenadores no es raro que estén todos encendidos.

Al haber 32 ordenadores con una potencia de 250W, el Q_{se} es igual a:

$$Q_{se} = 8000W$$

Para calcular la carga sensible que aporta cada persona (Q_{sp}), es necesario conocer previamente las distintas cargas térmicas que origina:

- Radiación: debido a que la temperatura media del cuerpo es superior a la de los objetos que le rodean.
- Convección: ya que la superficie de la piel se encuentra a mayor temperatura que el aire que la rodea, creándose pequeñas corrientes de convección que aportan calor al aire.
- Conducción: originada a partir del contacto del cuerpo con otros elementos que le rodeen.

- Respiración: lo que origina un aporte de calor por el aire exhalado, que se encuentra a mayor temperatura. Aquí se produce también un aporte de vapor de agua que aumentará la humedad relativa del aire.

- Evaporación cutánea: este aporte de calor puede ser importante en verano.

La carga por ocupación tiene, por tanto, una componente sensible y otra latente, debido ésta última tanto a la respiración como a la transpiración. En ambos casos habrá que tener en cuenta el número de ocupantes de la estancia.

Por lo tanto en nuestro caso, como hay 32 personas y la actividad es sedentaria, su coeficiente es de 71 W.

$$Q_{sp}=32*71=2272W$$

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior del establecimiento se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible.

En el caso de las lámparas de tipo fluorescente o de descarga se multiplicará la potencia total de todas las lámparas por 1,25 para considerar el consumo complementario de las reactancias

$$Q_{sil}=P*n*1,25$$

Qsil			
Numero de fluorescentes	Potencia (W)	Factor	Total (W)
222	36	1,25	9990

8 Tabla 2.6.4

Cargas introducidas a través de la ventilación.

La carga térmica sensible por ventilación o infiltración de aire exterior se determina:

$$Q_{si}=V*0,34*\Delta T$$

Dónde:

V es el volumen de refrigeración. En nuestro caso será $508,58m^2*2.8m*1.5$ donde $508,58m^2$ es la superficie del suelo, $2.8m$ es la altura del techo y 1.5 son el número de ventilaciones a la hora necesarias. Las oficinas según el RITE son un IDA2 y por ello se necesitan $45m^3/h$ por persona. Al hacer los cálculos me salían 1.1 veces/h y por ello tome 1.5 veces/h para tener un coeficiente de seguridad.

Esto equivale a $2136,08m^3$.

0,34 es el calor específico del aire en base al volumen (W/m^3C).

ΔT es la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

$$Q_{si}=2136,08*0,34*11$$

$$Q_{si}=7988,98W$$

Ahora vamos a calcular las **cargas térmicas latentes** para refrigeración

Carga térmica latente debido a la ocupación

Para este cálculo hay q multiplicar el número de personas por el coeficiente correspondiente, que variara dependiendo de la actividad que esté realizando. En nuestro caso equivale a 62W.

Por lo tanto:

$$Q_{lp}=32*62=1984W$$

Carga térmica latente por ventilación exterior

La carga térmica latente por ventilación o infiltración de aire exterior se determina como:

$$Q_{li}= V*0,84*\Delta Humedad$$

Dónde:

$$V= 2136,08m^3$$

0,84 es el producto de la densidad estándar del aire por el calor latente de vaporización del agua en $KgW/g*m^3$.

He tomado como $\Delta Humedad$ 6.

$$Q_{li} = 10765,84W$$

Ahora para saber el Q total habrá que sumar todos los Q obtenidos y así sabremos los vatios necesarios para como mínimo cubrir las cargas térmicas existentes en refrigeración.

Carga térmica para refrigeración		
Qsr Norte	272,97	W
Qsr Este	16536,96	W
Qstr techo radiación solar	742,80	W
Qstr transmisión cristales	2935,47	W
Qstr transmisión tabiques	1584,03	W

Diego San Martin Donamaria

Qstr transmisión puertas	429,77	W
Qstr transmisión Cubierta	7495,71	W
Qstr transmisión suelo	3259,01	W
Qse	8000,00	W
Qsp	2272,00	W
Qsil	9990,00	W
Qsi	7988,98	W
Qlp	1984	W
Qli	10765,84	W
TOTAL	74.257,54	W

9 Tabla 2.6.5

Ahora a este resultado le multiplicamos por un coeficiente de seguridad del 10%, con lo cual se nos queda una potencia necesaria de **81683,29W** que es lo mismo a:

81,68KW

Ahora se va a calcular las cargas térmicas para **calefacción.**

Primero voy a calcular las cargas térmicas por transmisión. Esta carga se calcula de la siguiente manera:

$$Q = S * K * \Delta T$$

Dónde:

S es la superficie.

K es el coeficiente de transmisión

ΔT es la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. En mi caso he tomado 28°C entre el interior y el exterior y 11°C entre el interior de las oficinas y el interior de la fábrica.

CARGA TERMICA POR TRANSMISION

Lugar	Superficie (m2)	Diferencia de temperatura (°C)	Coeficiente de transmision (W/m2*°C)	TOTAL(W)
Pared	77,65	28	1,4	3043,88
Cristal	67,5	28	3,5	6615,00
Tabique	209,58	11	1,6	3688,61
Techo	508,59	28	1,45	20648,75
Suelo	508,59	11	1,33	7440,67

10 Tabla 2.6.6

Carga térmica por ventilación o infiltración de aire exterior

La carga térmica por ventilación o infiltración de aire exterior se determina:

$$Q = V * 0,33 * \Delta T$$

Dónde:

V es el volumen de aire refrigeración. Este valor es el mismo que antes, 2136,08m³

0,33 es el calor específico del aire en base del volumen

ΔT es 28°C en nuestro caso

Por lo tanto:

$$Q = 19737,38W$$

Ahora para calcular el Q total hay que sumar todos los Q calculados:

Carga térmica para refrigeración		
Pared	3043,88	W
Cristal	6615,00	W
Tabique	3688,61	W
Techo	20648,75	W
Suelo	7440,67	W
Q ventilación	19737,38	W
TOTAL	61174,29	W

11 Tabla 2.6.7

Diego San Martin Donamaria

Ahora a este resultado le multiplicamos por un coeficiente de seguridad del 10%, con lo cual se nos queda una potencia necesaria de **67291,72W** que es lo mismo a:

67,3KW

Por lo tanto, en la zona de oficinas diáfanas, se necesita un equipo que en refrigeración aporte 81,68KW y en calefacción aporte 67,3KW para poder vencer las cargas térmicas existentes en las oficinas

Ahora en las oficinas aún quedan 8 habitaciones en las cuales hay que calcular sus cargas térmicas. De estas 8, 6 son despachos y dos son salas. El método de cálculo utilizado para estas salas es el mismo que antes y por lo tanto solo voy a insertar una tabla con los valores necesarios en cada sala o despacho. La ubicación de estos despachos o salas se muestran en el plano correspondiente a esta zona de la fábrica. El cálculo de cargas térmicas solo se va a hacer en refrigeración, ya que siempre la potencia necesaria para refrigeración es mayor ya que en calefacción se usa el calor que el propio equipo genera por su funcionamiento.

Para el cálculo del volumen por hora de ventilación exterior de cada despacho o sala, se ha seleccionado 2.5 veces por hora en todos los despachos y la sala 1 y 3 veces por hora en la sala 2. Esto se debe al número de personas que van a estar en cada habitación, su volumen y su IDA (como antes he mencionado tienen IDA 2). Aunque según el IDA daba menos ventilaciones por hora, al ser habitaciones pequeñas y que no se suelen abrir mucho las ventanas en ellas (esto lo supe hablando con las personas a las que pertenecen los despachos), utilice un número mayor de ventilaciones por hora.

Despacho 1				
Superficie	Altura	Volumen		
20,74m ²	2,8m	58,07m ³		
Orientación		E-NE		
Cargas exteriores	20,74m ²	46,5W/m ²	964,65W	
Ocupación	2	145W/persa	290W	
Alumbrado	36W	4	1,25	180W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	145m ³ /h	8	0,35	406W
A.EXT: Latente	145m ³ /h	6	0,84	730,8W
TOTAL				2922,08W

12 Tabla 2.6.8

Despacho 2				
Superficie		Altura	Volumen	
33,93m ²		2,8m	95m ³	
Orientación			E-NE	
Cargas exteriores	33,93m ²	46,51W/m ²	1578,14W	
Ocupación	3	145W/pers	435W	
Alumbrado	36W	6	1,25	270W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	238m ³ /h	8	0,35	666,4W
A.EXT: Latente	238m ³ /h	6	0,84	1199,52W
TOTAL				4399,06W

13 Tabla 2.6.9

Sala 1				
Superficie		Altura	Volumen	
33,92m ²		2,8m	94,98m ³	
Orientación			E-NE	
Cargas exteriores	33,92m ²	46,51W/m ²	1577,67W	
Ocupación	5	145W/pers	725W	
Alumbrado	36W	6	1,25	270W
Potencias	2	250W		500W
A.EXT. Sensible	237m ³ /h	8	0,35	663,6W
A.EXT: Latente	237m ³ /h	6	0,84	1194,48W
TOTAL				4930,75W

14 Tabla 2.6.10

Diego San Martin Donamaria

Despacho 3				
Superficie	Altura	Volumen		
21m ²	2,8m	58,8m ³		
Orientación		E-NE		
Cargas exteriores	21m ²	46,51W/m ²		976,74W
Ocupación	2	145W/pers		290W
Alumbrado	36W	4	1,25	180W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	147m ³ /h	8	0,35	411,6W
A.EXT: Latente	147m ³ /h	6	0,84	740,88W
TOTAL				2849,22W

15 Tabla 2.6.11

Despacho 4				
Superficie	Altura	Volumen		
20,94m ²	2,8m	58,63m ³		
Orientación		E-NE		
Cargas exteriores	20,94m ²	46,51W/m ²		973,95W
Ocupación	2	145W/pers		290W
Alumbrado	36W	4	1,25	180W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	147m ³ /h	8	0,35	411,6W
A.EXT: Latente	147m ³ /h	6	0,84	740,88W
TOTAL				2846,43W

16 Tabla 2.6.12

Despacho 5				
Superficie	Altura	Volumen		
20,88m ²	2,8m	58,46m ³		
Orientación		E-NE		
Cargas exteriores	20,88m ²	46,51W/m ²		971,16W
Ocupación	2	145W		290W
Alumbrado	36W	4	1,25	180W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	146m ³ /h	8	0,35	408,8W
A.EXT: Latente	146m ³ /h	6	0,84	735,84W
TOTAL				2835,8W

17 Tabla 2.6.13

Despacho 6				
Superficie	Altura	Volumen		
10,89m ²	2,8m	30,49m ³		
Orientación		E-NE		
Cargas exteriores	10,89m ²	46,51W/m ²		506,51W
Ocupación	2	145W		290W
Alumbrado	36W	2	1,25	90W
Potencias	1	250W		250W
A.EXT. Sensible	76m ³ /h	8	0,35	212,8W
A.EXT: Latente	76m ³ /h	6	0,84	383,04W
TOTAL				1732,35W

18 Tabla 2.6.14

Diego San Martin Donamaria

Sala 2				
Superficie		Altura	Volumen	
25,87m ²		2,8m	72,44m ³	
Orientación			Interior	
Cargas exteriores	25,87m ²	34,88W/m ²		902,44W
Ocupación	8	145W		1160W
Alumbrado	36W	4	1,25	180W
Potencias	2	250W		500W
A.EXT. Sensible	217m ³ /h	8	0,35	607,6W
A.EXT: Latente	217m ³ /h	6	0,84	1093,68W
TOTAL				4443,72W

19 Tabla 2.6.15

Lugar	Potencia
Despacho 1	2922,08W
Sala 1	4399,06W
Despacho 2	4930,75W
Despacho 3	2849,22W
Despacho 4	2846,43W
Despacho 5	2835,8W
Despacho 6	1732,35W
Sala 2	4443,72W
Total	26959,41W

20 Tabla 2.6.16

Por lo tanto para refrigeración, en todas las oficinas centrales se necesita 81,68KW más los 26,99KW, que da un total de:

108,58KW

2.7 ELECCION DE LOS EQUIPOS A INSTALAR EN CADA ZONA

Después de saber la potencia instalada que debe haber, hay que escoger los equipos exteriores e interiores que cumplan estos cálculos.

La empresa en la que hice el proyecto me puso como requisito que la marca de los equipos debía ser HITACHI. Por ello, viendo los equipos existentes la elección que se tomó para las unidades exteriores e interiores fueron:

Para las **dos unidades exteriores** se eligió este modelo:

Unidad condensadora refrigerada por aire para caudal variable de refrigerante R410A, de 45'00 kW de potencia frigorífica y 50'00 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RAS 16FSXN, incluso control de la presión de condensación y soportación antivibratoria. Sus características son las siguientes:



21 Imagen 2.7.1

Unidades exteriores		RAS-8FSXN	RAS-10FSXN	RAS-12FSXN	RAS-14FSXN	RAS-16FSXN	RAS-18FSXN
Número máx. de uds. conectables		13	16	19	23	26	26
Potencia nominal ¹⁾	Refrigeración	22,40	28,00	33,50	40,00	45,00	50,00
	Calentación	25,00	31,50	37,50	45,00	50,00	56,00
Potencia absorbida	Refrigeración	5,82	7,39	9,82	12,31	13,93	14,84
	Calentación	6,00	7,66	10,42	11,57	12,82	14,70
EER - COP		3,85 - 4,17	3,79 - 4,11	3,41 - 3,60	3,25 - 3,89	3,23 - 3,90	3,37 - 3,81
Clase energética	Refrigeración	A	A	A	A	A	A
	Calentación	A	A	A	A	A	A
Nivel de presión sonora (modo noche) ²⁾		58 (53)		60 (55)	62 (57)		63 (58)
Caudal de aire		9.300	10.200	10.500	11.700	11.700	11.700
Alimentación		400V - 3Ph + N - 50Hz					
Longitud máxima		165					
Desnivel máximo (más alto - más bajo)		50 - 40					
Diámetro de tuberías (Liq. - Gas baja - Gas alta)		3/8 - 3/4 - 5/8	3/8 - 7/8 - 3/4	1/2 - 1 - 7/8		1/2 - 1 1/8 - 7/8	5/8 - 1 1/8 - 7/8
Carga de refrigerante		6,50	6,50	7,00	9,00	9,00	10,50
Fluido refrigerante		R410A					
Compresor		1 Scroll DC Inverter				2 Scroll DC Inverter	

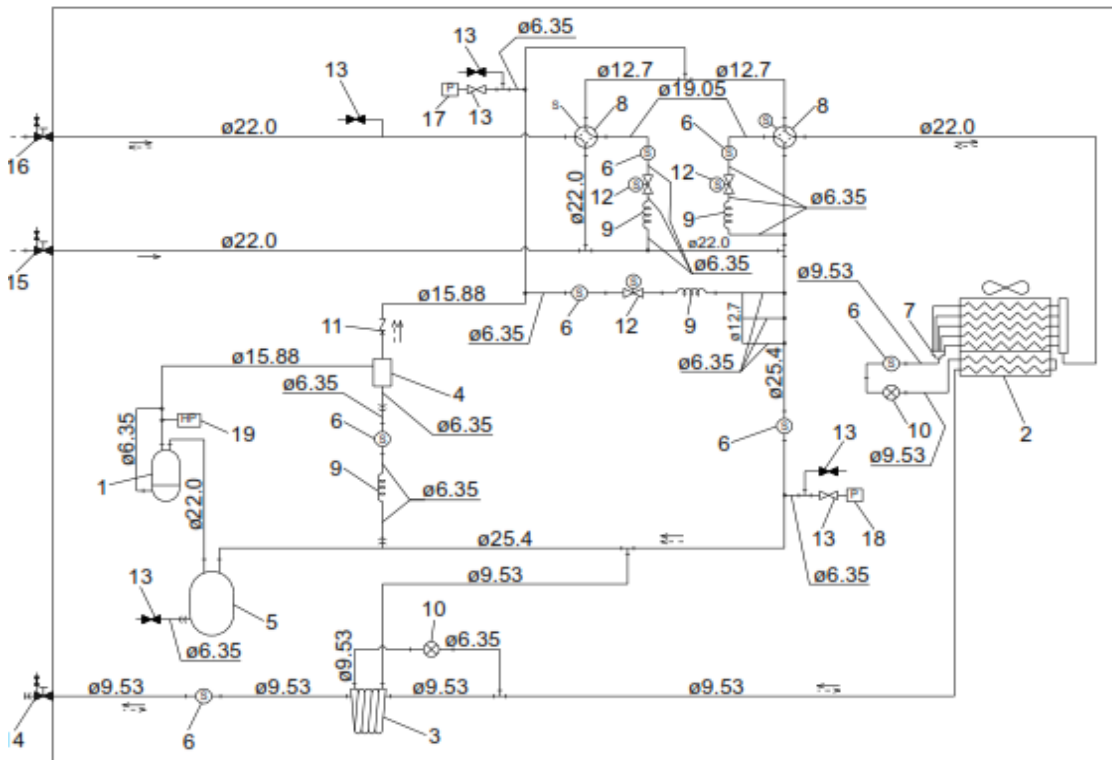
22 Imagen 2.7.2

Entre sus características cabe resaltar el EER (3,23) y el COP (3,9) que tiene este equipo, el refrigerante que utiliza, el R410A y el tipo de compresor que tiene, en este caso tiene dos y uno de ellos de tipo scroll DC INVERTER. Uno de los compresores es del tipo TODO O NADA y el otro invertir. Cuando arranca el sistema, el compresor INVERTER empieza a trabajar al 30% y va aumentando hasta que llegue a la temperatura de consigna. Si el compresor INVERTER está al 100% trabajando y no ha llegado a la temperatura de consigna, se apaga y empieza a funcionar el otro compresor, el de TODO O NADA, y seguido arranca el compresor INVERTER poco a poco hasta llegar a la temperatura de consigna. Más adelante hablare sobre los tipos de compresores que hay, cuando hable sobre la enfriadora industrial.

En los cálculos de antes me ha salido que se necesitaba 108KW en refrigeración. Si sumamos los dos equipos exteriores solo nos saldrá 90KW pero los cálculos que he hecho tienen un margen de seguridad de 10% y además nunca se da el caso de todos los equipos funcionando al máximo de potencia debido a la ubicación que tienen y a que nunca se da el caso de que esto suceda debido a

las posibilidades de programación que tienen estos equipos. Esta elección de poner este modelo y no el siguiente estuvo también condicionada por el presupuesto con el cual contaba la empresa para este proyecto. Las unidades condensadoras pueden funcionar hasta un 30% por encima de su potencia nominal, lo que permite una rápida puesta a régimen de los locales y aun satisfacer puntuales excesos de demanda. Esta capacidad permite, igualmente, cierta flexibilidad a la ampliar la instalación con nuevos equipos en caso de ampliación de las oficinas

Ahora voy a poner un esquema con los elementos de este equipo.



←		← - - -		- - -		→))		+	
Flujo de refrigerante para enfriamiento		Flujo de refrigerante para calefacción		Tubo de refrigerante de la instalación		Conexión mediante tuerca cónica		Conexión mediante soldadura	
N.º	Elemento	N.º	Elemento	N.º	Elemento	N.º	Elemento	N.º	Elemento
1	Compresor	11	Válvula de retención	12	Válvula de solenoide	13	Toma de presión	14	Válvula de cierre (líquido)
2	Intercambiador de calor	15	Válvula de cierre (gas, baja presión)	16	Válvula de cierre (gas, alta presión)	17	Sensor de presión del refrigerante (alta presión)	18	Sensor de presión del refrigerante (baja presión)
3	Intercambiador de calor de doble tubo	19	Interruptor de presión de protección						
4	Separador de aceite								
5	Acumulador								
6	Filtro								
7	Distribuidor								
8	Válvula inversora								
9	Tubo capilar								
10	Válvula de expansión electrónica								

23 Imagen 2.7.3

Ahora vamos con las unidades interiores.

Para el **espacio diáfano de las oficinas que esta junto a las ventanas, en el despacho 2 y en la sala numero 2** escogí el siguiente modelo:

Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 5'20 kW de potencia frigorífica y 5'60 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-1'8FSN3Ei, incluso panel motorizado. El número de equipos son 11.

Ya que en esta zona es donde más calor en verano y más frio en invierno habrá, decidí poner en estas zonas los equipos con más potencia.

Después en la **zona más alejada de las ventanas, en el pasillo que comunica los despachos con los puestos individuales y en la zona de secretaria** escogí el siguiente modelo:

Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 4'00 kW de potencia frigorífica y 4'80 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-1'5FSN3Ei, incluso panel motorizado. El número de equipos es 7.

En los **despacho 1, 3, 4 y 5** los equipos escogidos son:

Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de vías, de 3'80 kW de potencia frigorífica y 4'20 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCIM-1'3FSN3, incluso panel motorizado. El número de equipos es 4.

Para la **sala 1** me decante por el siguiente modelo, ya que es un sala de reuniones bastante transitada:

Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de vías, de 5'60 kW de potencia frigorífica y 6'30 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-2'0FSN3Ei, incluso panel motorizado. Solo un equipo.

Por ultimo para el **despacho 6**, el más pequeño, el equipo seleccionado es:

Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 2'20 kW de potencia frigorífica y 2'50 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCIM-0'8FSN3, incluso panel motorizado. También en este caso solo un equipo.

Con estos equipos las necesidades están cubiertas y entran en el presupuesto disponible para este proyecto. Además de los equipos interiores y exteriores, la instalación incluye:

- 17 mandos remotos de instalación por cable en ambiente, para unidades interiores sistema VRV, marca HITACHI, modelo PC-ART, con selector de temperatura, modo y velocidad de ventilador.

- Conjunto de líneas de interconexión frigorífica entre unidades mediante tuberías de cobre deshidratado, calorifugadas con coquilla elastomérica flexible de células cerradas, incluso distribuidores.
- Central de regulación hasta 256 unidades, para sistemas de volumen de refrigerante variable, marca HITACHI, modelo PSC-A64S, incluso conexionado.
- Temporizador de puesta en marcha y paro para sistemas de volumen de refrigerante variable, marca HITACHI, modelo PSC-A1T, incluso conexionado.
- Línea de conexión eléctrica entre central y temporizador al conjunto de la instalación mediante manguera de cable de 2x0'8 mm² apantallado, con recubrimiento libre de halógenos.
- Instalación eléctrica para acometida de fuerza desde cuadro próximo a la instalación, incluso mecanismos de protección y maniobra.
- Conjunto de líneas de interconexión eléctrica entre unidades mediante manguera de cable de 3x2'5 mm² y 2x1 mm² apantallado, con recubrimiento libre de halógenos.

Para la instalación de los equipos nuevos, se requieren unos trabajos previos que ahora voy a enumerar:

- Desmontaje y retirada unidades evaporadoras tipo cassette de 4 vías existentes para dar cabida a nuevos equipos, comprendiendo los siguientes trabajos:
 - Interrupción del suministro eléctrico a la instalación.
 - Recogida de aceite y gas refrigerante.
 - Desconexiones eléctrica, frigorífica e hidráulica de las unidades.
 - Desmontaje y retirada a dependencias de gestor autorizado de residuos de equipos no aprovechables.Incluso taponado de tuberías y embornado de cables no utilizables.
- Desmantelamiento acondicionador split tipo cassette de 4 vías existente, comprendiendo los siguientes trabajos:
 - Interrupción del suministro eléctrico a la instalación.
 - Recogida de aceite y gas refrigerante.
 - Desconexiones eléctrica, frigorífica e hidráulica.
 - Desmontaje y retirada.

El equipo antiguo constaba de:

- 10 unidades RCI 4FSN3Ei que iban situadas en la zona diáfana de las oficinas.
- 5 unidades RCI 3FSN3Ei que iban situadas en los despachos existentes.

Con la nueva instalación, uno de sus objetivos era la búsqueda de mejorar la eficiencia energética y por ello he calculado los ahorros previstos con la nueva instalación. Para ello he tomado la potencia en refrigeración y en calefacción de las dos instalaciones, la antigua y la nueva. También dependiendo de la hora he hecho un reparto entre el porcentaje de calefacción y refrigeración que habrá con la nueva instalación.



24 Imagen 2.7.4

2.8 FUTUROS AHORROS CON EL NUEVO SISTEMA

Con estos datos me han salido los siguientes cálculos:

Diego San Martin Donamaria

Consumo total instalación antigua		
Refrigeración	46,96 kW	
Calefacción	45,56 kW	
Horario funcionamiento		
Lunes a viernes	8:00 a 16:00	8 Hs.
Ciclo	Meses	Días Labor
Refrigeración	3	60
Calefacción	8	160
Perfil funcionamiento instalación antigua		
Consumo Frío	375,67 kW/día	22.540,32 kW/año
Consumo Calor	364,50 kW/día	58.319,36 kW/año
Consumo anual AA:		80.859,68 kW/año
Precio hora llana:		0,125 €/kW
Gasto anual AA:		10.107,46 €/año
Consumo VRV		
Refrigeración	24,04 kW	
Calefacción	25,12 kW	
Perfil funcionamiento instalación VRV		
Horario de uso	Frío	Calor
08:00 a 9:00	10%	80%
9:00 a 11:00	70%	95%
11:00 a 13:00	90%	80%
13:00 a 15:00	75%	75%
15:00 a 17:00	95%	80%
17:00 a 19:00	65%	85%
19:00 a 20:00	10%	70%
Consumo Frío	199,53 kW/día	11.971,92 kW/año
Consumo Calor	301,44 kW/día	48.230,40 kW/año
Consumo anual VRV:		60.202,32 kW/año
Precio hora llana:		0,125 €/kW
Gasto anual bombeo:		7.525,29 €/año
AHORRO:		2.582,17 €/año
		25,55%

25 Tabla 2.8

2.9 CARACTERISTICAS DEL REFRIGERANTE R-410A

Para cerrar esta parte del proyecto, la climatización de las oficinas, voy a hablar sobre el refrigerante que utilizan los nuevos equipos instalados ya que uno de los motivos del cambio de la climatización en la empresa es el refrigerante que utilizaban las antiguas instalaciones, el R22.

El refrigerante que emplean estos equipos es el **R410A** y ahora voy a hablar sobre el:



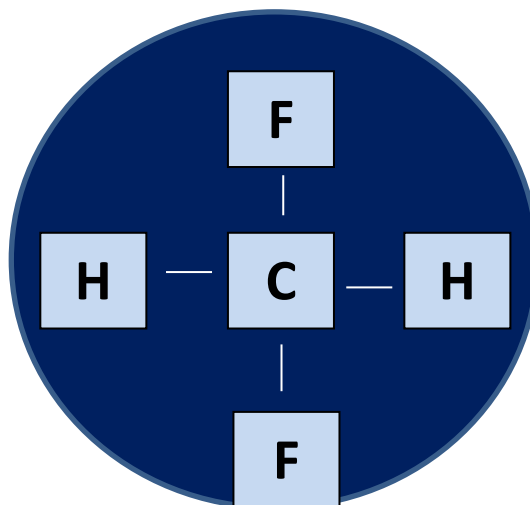
26 Imagen 2.9

La mezcla gaseosa fue inventada por la empresa Allied Signal, conocida actualmente como Honeywell. Otras empresas tienen la licencia para manufacturar y comercializar el R410A, pero Honeywell sigue siendo la principal empresa en capacidad y ventas.

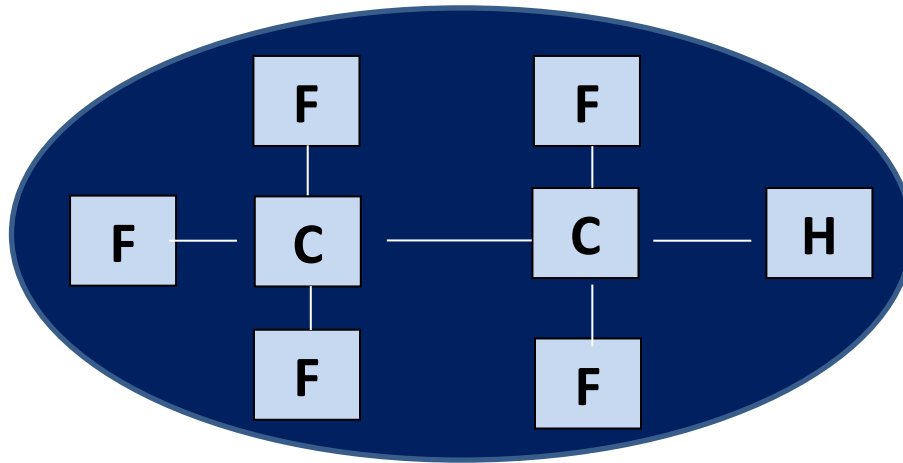
Carrier fue la primera compañía en presentar unidades residenciales de aire acondicionado basadas en R410A al mercado en 1996 y creó la marca Puron.

El R410A es un HFC y es una mezcla al 50% de R32 (Diflorometano) y 50% de R125 (pentafluoroetano), estos dos refrigerantes son inofensivos para la capa de ozono.

R32



R125



Por lo tanto la composición química del R410A es CHF₂-CF₃/CH₂F₂.

Su ODP (potencial de destrucción del ozono) es 0. El del R22 es 0,055.

El GWP (efecto invernadero directo) es de 1740, prácticamente igual que el del R22, que es 1700.

El rendimiento en climatización es superior al que alcanzamos con R22.

Las presiones a las que trabajamos con R410A son entre un 50% y un 60% más altas que las del R22.

El R410A es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE (American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers) como A1/A1, es decir, ni es tóxico ni es inflamable aun en caso de fugas.

Se utiliza en equipos nuevos de aire acondicionado de baja y media potencia.

Al ser una mezcla, debe cargarse en fase líquida. Su azeotropía, ya que el desplazamiento de temperatura es solo de 0,1°C, lo hace una mezcla muy estable, pudiendo recargarse de nuevo en fase líquida después de cualquier fuga, sin cambios medibles de composición o rendimiento. Incluso puede usarse en instalaciones inundadas (por gravedad o goteo).

El R410A solo debe usarse con aceites de poliéster (POE) o de polivinilester (PVE) con los que es miscible, lo que permite un buen retorno al compresor. Otros aceites como los minerales y los aquilbencénicos no se mezclan con el R410A.

Los filtros deshidratadores adecuados para el uso con este refrigerante son los de tamiz molecular de 3ª (clase XH9).

El R410A posee buenas propiedades termodinámicas. Posee una capacidad frigorífica volumétrica superior al R22, lo que le permite el uso de compresores de menor desplazamiento para obtener la misma potencia frigorífica y mejores propiedades de intercambio térmico. Todo ello posibilita la reducción del tamaño de los equipos.

El R410A también posee muy buen rendimiento en modo de calor, lo que explica su elección por fabricantes de bombas de calor reversibles. Sin embargo, sus niveles elevados de presión y su temperatura crítica relativamente baja (72,2°C), obligan a los fabricantes de material frigorífico a rediseñar completamente sus productos para adecuarlos a sus características. Debido a lo anterior, se recomienda no usar este refrigerante en reconversiones de equipos que usaban R22.

Ventajas del R410A frente al R22.

-El ODP

-En condiciones normales, rendimientos similares. Para altas capacidades y bajas temperaturas, el rendimiento del R410A es sensiblemente superior al R22.

Desventajas del R410A frente al R22.

-Las presiones a las que trabaja el R410A son 1.6 veces superiores a las del R22.

Puntos clave en el desarrollo técnico.

Cuando se usa el R410A en vez del R22, el aceite usado para R22 no se puede usar con el R410A debido a la imposibilidad de mezclarlos.

Hay que utilizar un nuevo aceite. Asegurarse una alta fiabilidad usando estos nuevos productos.

Optimizar el circuito de refrigeración, como el compresor y los intercambiadores de calor.

Todos los nuevos aparatos se han construido para que tengan el mismo nivel de seguridad, aunque las presiones sean superiores.

Ni el R32 ni el R125 son tóxicos, al igual que el R22.

Para utilizar HFCs en equipos de R22.

Recoger todo el HCFC para su reutilización o destrucción.

Utilización del proceso de vacío para minimizar fugas de refrigerante durante la instalación.

Prevenciones en la instalación.

Prevenir la humedad.

Usar tuberías y herramientas de acuerdo con las presiones que utiliza el R410A.

A la hora de reutilizar tuberías de equipos de R22:

Al utilizar diferentes aceites, las tuberías deben quedar totalmente limpias.

Deben soportar las presiones necesarias para la utilización de R410A.

No se puede cargar un equipo de R410A con R22. El diámetro de los puertos de servicio es distinto para que no se puedan usar las mangueras de carga.

El R410A no produce las mismas sustancias tóxicas que el R22, cuando se descompone con fuego, pero siguen siendo sustancias tóxicas. Si se produce una fuga con fuego cercano, hay que ventilar al igual que con el R22.

Para detectar una fuga de refrigerante, se puede utilizar un detector de HFC o agua jabonosa. Lo que no sirve es el detector de antorcha ya que al no haber cloro, no se da la reacción.

2.10 DESARROLLO DEL PROYECTO

Después de haber hablado de todos los datos técnicos de la instalación, voy a explicar cómo se desarrolló el proyecto, la elección del proveedor etc.

A parte del cálculo de la potencia de los equipos, la elección del sistema de climatización más adecuado y la elección de los equipos, esta parte del proyecto tuvo más aspectos en los que tuve que trabajar.

Uno de ellos fue la posibilidad de cerrar una parte de las oficinas, la parte de más al fondo y así ahorrarnos colocar equipos en esa área.

Al ser 5 equipos los que se iban a quitar con ese cerramiento y que el total de equipos es de 24, el ahorro sería aproximadamente de un 20%. Con los cálculos que había hecho sobre ahorro energético en las oficinas calcule el gasto que se produciría si se cerrara esa parte de las oficinas. Como el consumo con el nuevo equipo ahora iba a estar alrededor de 7500€, el ahorro sería de 1500€ al año, más obviamente el ahorro en la instalación restándole el gasto añadido de la construcción del cerramiento de la zona del fondo de las oficinas y del movimiento de los muebles de oficina.

Además de este cálculo, se me pidió que hiciese un estudio sobre si moviendo los muebles de las oficinas, todas las mesas de los trabajadores de las oficinas iban a caber en la nueva disposición de las oficinas. Este estudio lo hice mediante AutoCAD y el estudio me dio positivo, que sí que hay espacio para esta nueva configuración de las oficinas.

Después de exponer mi estudio al director de la empresa y al director del departamento de ingeniería, ellos entraron a valorar si los ahorros que se conseguían eran los suficientemente buenos para los problemas sociales que se generaban, menos espacio entre cada puesto de trabajo, menor intimidad entre los departamentos, sobre todo el de administración el cual tramita los sueldos y los pagos a proveedores...

La decisión final fue que la mejor opción era dejar las oficinas tal y como estaban.

Ahora voy a explicar cómo se desarrolló la implantación de la nueva instalación.

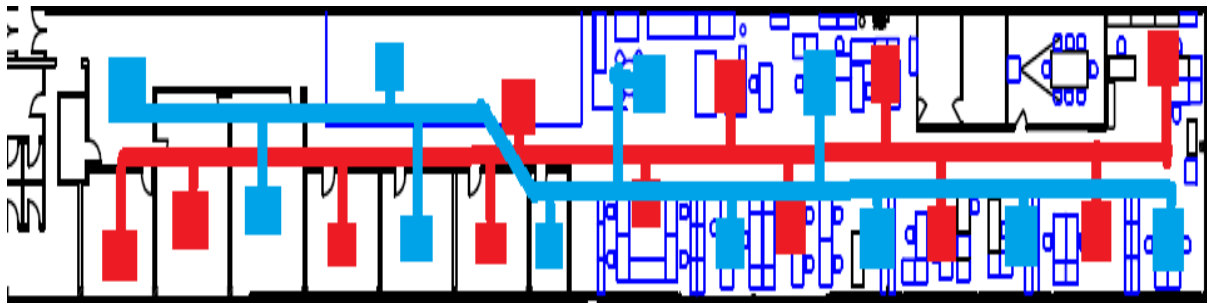
Lo primero que tuve que hacer es hablar con el departamento de prevención de riesgos de la empresa para saber qué acciones tenían que realizar los operarios de la instalación para prevenir riesgos e informarles de ellas. Por ejemplo todas las medidas de seguridad que tenían que tener cuando realizasen trabajos en el tejado, trabajar sobre la pasarela siempre que sea posible, si hay que trabajar fuera de la pasarela siempre unidos a la línea de vida... Otras medidas que tenían que

cumplir era a la hora soldar, siempre tenían que utilizar guantes y gafas y además debían estar dos personas vigilando con un extintor cada una por si pasaba algo. Esto es un ejemplo de las medidas que tenían que tomar.

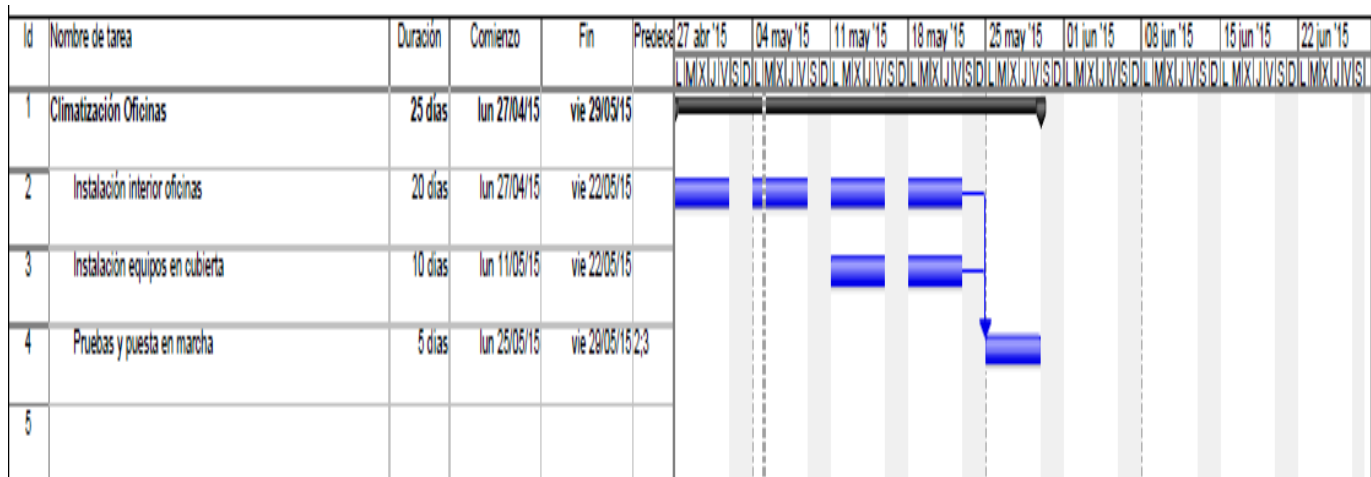
También otra labor que tuve que hacer es la creación de un planning con las horas libres que iban a estar los diferentes despachos y salas para que pudiesen trabajar los instaladores sin interceder en las labores de los dueños de los despachos. En muchos casos era más fácil que los dueños de los despachos me avisaran si les surgía un imprevisto y dejaban libres sus despachos.

Además de esto, yo fui el encargado de coordinar el trabajo, no en el aspecto técnico de la instalación si no a la hora de ser la persona de la empresa encargada de estar al cargo de la instalación.

Ahora voy a insertar un lay-out con la ubicación de los equipos y diferenciando entre circuito uno y circuito dos:



1 Lay-out de las oficinas con los equipos de climatización



27 Imagen 2.10

Este es el timing de la instalación de la climatización en las oficinas.

2.11 PRESUPUESTO DE LA INSTALACION

El presupuesto de esta parte del proyecto es el siguiente:

Diego San Martin Donamaria

PRESUPUESTO

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
01		6.2 - CLIMATIZACION OFICINAS			
01.01	Ud.	Desmontaje y retirada unidades evaporadoras tipo cassette de 4 vías existentes, para dar cabida a nuevos equipos, comprendiendo los siguientes trabajos: - Interrupción del suministro eléctrico a la instalación. - Recogida de aceite y gas refrigerante. - Desconexiones eléctrica, frigorífica e hidráulica de las unidades. - Desmontaje y retirada a dependencias de gestor autorizado de residuos de los equipos no aprovechables. Incluso taponado de tuberías y embornado de cables no utilizables.	1,00		
01.02	Ud.	Desmantelamiento acondicionador split tipo cassette de 4 vías existente, comprendiendo los siguientes trabajos: - Interrupción del suministro eléctrico a la instalación. - Recogida de aceite y gas refrigerante. - Desconexiones eléctrica, frigorífica e hidráulica. - Desmontaje y retirada. Incluso traslado a punto de almacenamiento designado por la Propiedad, dentro de sus dependencias, para su posterior aprovechamiento.	1,00		
01.03	Ud.	Retirada unidades condensadoras de cubierta mediante medios mecánicos auxiliares, transporte a gestor de residuos de los equipos no aprovechables y a punto de almacenamiento designado por la Propiedad dentro de sus dependencias de los equipos reutilizables.	1,00		
01.04	Ud.	Unidad condensadora refrigerada por aire para caudal variable de refrigerante R410A, de 45'00 kW de potencia frigorífica y 50'00 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RAS 16FSXN, incluso control de la presión de condensación y soportación antivibratoria.	2,00		
01.05	Ud.	Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 5'80 kW de potencia frigorífica y 6'30 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-2'0FSN3Ei, incluso panel motorizado.	1,00		
01.06	Ud.	Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 5'20 kW de potencia frigorífica y 5'80 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-1'8FSN3Ei, incluso panel motorizado.	11,00		
01.07	Ud.	Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 4'00 kW de potencia frigorífica y 4'80 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCI-1'5FSN3Ei, incluso panel motorizado.	6,00		
01.08	Ud.	Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 3'80 kW de potencia frigorífica y 4'20 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCIM-1'3FSN3, incluso panel motorizado.	5,00		
01.09	Ud.	Unidad evaporadora para caudal variable de refrigerante R410A, tipo cassette de 4 vías, de 2'20 kW de potencia frigorífica y 2'50 kW de potencia calorífica, marca HITACHI, modelo RCIM-0'8FSN3, incluso panel motorizado.	1,00		
01.10	Ud.	Mando remoto de instalación por cable en ambiente, para unidades interiores sistema VRV, marca HITACHI, modelo PC-ART, con selector de temperatura, modo y velocidad de ventilador.	17,00		
01.11	Ud.	Conjunto de líneas de interconexión frigorífica entre unidades mediante tuberías de cobre deshidratado, calorifugadas con coquilla elastomérica flexible de células cerradas, incluso distribuidores.	1,00		
01.12	Ud.	Central de regulación hasta 256 unidades, para sistemas de volumen de refrigerante variable, marca HITACHI, modelo PSC-A64S, incluso conexionado.	1,00		
01.13	Ud.	Temporizador de puesta en marcha y paro para sistemas de volumen de refrigerante variable, marca HITACHI, modelo PSC-A1T, incluso conexionado.	1,00		
01.14	Ud.	Línea de conexión eléctrica entre central y temporizador al conjunto de la instalación mediante manguera de cable de 2x0'8 mm2 apantallado, con recubrimiento libre de halógenos.	1,00		
01.15	Ud.	Instalación eléctrica para acometida de fuerza desde cuadro próximo a la instalación, incluso mecanismos de protección y maniobra.	1,00		
01.16	Ud.	Conjunto de líneas de interconexión eléctrica entre unidades mediante manguera de cable de 3x2'5 mm2 y 2x1 mm2 apantallado, con recubrimiento libre de halógenos.	1,00		
01.17	Ud.	Recogida y canalización de condensados a punto de descarga próximo, facilitado por la Propiedad, en tubería de PVC con uniones encoladas, de 25 a 32 mm de diámetro, incluso sifón en conexión con red general de evacuación.	1,00		
01.18	Ud.	Soportes, accesorios y mano de obra de montaje, pruebas y puesta en marcha de la instalación.	1,00		
TOTAL CLIMATIZACION OFICINAS:					57.000,00 €

NOTA:

28 Imagen 2.11

2.12 IMAGENES

Ahora inserto algunas imágenes sobre la instalación.

La primera imagen es durante la instalación en el interior de las oficinas.

En las dos siguientes se ve el interior de un equipo exterior e interior.



29 Imagen 2.12.1



30 Imagen 2.12.2



31 Imagen 2.12.3

3 Cambio de la actual enfriadora por una nueva

3.1 Función de la enfriadora

La enfriadora industrial de la empresa tiene como función refrigerar la zona de la planta, es decir, toda la parte de la fábrica donde se encuentran las líneas de montaje, los stocks de mercancías de los proveedores de la empresa y los muelles de carga y descarga de la planta. El sistema de calefacción es mediante unas calderas de gas. Como hice con la instalación de las oficinas, primero voy a explicar el funcionamiento de una enfriadora industrial.

3.2 Explicación sobre el funcionamiento de una enfriadora industrial y tipos que existen.

¿Qué es una enfriadora industrial?

Las enfriadoras industriales se clasifican como un sistema de refrigeración que enfría un fluido o deshumidifica el aire en instalaciones comerciales e industriales. Una enfriadora utiliza una compresión de vapor o ciclo de absorción para que se enfríe el agua. El agua enfriada tiene una gran variedad de aplicaciones de refrigeración en entornos industriales o comerciales.

Tipos de enfriadoras industriales

Un refrigerador tiene entre uno y 1.000 toneladas de energía de enfriamiento. Hay tres tipos diferentes de enfriadores: (1) de aire, agua (2), y (3) enfriador evaporativo condensado. Hay cuatro subcategorías en cada una de las categorías anteriores para enfriadores industriales: (1) de vaivén, (2) centrífuga, (3) impulsada por el tornillo (4) y enfriadoras de absorción. Los tres primeros tipos son enfriadoras mecánicas que funcionan con motores eléctricos, de vapor o turbinas de gas. Una máquina de absorción es alimentada por una fuente de calor como vapor de agua y no utiliza partes móviles.

Componentes de una enfriadora industrial

El ciclo de compresión mecánica tiene cuatro componentes básicos a través del cual el refrigerante pasa: (1) el evaporador (2) el compresor (3) del condensador (4) la válvula de expansión. El evaporador en la enfriadora operará a una presión más baja y una temperatura más baja que el condensador.

¿Cómo funciona un enfriador industrial?

En un ciclo ideal, el condensador sirve como un componente de doblez dos. Antes de que se produzca la condensación, el vapor de alta presión debe ser primero llevado a una condición saturada (de-sobrecalentado). Suficiente calor debe ser transferido desde el refrigerante para bajar su temperatura a la temperatura de saturación. En este punto, la condensación puede comenzar. Como el calor continúa siendo transferido desde el vapor de refrigerante al aire (o agua, si un

condensador de agua se utilizase), la calidad del refrigerante (% del refrigerante en estado de vapor) continuará disminuyendo, hasta que el refrigerante ha sido condensado por completo. En el sistema ideal, esto se produce en la salida del condensador. En el mundo real, para algunos subenfriamientos se espera a la salida del condensador. Líquido subenfriado ofrece un seguro contra goteos de líquidos como las pérdidas de refrigerante debido a la presión en la tubería y los componentes.

El refrigerante está en estado líquido ahora y en con alta presión y temperatura. Debe someterse a un cambio más antes de que sea un medio de transferencia de calor útil, una reducción de la temperatura. Esto se logra mediante la reducción de la presión. Si la presión de un líquido saturado se reduce, la ley que gobierna su existencia requiere que asuma la temperatura de saturación a la presión de nuevo.

Así, con el fin de reducir la temperatura, la presión tiene que ser reducida, y algún tipo de restricción es necesaria para que esto ocurra. Sería preferible que la restricción pudiera regularse a sí misma como la carga del sistema exige el cambio. Esto es exactamente lo que la válvula de expansión termostática hace; es una restricción ajustable que causa una reducción en la presión del líquido refrigerante, todavía se modula en un esfuerzo para mantener constante el recalentamiento en la salida del evaporador. La válvula de expansión termostática es un control de recalentamiento, y no mantendrá una presión de vapor constante. Sólo proporciona la restricción necesaria para reducir la presión a un cierto nivel, que será determinado por el tamaño del compresor, la válvula termostática de expansión, carga de tamaño, la demanda de carga y el sistema de condiciones. Si se requiere una temperatura del evaporador constante, se puede lograr fácilmente mediante el mantenimiento de la presión correspondiente a la temperatura de saturación requerida. Esto se logra mediante la adición de una válvula reguladora de presión del evaporador al sistema.

Nuestro ciclo ideal ha experimentado una caída de presión en la válvula de expansión termostática. Subenfriamiento o recalentamiento no puede existir donde hay una mezcla de líquido y vapor. Por tanto, cualquier lugar en el sistema donde el refrigerante existe en dos estados, será a la temperatura de saturación para su presión.

Algo del refrigerante líquido es necesario para hervir como un medio para eliminar el calor necesario para alcanzar esta temperatura más baja. El líquido que se sacrifica en el proceso de ebullición explica el aumento de la calidad del refrigerante. Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del líquido y la temperatura del evaporador, el líquido más tendrá que ser hervido a fin de alcanzar la temperatura de saturación de nuevo. Esto da como resultado una calidad refrigerante aún mayor.

La parte final del recorrido del refrigerante es como una mezcla de líquido y vapor saturado, viajando a través del tubo evaporador. El aire caliente se sopla a través del evaporador, donde se transfiere su contenido de calor al refrigerante hirviendo. Esta es una ganancia de calor latente para el refrigerante, sin causar aumento de la temperatura, mientras que experimenta un cambio de estado. En el ciclo ideal, la última molécula de líquido hierve saturada frente a la salida del evaporador, que está conectada a la entrada del compresor. Por lo tanto, el vapor a la entrada del compresor está saturado.

El ciclo continúa de esta manera hasta que la temperatura del espacio refrigerado se cumple.

Evaporadores en las enfriadoras industriales

Los evaporadores de Shell y Tubo: En la configuración típica el refrigerante fluye a través del lado del tubo y el fluido del proceso a través del lado de la carcasa de la unidad. La construcción del tubo puede ser de cobre, cuproníquel, o acero inoxidable. La construcción de Shell puede ser de hierro fundido, latón, cuproníquel, o acero inoxidable. Este estilo de evaporador tiene caídas de presión más bajas que la tecnología de placas soldadas y está disponible de hasta 500 toneladas en la construcción estándar.

Evaporadores placas soldadas: Tecnología de refrigeración, Inc. fue uno de los primeros en los Estados Unidos que utilizó este diseño innovador en la transferencia de calor. Las principales ventajas de esta tecnología son la eficiencia suprema que se consigue, menores costes, y de acero inoxidable 316L o la construcción de cobre. Este estilo está disponible en cantidades de toneladas de fracciones de 140 toneladas.

Tipos de compresores de refrigeradores industriales

Compresor alternante: Un compresor alternativo es un compresor que utiliza pistones accionados por un cigüeñal. Se utiliza para suministrar una pequeña cantidad de refrigerante a una presión muy alta. Los compresores alternativos pueden llevar a una doble tensión y su rango es de tres hasta sesenta caballos de fuerza. Los compresores alternativos son generalmente semi - compresores herméticos, que simplemente significa que son útiles.

El compresor centrífugo: los compresores centrífugos tienen pocas partes móviles lo que los hace una de las favoritas en la industria. Son también muy eficientes hablando de energía y dan un mayor flujo de refrigerante que un compresor de pistón de tamaño similar. Los compresores centrífugos son más adecuados para un mayor volumen, para las aplicaciones de baja presión, como los que utilizan los ventiladores, unidades de refrigeración, y los motores de aire. El compresor centrífugo opera mediante el uso de la fuerza centrífuga aplicada a una masa de aire para lograr la compresión. Capacidades típicas van desde sesenta a varios cientos de toneladas. Estos son sellados herméticamente, compresores de rodamientos magnéticos y son 230 voltios o 460 voltios.

Tornillo Compresor: El compresor de tornillo es casi exactamente como suena. Hay dos tornillos (masculino y femenino) en un compresor de tornillo que se encajan juntos en una vivienda fija. Al girar los rotores, el gas se comprime por reducción de volumen directo entre los dos rotores. Estos compresores son semi - compresores sellados herméticamente, llevan una doble tensión, y el rango 40 a 1000 caballos de fuerza. También hay compresores de tornillo simple que se basan en un solo tornillo giratorio que pasa a través de dos ruedas de estrella para proporcionar la compresión.

Ubicación de los enfriadores industriales

Los grandes refrigeradores industriales se ubican normalmente en las salas de equipos mecánicos en el edificio de cerca del proceso en el que se están enfriando. Algunas enfriadoras industriales pueden estar situadas directamente al lado del proceso, dependiendo del tamaño de la enfriadora y el compresor. Algunas pueden incluso estar colocadas completamente al aire libre.

3.3 Explicación de la instalación actual de la enfriadora industrial

La instalación existente en Tecnoconfort consta de los elementos habituales en una instalación de este tipo.

Una enfriadora industrial con las partes clave en el ciclo, los compresores, el condensador y el evaporador y la válvula de expansión.

Después esta la bomba que impulsa el agua por las tuberías y colocado en el tejado está el intercambiador por el cual circula el agua a la temperatura de salida del condensador.

Existe un equipo que absorbe aire de la planta y lo hace pasar por el intercambiador, gracias a unos ventiladores. Al estar en contacto el aire cogido de la fábrica con el intercambiador por el que pasa el agua fría, este se enfría y es impulsado mediante unos ramales por toda la planta. De los ramales sale a la planta por unas toberas.

Después de salir de las toberas el aire frío baja y el aire caliente sube, debido a la diferencia de densidad que tienen y el aire caliente es absorbido por el equipo de absorción y vuelve al ciclo de antes.

Existen dos circuitos diferentes, con sus dos intercambiadores, sus dos ramales con toberas y con sus dos equipos de absorción de aire. Uno para la mitad de la planta y el otro para la otra mitad. Existe una válvula de tres vías y unas lamas las cuales sirven para el sistema de free cooling que más adelante en el proyecto lo explicare.

Ahora voy a insertar unas imágenes de las diferentes zonas del sistema.

Aquí se ve el equipo de absorción de aire de la planta hacia el intercambiador. Hay dos, uno para cada circuito.



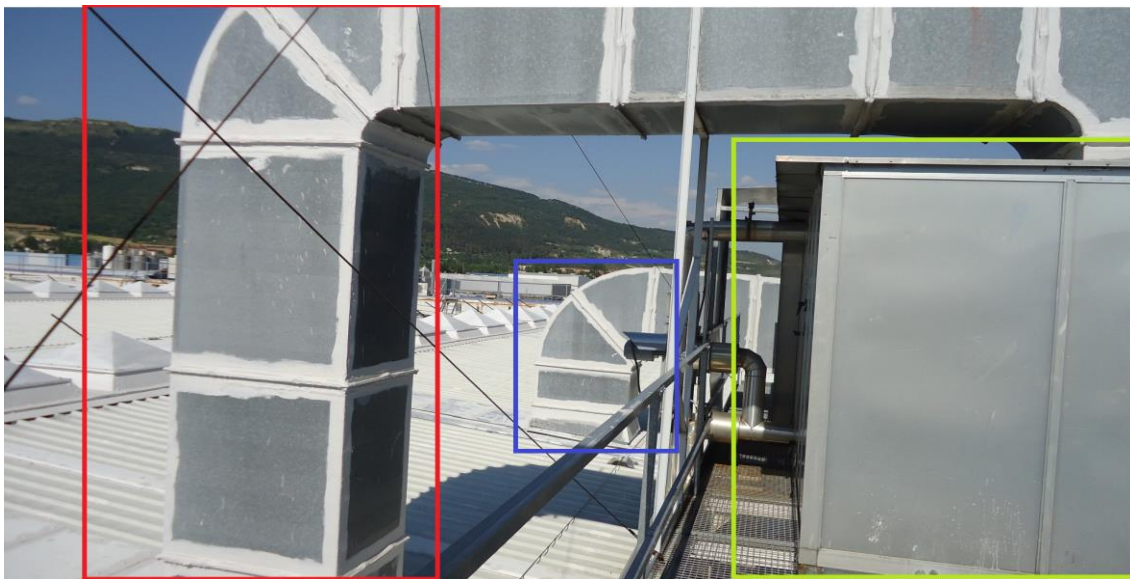
32 Imagen 3.3.1

Aqui se ven los dos ramales que existen en la planta.



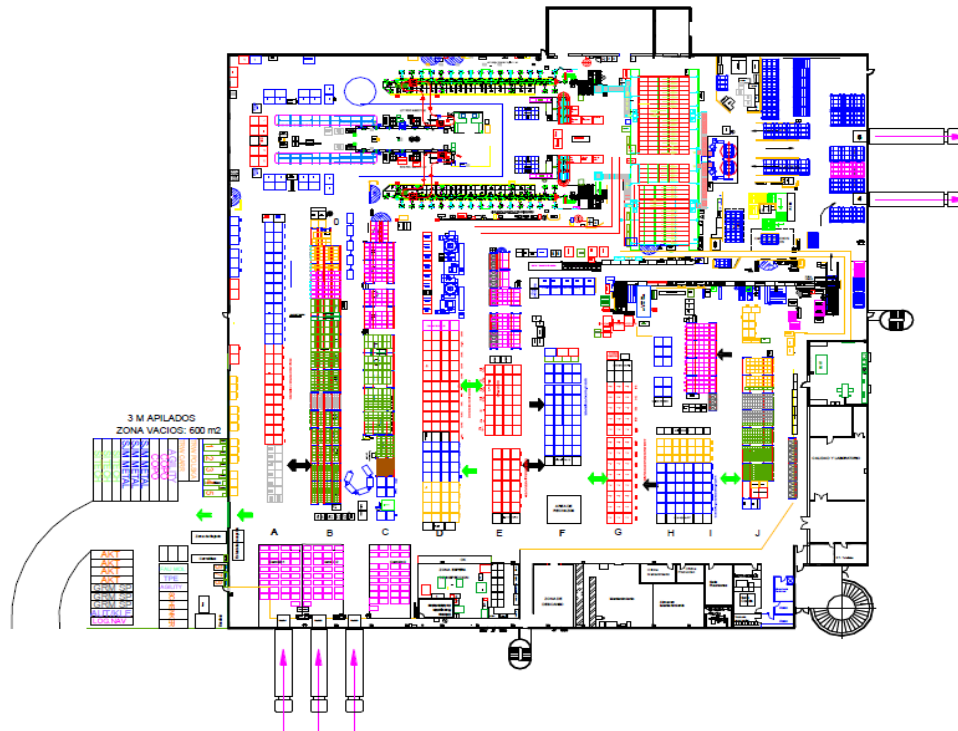
33 Imagen 3.3.2

Aqui de rojo se ve el conducto por el cual el aire frio va hacia los ramales para enfriar la planta, en verde se observa el lugar donde se encuentra el intercambiador y en azul el conductor por el cual llega al intercambiador el aire caliente absorbido desde la fábrica.



34 Imagen 3.3.3

Ahora inserto una imagen del lay-out de la planta, que es la zona que tiene que cubrir la enfriadora:



35 Imagen 3.3.4

3.4 Motivos de la realización de esta parte del proyecto

Después esta explicación sobre como funciona una enfriadora industrial y de los diferentes tipos de elementos que existen en el mercado, voy a explicar los motivos por los que se hizo esta parte del proyecto.

Los motivos por los cuales se me encargo el cambio de la enfriadora son los siguientes:

- El refrigerante que utiliza es el R22, el cual como ya se ha mencionado en esta memoria esta prohibido su reposición desde el 1 de enero de 2015.
- Debido a los años que lleva instalada, 24, ha perdido eficiencia y potencia con el transcurso de los años.
- Uno de los dos compresores que tiene esta estropeado y por lo tanto solo trabaja la mitad del equipo y por lo tanto solo suministra la mitad de potencia.
- Con la búsqueda de mejor en eficiencia energética, la enfriadora era un punto clave.

3.5 Enfriadora industrial antigua La antigua enfriadora era una McQuay ALR180 y tenia una potencia frigorífica de 644,4KW, dos compresores y 10 ventiladores. Adjunto unas imágenes con las hojas de características de este modelo.

Diego San Martin Donamaria



36 Imagen 3.5

Unidad "ALR"	100	110	130	155	180
Potencia frigorífica (alta vel.) (1) kW	344,5	405,5	485,5	562,3	644,4
Potencia absorbida (alta vel.) kW	97,9	122,8	148,1	173,9	201,7
Potencia frigorífica (baja vel.) kW	198,3	244,9	290,3	338,7	387,6
Potencia absorbida (baja vel.) kW	46,4	58,5	70,6	82,9	95,6
Compresor McQuay N./Serie	2/800	2/800	2/800	2/800	2/800
N. cilindros	4+4	4+6	6+6	6+8	8+8
N. circuitos frigoríficos	2	2	2	2	2
Carga refrigerante R22 kg	39+39	39+54	54+54	54+75	75+75
N. etapas de reducción (2) Standard	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (4)
capacidad opcional	6 (N.D.)	6 (5)	6 (6)	6 (6)	6 (6)
Ventiladores del condensador					
N. ventiladores/diámetro mm	6/800	7/800	8/800	9/800	10/800
Rev. ventilador/Potencia motor rpm	880/1,7	880/1,7	880/1,7	880/1,7	880/1,7
Caudal aire total m ³ /s	35,25	38,86	42,48	49,73	52,20
Evaporador					
N. evaporadores/volumen agua L	1/159	1/147	1/139	1/205	1/175
Max. presión agua bar	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Bateria de condensación					
Superficie frontal total m ²	9+9	9+9	9+9	10,7+10,7	10,7+10,7
Separación aletas/N. filas mm	1,58/2 - 2,11/2	1,58/2 - 2,11/3	2,11/3 - 2,11/3	1,58/2 - 2,11/3	2,11/3 - 2,11/3
Recuperadores (3)					
N. recuper./volumen agua L	2/40	2/58	2/58	2/74	2/82
Max. presión agua bar	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Carga adicional refrigerante R22 kg	13+13	13+22	22+22	22+22	22+22
Peso adicional en funcionamiento kg	526	584	584	894	946
Peso adicional de expedición kg	486	526	526	820	864
Pesos unidad standard					
Peso en funcionamiento (3) kg	4260	4450	4670	5910	6280
Peso de expedición (3) kg	4100	4300	4500	5700	6100

- Nota:** (1) Potencias frigoríficas nominales basadas en: 13/7 °C temperatura del agua a la entrada/salida del evaporador; temperatura del aire exterior 35 °C.
- (2) La secuencia de reducción de la potencia frigorífica depende de las posiciones del interruptor de alternancia. De todas formas, ésta no cambia para las unidades con compresores de igual tamaño. Las etapas entre paréntesis se refieren al compresor Part-Winding.
- (3) Los pesos indicados se refieren a la unidad standard sólo con los condensadores. En el caso de las unidades con recuperación de calor, hay que añadir los pesos respectivos de los recuperadores.

Características eléctricas



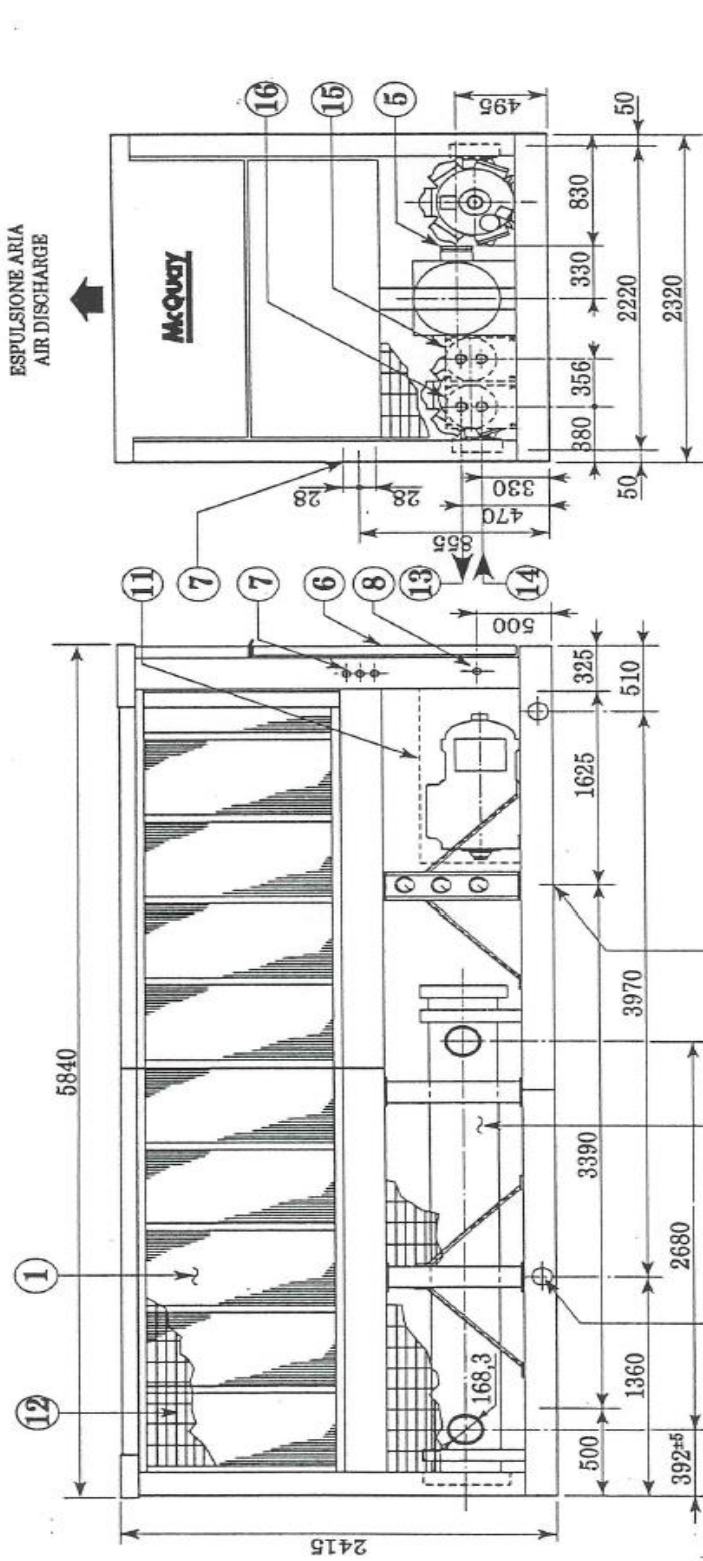
Unidad "ALR"	100	110	130	155	180
Tensión standard	380/415 V - 3f - 50Hz (1)				
Compresor de doble velocidad					
Consumo nom. por cada compresor (Alta veloci A	114+114	114+156	156+156	156+217	217+217
Consumo nom. por cada compresor (Baja veloc. A	61+61	61+90	90+90	90+113	113+113
Máx. consumo de arranque (2) A	504	639	639	810	810
Compresor Part-Winding					
Consumo nom. por cada compresor A	115+115	115+175	175+175	175+222	222+222
Máx. consumo de arranque A	426	585	585	670	670
Consumo nom. por cada ventilador A	6 x 3,35	7 x 3,35	8 x 3,35	9 x 3,35	10 x 3,35
Consumo nom. total con compr. doble velocidad	248,1	293,45	338,8	403,15	467,5
Consumo nom. total con compr. Part-Winding A	250,1	313,45	376,8	427,15	477,5

- Nota:** (1) Tolerancia admitida sobre los valores de tensión $\pm 10\%$.
- (2) Consumo de arranque en el paso de 8 a 4 polos del compresor de mayor potencia.
- Atención:** Los valores del consumo se refieren a la tensión de 380 V.

262 kW

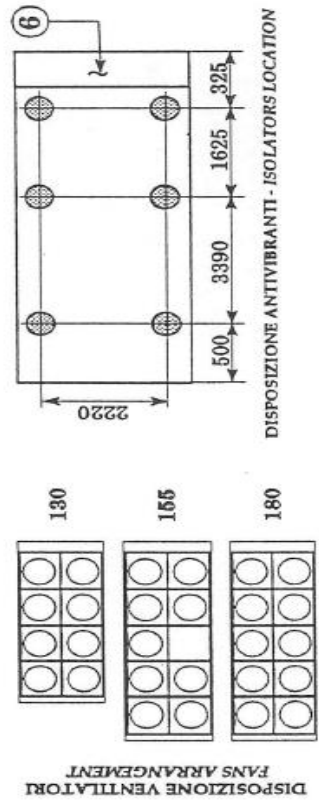
Ahora inserto un esquema de la maquina con cotas y con los elementos que la componen:

riserviamo il diritto di apportare, senza preavviso, tutte le modifiche necessarie. - We reserve the right to make changes in design and construction at any time, without notice.



ESPULSIONE ARIA
AIR DISCHARGE

McQuay



LEGENDA - LEGEND

- Batteria condensante. - Condenser coil.
- Evaporatore. - Evaporator.
- Entrata acqua evaporatore. - Evaporator water inlet.
- Uscita acqua evaporatore. - Evaporator water outlet.
- Conessioni evaporatore per vicinalic. - Vicinalic connections furnished with grooves for vicinalic/coupling by others.
- Pannello di comando e controllo. - Operating and control panel.
- 3 fori pilota dia. 3,5 Ingresso alimentazione pannello elettrico. - 3.5 dia. pilot hole for power panel connection.
- Foro pilota dia. 3,5 Ingresso alimentazione pannello di controllo. - 3.5 dia. pilot hole for power control panel.
- 4 fori dia. 64 mm per sollevamento unità. - 4 lifting holes 64 mm dia.
- 6 fori dia. 25 mm per montaggio antivibranti. - 6 isolator mounting holes 25 mm dia.
- Cabina insonorizzante compressori (optional). - Compressor enclosure (optional).
- Griglia di protezione batterie (optional). - Coil protection guards (optional).
- Uscita acqua recuperatore connessioni 3" gas maschio. - Heat recovery condenser water outlet 3" gas male connections.
- Entrata acqua recuperatore connessioni 3" gas maschio. - Heat recovery condenser water inlet 3" gas male connections.
- Recuperatore circ. 1 (optional). - Heat recovery condenser ckt. 1 (optional).
- Recuperatore circ. 2 (optional). - Heat recovery condenser ckt. 2 (optional).

McQuay <small>by Emerson</small>	892384	976 F
	DIMENSIONI - DIMENSIONS ALR 155 - 180	

3.6 DESCRIPCION DE LA NUEVA ENFRIADORA INDUSTRIAL

Ya que se iba a realizar el cambio de la enfriadora, se me propuso la idea de colocar una enfriadora de más potencia, alrededor de 100KW mas, porque aunque con la potencia actual se cubrían las necesidades existentes en la fábrica, ya que la inversión iba a ser grande se prefería coger una con más potencia para tener un margen de potencia por si ocurría algo en el futuro.

Cuando me puse con la posibilidad de colocar una nueva enfriadora con más potencia, descubrí que las instalaciones actuales no servirían para una enfriadora con más potencia y por ello habría que cambiar toda la instalación al completo, no solo la enfriadora. La explicación de los cambios que habría que hacer es la siguiente:

El dimensionamiento de los componentes de la instalación depende directamente de la potencia del equipo instalado. Lo cual quiere decir que la actual instalación está preparada para la potencia actualmente instalada; están son las repercusiones de aumentar dicha potencia:

- Debería tenderse una nueva acometida eléctrica, pues el equipo de mayor potencia consume en torno a un 15% más de electricidad que el equipo existente. Posiblemente no haya problemas de suministro, pues la empresa cuenta con su propio transformador; sin embargo, resultaría imprescindible el cambio de mecanismos de protección en el cuadro eléctrico, lo que puede conllevar su reforma y, por supuesto, el tendido de una nueva línea de gran capacidad desde dicho cuadro hasta la unidad. Todo lo cual redundaría en un incremento considerable en el coste correspondiente a mantener la potencia actualmente instalada.
- De igual forma que aumenta el consumo eléctrico, también lo hace el caudal de agua que deben vehicular las tuberías, dimensionadas para un valor un 18% inferior. Si el nuevo caudal circulara por las tuberías existentes, habría problemas de ruido y se incrementaría notablemente la pérdida de carga en la red de distribución. Es decir, resultaría necesario sustituir la actual red de tuberías por otra de idéntico trazado pero de mayor diámetro. Además del coste propio de dicha intervención, habría que añadir el aislamiento de esta nueva red de tuberías y el de la obra civil necesaria para agrandar los pasos de tubos existentes. Es decir, un nuevo e importante incremento de la inversión.
- Derivado de lo anterior, mayor caudal y mayor pérdida de carga, se haría imprescindible la sustitución del actual grupo electrobomba, instalándose uno de prestaciones adecuadas a las nuevas necesidades. Si bien el coste no sería excesivo, hay que tenerlo en cuenta en tanto que incremento de la inversión, además de los sobrecostes derivados de cambiar la acometida eléctrica, pues sin duda la nueva motorización absorbería mayor potencia que la actual, con la consiguiente necesidad.

Hasta aquí se han señalado los problemas que el aumento de potencia genera en la instalación hidráulica, pero las afecciones no terminan ahí:

- Los climatizadores están dimensionados para unas prestaciones determinadas, que la actual instalación satisface de forma sobrada: los equipos se dimensionaron únicamente para calefacción, por lo que para refrigeración la máxima potencia que pueden ceder ronda los 465 kW, es decir, un 30% menos de la potencia cedida por la enfriadora. En definitiva, por mucho que se aumente la producción de potencia, los emisores son incapaces de cederla al ambiente. Una intervención sobre los climatizadores, añadiendo baterías e incrementando el caudal de aire, o bien sustituyéndolos directamente por otros de prestaciones adecuadas, haría posible ceder toda la potencia generada por la enfriadora al ambiente a refrigerar. Lo cual supone un fuerte desembolso a añadir a todo lo anterior.
- Si se reforman las prestaciones de los climatizadores, bien porque se sustituyen o bien porque se suplementa la potencia, el caudal de aire será superior al que actualmente impulsan los equipos, por lo que, de forma análoga a lo que pasaba con el agua y las tuberías, pueden surgir problemas en las redes de conductos existentes: ruidos, arrastre de gotas, exceso de pérdida de carga, roturas por sobrepresión. Se concluye fácilmente que, como sucedía con las tuberías, convendría reformar las redes de conductos para dar cabida al caudal de aire a impulsar en las debidas condiciones. Lo que supone un elevado incremento de la inversión.

A tenor de todo lo anterior, cabría concluir que debe desmantelarse al completo la instalación existente para montar una nueva acorde a las especificaciones de la actual.

Bien es verdad que alguna de las intervenciones podría no ser tan drástica como un cambio total (por ejemplo, tender ramales nuevos de conductos de aire que canalicen el exceso de aire), pero aun así supondría un exceso de coste sobre el derivado del mantenimiento de la potencia actualmente existente.

Cuando expuse todos estos cambios necesarios en la instalación, la empresa me dijo que el presupuesto con el que contaban para el cambio de la enfriadora no podía hacer frente a estos gastos y por ello que me centrara en una enfriadora industrial con una potencia similar a la actual, para que no conllevase los cambios previamente citados.

Debido a esto, no hice el cálculo de cargas térmicas como en el caso de las oficinas. Cuando pregunte la libertad que tenía para la búsqueda de la enfriadora industrial, si había una marca o marcas las cuales imponía el grupo que tenían que ser o alguna imposición por el estilo me dijeron que en ese sentido no pero que tenía con contactar con los proveedores acreditados por el grupo. Por lo tanto llame a los proveedores y les pregunte a ver con que marcas trabajaban, para saber en qué marcas podía buscar. El problema que me surgió fue que cada proveedor trabajaba con una marca únicamente, lo bueno es que cada uno con una diferente. Después de quedar con ellos y explicarles lo que quería me ofrecieron cada uno una enfriadora. Esta parte no fue de cálculo si no de estudio de las características de cada una de las enfriadoras industriales. Las tres marcas que nos ofertaron fueron DAIKIN, Climaveneta e Hitema. Ahora voy hablar de cada una de ellas.



La enfriadora industrial que nos ofertaron de la marca DAIKIN es el modelo EWAD640TZ-SS. Sus características principales son su potencia frigorífica, 640KW, su EER, 2.73 trabajando al 100% y su ESER, 4,75. Después cuenta con dos compresores de monotornillo semihermetico de tipo INVERTER y el refrigerante que utiliza es el R134A. Ahora adjunto sus hojas de especificaciones.



37 Imagen 3.6.1

Diego San Martin Donamaria

MODELO	EWAD640TZ-SS	
Capacidad frigorífica	kW	640
Control de capacidad - Tipo		Stepless
Potencia absorbida total de la unidad - Refrigeración	kW	235
EER		2,73
ESEER		4,75
IPLV		5,95
Carcasa		
Color *		IW
Material *		GPSS
DIMENSIONES		
Alto	mm	2222
Ancho	mm	2258
Largo	mm	5015
PESO		
Peso unidad en transporte	kg	4969
Peso unidad en operación	kg	5231
EVAPORADOR		
Tipo *		S&T
Fluido		Agua
Factor de ensuciamiento	m ² °C/W	0,0000176
Volumen de agua	l	262
Temperatura de agua (in/out)	°C	12,0/7,0
Caudal nominal de agua - Refrigeración	l/s	30,6
Pérdida de carga nominal - Refrigeración **	kPa	47
Material de aislamiento *		CC
CONDENSADOR		
Tipo *		HFP
VENTILADOR		
Tipo*		DPT Ventiladores On/Off On/Off
Transmisión*		
Diámetro	mm	800
Caudal nominal de aire	l/s	40038
Temperatura del aire	°C	35,0
Cantidad	No.	10
Velocidad	rpm	700
Potencia absorbida ventiladores	kW	8,9
COMPRESOR		
Tipo		Inverter Driven Single Screw
Carga de aceite	l	36
Cantidad	No.	2
NIVEL SONORO		
Potencia sonora - Refrigeración	dB(A)	101
Presión sonora - Refrigeración	dB(A)	81
CIRCUITO DE REFRIGERANTE		
Tipo de refrigerante		R134a
Carga de refrigerante	kg	109
Nº de circuitos	No.	2
CONEXIONES DE TUBERÍA		
Entrada / Salida agua del evaporador		168,3 mm

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

MODELO			EWAD640TZ-SS
ALIMENTACION ELECTRICA			
Fases	Nº		3
Frecuencia	Hz		50
Voltaje	V		400
Tolerancia minima voltaje	%		-10%
Tolerancia máxima voltaje	%		+10%
UNIDAD			
Corriente máxima de arranque	A		3
Corriente nominal en refrigeración	A		392
Corriente máxima de funcionamiento	A		434
Corriente máxima para dimensionamiento de cables	A		477
Corriente en refrigeración (1)	A		392
VENTILADORES			
Corriente nominal en refrigeración	A		26
COMPRESORES			
Fases	Nº		3
Voltaje	V		400
Tolerancia minima Voltaje	%		-10%
Tolerancia máxima Voltaje	%		+10%
Máxima corriente de funcionamiento	A		204
			204
Tipo de arranque	---		INV

Fluido: Agua

Tolerancia voltaje permitida $\pm 10\%$. El desequilibrio entre fases debe estar comprendido entre $\pm 3\%$.

Corriente máxima de arranque: La unidad está inversor impulsado. No hay corriente de entrada en el arranque. El valor declarado se refiere al stand-by vigente

Corriente nominal de funcionamiento en frio basada en las siguientes condiciones: evaporador 12/7°C; aire 35°C; compresores + corriente ventiladores

Corriente máxima de funcionamiento basada en la corriente máxima absorbida por el compresor y la corriente máxima absorbida por los ventiladores

Corriente máxima de la unidad para dimensionamiento de cables basada en la tolerancia mínima de voltaje permitida.

Corriente máxima para dimensionamiento de cables: (amperios a plena carga de los compresores + corriente de los ventiladores) x 1,1.

(1) Corriente de funcionamiento en frio basada en las siguientes condiciones: evaporador 12,0/7,0°C; aire 35,0°C

NIVELES SONOROS

MODELO	Presión sonora a 1 m de la unidad (rif. 2 x 10 ⁻⁵ Pa)									Potencia
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB(A)	dB(A)
EWAD640TZ-SS	80,9	77,9	77,8	80,5	75,4	70,8	62,9	55,5	80,7	100,8

ANALISIS ENERGETICO

Selección requerida: Eurovent ESEER - Regulacion ventiladores: On/Off

Número	Carga [%]	Te IN [C°]	Te OUT [°C]	Ambient e [°C]	Pf[kW]	Pac[kW]	Pav [kW]	Lw [dB(A)]	EER
1	100	12,00	7,00	35,0	640	226	8,90	100,8	2,73
2	75	10,75	7,00	30,0	479	117	8,90	98,6	3,80
3	50	9,50	7,00	25,0	319	53,9	8,90	93,0	5,08
4	25	8,25	7,00	20,0	158	22,9	4,45	89,1	5,79
ESEER								4,75	

Pf: Potencia frigorífica; Pac: Potencia absorbida compresores + bomba de agua (conforme a EN14511); Pav: Potencia absorbida ventiladores.

Note: Sound data at part loads (Lw: Sound Power) are for indication purpose only and do not represent commitment from the chiller Manufacturer.

Además de los datos de las hojas de especificaciones, la enfriadora industrial de la marca DAIKIN modelo EWAD640TZ-SS tiene las siguientes características:

Carcasa y estructura. El armario está fabricado en lámina de acero galvanizado y pintado para proporcionar una alta resistencia a la corrosión. Color blanco marfil (código Munsell 5Y7.5/1) (\pm RAL7044). La base de la estructura dispone de un gancho para elevar la unidad con cuerdas y facilitar la instalación. El peso se distribuye uniformemente por los perfiles de la base y esto facilita la disposición de la unidad.

Refrigerante. Los compresores han sido diseñados para funcionar con el refrigerante ecológico R-134a, con un índice OPD cero (potencial de destrucción de ozono) y muy bajo GWP (potencial de calentamiento global), resultando un valor de TEWI muy bajo (impacto de calentamiento equivalente total).

Condensador. La batería del condensador está construida internamente con tubos de cobre sin soldadura dispuestos en un patrón de filas aleteadas y mecánicamente expandidas en aletas de aluminio lanceadas y onduladas con collares de aleta completa. Un circuito de subenfriamiento permitirá de forma eficiente eliminar la posibilidad de líquido y mejorar el consumo de la unidad.

Válvula de expansión electrónica La unidad está equipada con las válvulas de expansión electrónica más avanzadas para lograr un control preciso del flujo de refrigerante. Puesto que los sistemas en la actualidad requieren la máxima eficiencia, un control de temperatura más preciso, un mayor rango de condiciones de funcionamiento y operación (supervisión remota y diagnóstico), la aplicación de la

válvula electrónica se convierte en obligatoria. La válvula de expansión electrónica cuenta con unas características que la hacen única: un corto tiempo de apertura y cierre, alta resolución, función de corte positiva para eliminar el uso de la válvula de solenoide adicional, modulación continua del flujo de refrigerante sin tensión en el circuito de refrigerante y un cuerpo de acero inoxidable resistente a la corrosión.

Las válvulas de expansión electrónica trabajan normalmente con un ΔP más bajo entre el lado de alta y baja presión que la válvula termostática. La válvula de expansión electrónica permite al sistema trabajar con una menor presión de condensación (invierno) sin problemas de flujo de refrigerante y con un control perfecto de la temperatura de salida de agua.

Controlador MicroTech III

El controlador MicroTech III viene instalado de serie; puede utilizarse para modificar los puntos de consigna y comprobar los parámetros de control. Incorpora una pantalla donde se pueden visualizar además del estado de funcionamiento de la unidad, temperaturas y presiones del agua, del refrigerante y del aire, valores programables y puntos de consigna. Un sofisticado software con lógica predictiva, selecciona la combinación más eficiente de compresores, EEXV y ventiladores de condensación para mantener las condiciones de funcionamiento estables y maximizar la fiabilidad y la eficiencia energética de la enfriadora.

El MicroTech III es capaz de proteger componentes críticos en base a señales externas del sistema (tales como temperaturas del motor, las presiones del gas refrigerante y aceite, corregir secuencia de fase, interruptores de presión y evaporador). La entrada procedente del presostato de alta corta la salida digital del controlador en menos de 50ms, esto es una seguridad adicional en el equipo. Un ciclo de programa rápido (200ms) para una supervisión precisa del sistema. Cálculos del punto flotante para aumentar con precisión en conversiones P/T.

Sección de Control -características principales

La sección de control tiene las siguientes características.

- Gestión de la capacidad progresiva del compresor y modulación de ventiladores.
- Funcionamiento de la enfriadora en condición de fallo parcial
- Funcionamiento de rutina completo siempre que se cumpla:
 - valor de temperatura ambiente alta
 - carga térmica alta
 - alta temperatura de agua de entrada al evaporador (arranque)
- Visualización de temperatura de entrada/salida de agua.
- Visualización de la temperatura ambiente exterior.
- Visualización de presión y temperatura de evaporación-condensación, recalentamiento de descarga y aspiración para cada circuito.
- Regulación de la temperatura de salida de agua del evaporador (tolerancia = 0,1°C).
- Contador de horas de funcionamiento del evaporador y compresores.
- Visualización de estado de los dispositivos de seguridad.
- Número de arranques y horas de funcionamiento de los compresores.
- Gestión optimizada de la carga de los compresores.
- Gestión del ventilador conforme a la presión de condensación.

- Reinicio en caso de fallo de alimentación (automático/ manual)
- Carga suave (gestión optimizada de la carga de los compresores durante el arranque).
- Arranque a temperatura alta de agua del evaporador.
- Reajuste del retorno (variación del punto de consigna en base a la temperatura del agua de retorno).
- Reajuste de OAT (Temperatura ambiente exterior).
- Reajuste del punto de consigna (opcional).
- Aplicación y actualización del sistema con tarjetas SD comerciales.

Dispositivo de seguridad / logica para cada circuito de refrigerante

Los siguientes dispositivos son disponibles.

- Alta presión (presostato).
- Alta presión (transductor).
- Baja presión (transductor).
- Disyuntor de circuito de ventiladores
- Alta temperatura de descarga del compresor.
- Alta temperatura del devanador del motor
- Monitor de fase
- Relación baja presión
- Caída de presión de aceite alta.
- Presión de aceite baja.
- No hay cambio de presión durante el arranque

Sistema de seguridad

Los siguientes sistemas de seguridad son disponibles.

- Monitor de fase
- Bloqueo por baja temperatura ambiente.
- Protección contra congelación

Tipo de regulación

Regulación Proporcional + integral + derivativa en la sonda de salida de agua del evaporador

MicroTech III

El terminal integrado MicroTech III tiene las siguientes características.

- Pantalla de cristal liquido de 164x44 puntos con retroiluminación blanca. Soporta fuentes Unicode para varios idiomas.
- Teclado con 3 teclas.
- Control giratorio de presión para mejorar la utilización.
- Memoria para proteger datos.
- Relés de alarma general.
- Acceso mediante contraseña para modificar los ajustes.
- Seguridad en las aplicaciones para evitar el uso indebido de la aplicación o el hardware por terceros.
- Informe de servicio que muestra todas las horas de funcionamiento y condiciones generales.
- Histórico de alarmas para facilitar el análisis de fallos.

Supervision de los sistemas (a petición)

Comunicacion remota MicroTech III

MicroTech III permite la integración a sistemas BMS (sistemas de gestión de edificios) en base a los protocolos más comunes como:

- Modbus RTU
- LonWorks, ahora también basado en el perfil de enfriadora estándar 8040 internacional y en la tecnología LonMark .
- BacNet BTP certificado sobre IP y MS/TP (class 4) (Nativo).
- Ethernet TCP/IP.



La enfriadora ofertada de la marca Climaveneta es el modelo FOCS2 /CA /2702. Sus principales características son su potencia frigorífica, 633,3KW, tiene un EER de 3,18 trabajando al 100%, 3,84 al 75%, 4,35 al 50% , 4,71 al 25% y un ESSER de 4,23. Tiene dos compresores de tipo tornillo y el refrigerante que usa es el R134A.

Ahora adjunto sus hojas de especificaciones:

PRESTACIONES

REFRIGERACIÓN

Pot. Frig.	[kW]	633,8
Pot. abs. Tot.	[kW]	199,2
EER	-	3,18
ESEER	-	4,23

CONDICIONES DE REFERENCIA

	TA	Evap. TI	Evap. TU
	[°C]	[°C]	[°C]
Refrigeración	35	12,0	7,0

CARGAS PARCIALES

Carga	[%]	100	75	50	25
Aire Exterior	[°C]	35,0	30,0	25,0	20,0
Pot. Frig.	[kW]	633,8	475,4	316,9	158,4
Pot. Abs.	[kW]	199,2	124,0	72,9	33,6
EER	-	3,18	3,84	4,35	4,71

EVAPORADORES

Tipo	Número	Tipo Conex.	Diam. Conex.
MULTITUBULAR	1	FLEXIBLE JOINT	6"

Evap. TI	[°C]	12,0
Evap. TU	[°C]	7,0
Fluido		AGUA
Glicol	[%]	0
Suc.	[m ² °C/W]	0,000044
Caudal	[m ³ /h]	109,1
Pérdida c.	[kPa]	44,9

Compresores

Tipo	TORNILLO
Número	2
Nº Etapas	0
Etapa min.	25
Nº Circuitos	2
Regulac.	STEPLESS
Refrigerante	R134a

BATERÍA

Tipo vent.	AXIAL	
Número	12	
Caudal	[m ³ /s]	69,04
Presión	[Pa]	0
Consumo	[kW]	2

NIVELES SONOROS

POTENCIA SONORA

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	TOT
[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
92	99	100	99	97	91	84	74	101

PRESIÓN SONORA

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	TOT
[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB(A)]
59	66	67	66	64	58	51	41	68

Distancia [m] 10

DATOS ELÉCTRICOS

T. Alim.	[V/ ph /Hz]	400/3/50
Corriente Arranque	[A]	535
Corriente Abs.	[A]	462
Pot. Abs.	[kW]	279

DIMENSIONES Y PESOS

Longitud	[mm]	7000
Altura	[mm]	2500
Anchura	[mm]	2260
Peso	[kg]	5920

ESPACIO MÍNIMO

Lado cuadro eléctrico	[mm]	1800
Lado opuesto cuadro eléctrico	[mm]	1500
Lado batería	[mm]	2000
Lado opuesto batería	[mm]	2000



38 Imagen 3.6.2



La enfriadora industrial de la marca HITEMA es el modelo SBS-660. Tiene una potencia de 657KW y 6 compresores del tipo scroll. Tiene un EER de 3,57 y un ESSEr de 4,17. El refrigerante que utiliza es el R410A. Ahora voy a insertar sus hojas de características:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

POTENCIA FRIGORÍFICA^(*):	657 kW
POTENCIA ABS. COMPRESORES^(*):	184,2 kW
COP^(*):	3,57
ESEER:	4,17
TEMPERATURA DE SALIDA AGUA:	7 °C
TEMPERATURA DE ENTRADA AGUA:	12 °C
TEMPERATURA AMBIENTE:	-10 °C ≤ temp. amb. ≤ 40 °C
REFRIGERANTE:	R- 410A
NIVEL DE PRESIÓN SONORA:	69,4 dB(A) (a 10 m en campo abierto según ISO3744)
POTENCIA ELÉCTRICA NOMINAL^(*):	220 kW (compresores + vent.+ bomba)
INTENSIDAD ELÉCTRICA MÁX.:	481 A
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:	400 V / 3 / 50 Hz + PE

^(*) Para las temperaturas de cálculo (entrada/salida 12/7 °C, ambiente 35 °C).

COMPRESOR

Tipo:	scroll
Número compresores:	6
Número circ. Frigoríficos:	2

CONDENSADOR

Tipo:	condensación por aire
Baterías condensadoras:	tubos de cobre y aletas de aluminio
Ventilador:	axial
Nº y potencia:	8 x 2,5 kW
Caudal aire:	192.000 m ³ /h

EVAPORADOR

Tipo:	multitubular (tubos de cobre y carcasa de acero) calorifugado.
Circuitos frigoríficos:	2
Pérdida de carga:	64 kPa

CUADRO ELÉCTRICO Y CONTROL

Cuadro eléctrico con protección IP 54, comprendiendo los dispositivos para la maniobra automática y manual y elementos de señalización marcha / paro, avería y defecto, además de los de protección y seguridad.

- Protección IP 54
- Interruptor general
- Pantalla para lectura digital y selección de parámetros de funcionamiento
- Microprocesador para control de la unidad
- Magnetotérmicos de protección
- Manómetros en circuitos frigoríficos de alta y baja presión
- Control de condensación por regulación electrónica de velocidad de ventiladores

BOMBA HIDRÁULICA (Opción WP)

NO INCLUIDA (DISPONIBLE COMO OPCIONAL)

DEPÓSITO (Opción T)

NO INCLUIDO (DISPONIBLE COMO OPCIONAL)

DIMENSIONES Y PESO

5.830 x 2.210 x 2.450 mm (longitud x anchura x altura)

Peso: 4.650 kg (en vacío) / 4.900 kg (con carga de agua)

Conexiones hidráulicas: DN150



39 Imagen 3.6.3

Despues de recibir las tres propuestas de enfriadoras, entre a valorarlas. Los valores principales en los que me fije fueron:

- Potencia frigorífica.
- EER y ESSER.
- Tipo de compresores.
- Potencia eléctrica.

Con estos datos hice una tabla comparativa.

	DAIKIN	CLIMAVENETA	HITEMA
POT. FRIGORIFICA (KW)	640	633,8	657
EER/ESSER	2,73/4,75	3,18/4,23	3,57/4,17
TIPO DE COMPRESORES	TORNILLO	TORNILLO	SCROLL
POTENCIA ELECTRICA (KW)	235	199,2	220

40 Tabla 3.6

El tipo de compresor que mejor características tiene es el de tornillo, debido a su durabilidad y eficiencia. Viendo las características de el modelo de DAIKIN y el de Climaveneta, cualquiera de las dos me parecen que cumplen las necesidades de la planta. El modelo de DAIKIN, al tener un ESEER

mayor, es mi elección entre las tres. Además del ESSER, después de hacer un estudio de mercado buscando opiniones de expertos, DAIKIN es una de las marcas referente en el mercado de las enfriadoras industriales.

Yo expuse mi opinión a los encargados de tomar la decisión de elegir cual se iba a comprar y su elección fue la enfriadora industrial de DAIKIN. En mi opinión las tres hubiesen cubierto las necesidades de la planta pero si hay que elegir una, como ya comente previamente, mi elección sería el modelo de DAIKIN.

A parte de mi explicación, el presupuesto supuso un punto importante en la elección de la enfriadora.

Ademas de las características que ofrece la enfriadora, fue determinante las prestaciones que incluía la enfriadora. La enfriadora de marca DAIKIN tenía la que mejor sistema de control, gracias a su controlador Microtech III.

3.7 ACCIONES E INSTALACIONES NECESARIAS PARA LA NUEVA ENFRIADORA

A parte de la enfriadora, esta parte del proyecto incluía otros trabajos relacionados. Ahora voy a hablar sobre ellos:

DESMONTAJE DE LA ENFRIADORA EXISTENTE

El desmontaje consiste en la interrupción del suministro eléctrico a la planta enfriadora existente, el vaciado del circuito hidráulico y la desconexión de ambos servicios.

Se procederá a la recogida del gas refrigerante y del aceite lubricante en recipientes homologados para ello.

La enfriadora antigua se moverá a un lugar del terreno propiedad de Tecnoconfort para ahí taparla con una lona y más adelante reciclarla en un lugar oficial de gestión de residuos.

Se adecuará y limpiará el espacio dejado por la máquina retirada, para garantizar la correcta colocación y nivelado de la nueva unidad.

INSTALACION HIDRAULICA

Se adecuarán las tuberías existentes para facilitar la conexión de la nueva unidad. Se realizarán las reformas necesarias en la red de tuberías interior para dar cabida al depósito tampón del que ahora carece el sistema. Dicho depósito tiene por objeto almacenar agua a temperatura de consumo para espaciar los ciclos de funcionamiento de los compresores, prolongando así su vida y reduciendo el consumo.

La intervención sobre la red hidráulica comprende el tendido de tuberías de interconexión y su aislamiento; la colocación de los elementos accesorios tales como manguitos anti-vibratorios, filtro, válvulas de retención y corte, y dispositivos de control tales como termómetros y manómetros. Se dotará, igualmente, a la instalación de dispositivos de vaciado y purga, situados estos últimos en los puntos altos.

La instalación se completará con la instalación de un contador de energía térmica generada, en cumplimiento de la Instrucción Técnica IT1.2.4.4, punto 3.

SISTEMA SCADA

Al principio se valoró la idea de controlar la instalación nueva con el sistema SCADA existente en la planta. Esta idea se desechó debido a que el presupuesto que había para la nueva enfriadora estaba

bastante ajustado y este coste añadido no se pudo hacer frente. No obstante, no se descarta su implantación en un futuro cuando se pueda afrontar este gasto. De todos modos voy a explicar un poco cual era la idea en si:

SCADA es, genéricamente, un programa de Supervisión, Control y Adquisición de Datos que, en este caso, emplea la empresa para monitorizar el funcionamiento de la maquinaria de la línea de producción.

Ya que este sistema es muy crítico en la empresa, luego se optó por instalar dos sistemas **SCADA**, uno para las líneas y otro para la enfriadora. Al final, como ya he dicho previamente, se desechó esta opción.

Esta segunda opción se basaría en programar un ordenador con el software específico que permitiera la visualización de datos capturados por los elementos de campo y la propia centralita de la enfriadora, e incluso permitir la manipulación de ciertos parámetros para una mejor gestión del sistema de climatización.

El acceso se realizaría desde **INTRANET**, lo que permitiría el acceso exclusivo de personal autorizado por la empresa, incluido el servicio de mantenimiento. La empresa podría habilitar un acceso vía **INTERNET** para el control remoto de la instalación por parte del servicio de mantenimiento externo.

Ahora voy a comentar la instalación.

EMPLAZAMIENTO DE EQUIPOS

La enfriadora y el resto de instalaciones estarán ubicadas en el mismo sitio que la anterior enfriadora.

INSTALACION ELECTRICA

Para la instalación eléctrica se usaran los cuadros y las líneas existentes.

3.8 FUTUROS AHORROS CON LA NUEVA ENFRIADORA

Aquí pongo los futuros ahorros que habrá con la nueva enfriadora, comparándola con la actual.

CONSUMO ENFRIADORAS (KW)		
ANTIGUA	262	
NUEVA	235	
HORAS DE FUNCIONAMIENTO		
LUNES A VIERNES	DE 8:00 A 22:00	14H
CICLO	MES	DIAS LABORABLES
REFRIGERACION	4	80
FACTORES DE FUNCIONAMIENTO		
SIMULTANEIDAD	90%	
COEFICIENTES DE USO	70% DIA	
	60% AÑO	
PERFIL DE FUNCIONAMIENTO ACTUAL		
CONSUMO	2.310,84KW/DIA	110.920,32KW/AÑO
PRECIO HORA LLANA		0,125€/KW
GASTO ANUAL		13.865,04€/AÑO
PERFIL DE FUNCIONAMIENTO MAQUINA NUEVA		
100%	3%	0,42h
75%	33%	4,62h
50%	41%	5,74h
25%	23%	3,22h
CONSUMO	1.776,60KW/DIA	85.276,80KW/AÑO
PRECIO HORA LLANA		0,125€/KW
GASTO ANUAL		10.659,60€/AÑO
AHORRO		3.205,55 €
PORCENTAJE DE AHORRO		23,13%

41 Tabla 3.8

3.9 CARACTERISTICAS DEL REFRIGERANTE UTILIZADO, EL R134A

Como el refrigerante que utiliza la enfriadora escogida es el **R134A**, voy a hablar sobre el. El refrigerante R134A es un nuevo refrigerante respetuoso con el medio ambiente. Es ODP (potencial de agotamiento del ozono) es cero, por lo que no causa ningún daño a la capa de ozono. Sus principales características son:



42 Imagen 3.9

R134A			
Peso Molecular	102.03	Vaporización de calor BP (KJ/Kg)	215
Punto de ebullición (°C)	-26.2	ODP	0
Temperatura crítica (°C)	101.1	GWP	0.29
Presión crítica (MPa)	4.067	Pureza (%)	≥99.9
Densidad del líquido saturado 25,(g/cm ³)	1.207	Humedad (%)	≤0.001
Calor específico del líquido 25, [KJ/(KG)]	1.51	Acides (%)	≤0.00001
Solubilidad (agua, 25)%	0.15	Residuo de evaporación (%)	≤0.01
Densidad crítica (g/cm ³)	0.512	Apariencia	Sin color, sin elementos turbios
Olor		No hay olor extraño	

43 Tabla 3.9

Ventajas del R134A:

- El refrigerante R134A no contiene átomos de cloro, por lo tanto, no produce ningún daño a la capa de ozono.
- R134A es seguro de usar, ya que es ignifugo, no explosivo, no tóxico, no irritante y no corrosivo.
- En comparación con R12, R134A tiene una mejor conductividad de calor. Esto reduce

considerablemente el consumo de refrigerante. Además, ambos tienen una conductividad térmica similar, así que la modificación de su sistema de refrigeración es mucho más fácil.

Nuestro refrigerante R134A no tiene ningún olor extraño y es particularmente adecuado para sistemas para refrigeración de automóviles. Su punto de ebullición -26.2°C , y su pureza es superior a 99.9%. Su humedad es menor al 0.001%, por lo que su sistema de refrigeración está libre de corrosión. El contenido de ácido del refrigerante R134A es menor al 0.00001%, y el residuo de la evaporación es menor al 0.01%.

3.10 FECHAS PARA LA INSTALACION DE LA NUEVA ENFRIADORA

Las enfriadoras industriales se hacen por encargo. Debido a todos los tramites que hay que realizar para que te acepte el grupo al que pertenece la empresa una inversión de esta cantidad (realización de una CAR, la cual realice yo) , no he podido estar en la instalación de la enfriadora ya que llega el 19 de Junio y como la enfriadora es un elemento crítico en la producción, si la temperatura en la planta es superior a 28 grados los operarios no trabajan, no se podía estar sin enfriadora ningún día laborable. Por ello, se decidió que la instalación de la enfriadora se llevase a cabo durante San Fermín, ya que la fábrica esta parada.

3.11 PRESUPUESTO DE LA ENFRIADORA INDUSTRIAL DE LA MARCA DAIKIN

Aquí adjunto el presupuesto de la instalación. Este presupuesto se consiguió después de unas cuantas reuniones, en las que yo estuve presente. En estas reuniones se bajo el precio progresivamente ya que la primera oferta era de 99.000€.

Las negociaciones finales las realizo la encarga de estos temas en la división de España del grupo Faurecia.

Diego San Martin Donamaria

PRESUPUESTO

Código	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
01		SUSTITUCION ENFRIADORA			
01.01	Ud.	Desmontaje y retirada grupo de frío existente, previa interrupción del suministro y desconexión eléctrica, vaciado tuberías y desconexión hidráulica, incluso traslado a punto de almacenamiento próximo designado por la Propiedad, dentro de sus instalaciones, y medios mecánicos auxiliares de elevación.	1,00		
01.02	Ud.	Unidad enfriadora de agua marca DAIKIN, serie SILVER, con doble compresor monotomillo semihermético tipo INVERTER, de condensación por aire, modelo EWAD640TZSS, con refrigerante R134A, con una capacidad frigorífica nominal de 640 kW modulable del 15% al 100% con continuidad, incluso controlador digital MICROTECH III, válvula de expansión electrónica, interruptor de flujo, carga de refrigerante y medios mecánicos de elevación.	1,00		
01.03	Ud.	Depósito tampón de 2.000 litros de capacidad, en acero al carbono, marca LAPESA modelo MV2000I, incluso calorifugado exterior con espuma rígida de poliuretano inyectado de 80 mm de espesor.	1,00		
01.04	Ud.	Reforma y adecuación red de tuberías existente para conexión nueva enfriadora, comprendiendo: - Preparación tubería existente para conexión nueva tubería. - Red de tuberías en acero negro estirado, sin soldadura, calida St.035, con doble imprimación de pintura antioxidante. - Calorifugado red de tuberías mediante coquilla de espuma elastomérica de células cerradas, con barrera para-vapor, de espesor conforme a Normativa vigente. Incluso conexiones hidráulicas y reposición calorifugado deteriorado en red existente.	1,00		
01.05	Ud.	Valvulería y complementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación hidráulica, comprendiendo: - Válvulas de corte tipo mariposa. - Filtro en Y con tamiz de acero inoxidable. - Antivibratorios de neopreno. - Termómetros de inmersión con escala de 0° a 60°C. - Manómetro de glicerina con escala de 0 a 6 Bar, con rabo de cerdo y llave de corte. Incluso sistema de vaciado de 22 de diámetro, formado por válvula de corte y tubería de descarga.	1,00		
01.06	Ud.	Contador ultrasónico modular de energía térmica, para caudales hasta 100 m3/h, marca KAMSTRUP, formado por: - Integrador MULTICAL 602 con sistema de alimentación eléctrica autónomo y pantalla de cristal líquido, programable. - Caudalímetro ULTRAFLOW para frío modelo KC653FBCM. Incluso sondas de inmersión directa con cable de conexión entre componentes de hasta 5 m.	1,00		
01.07	Ud.	Enclavamiento nueva enfriadora con sistema de control SIEMENS existente, incluso cuadro auxiliar, módulos de ampliación, programación de parámetros de funcionamiento, cableado y mecanismos de maniobra.	1,00		
01.08	Ud.	Legalización de la instalación conforme a la Normativa vigente, redactándose Proyecto Técnico y Dirección de Obra, incluso visado de ambos documentos por parte de Colegio Oficial y tramitación ante Organismo de Control Autorizado.	1,00		
01.09	Ud.	Soportes, accesorios y mano de obra de montaje, llenado y purga de la instalación, pruebas y puesta en servicio.	1,00		
TOTAL PRESUPUESTO:					87.000,00 €

45 Imagen 3.11

Ya que la primera parte del proyecto de climatización fue mas de calculo y elección del mejor sistema para las oficinas, esta segunda parte ha sido diferente. Ya que el estudio del calculo de cargas térmicas no tenia sentido en esta caso ya que se iba a colocar una enfriadora con una potencia similar a la actual si o si debido al estudio que hice con los cambios necesarios que había que hacer en la instalación, en esta parte tuve que realizar el estudio de las tres enfriadoras industriales que me ofertaron para saber cuál era la mejor. En estas dos partes he cubierto dos aspectos diferentes y asi he tocado dos laborales totalmente diferentes que suceden en la vida laboral cuando entras en un proyecto asi, o el calculo y la elección del sistema de climatización o la elección del equipo que mejores prestaciones te ofrezca.

4 Sistema de free cooling

4.1 SITUACION DEL FREE COOLING CUANDO LLEGUE A TECNOCONFORT

Cuando comencé mis practicas en Tecnoconfort habían instalado recientemente un sistema de free cooling. Por ello yo no pude intervenir en esta implantación pero si que ayude a la hora de su programación debido a que se producían errores en el sistema los días de fin de semana.

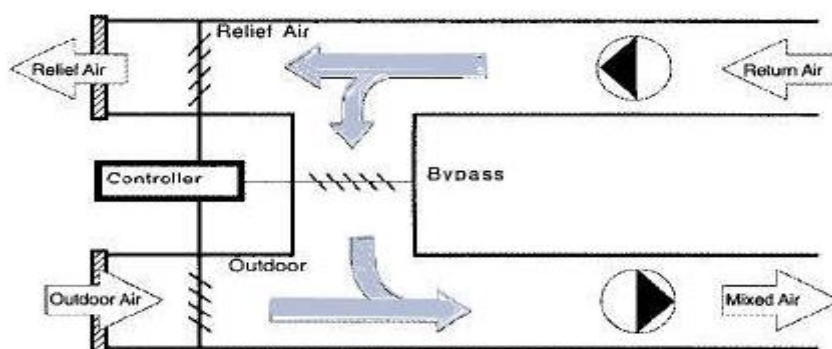
Aunque mi intervención en este sentido no ha tenido nada que ver en la búsqueda de la eficiencia energética, ya que ha sido mas de programación, me gustaría hablar de este tema ya que me parece una opción muy buena a la hora de buscar mejorar la eficiencia de una instalación climática.

4.2 EXPLICACION DEL FREE COOLING

Lo primero que voy a hacer es explicar en que consiste el free cooling y que tipos de free cooling existen.

El free cooling es un sistema de reducción del consumo energético para enfriamiento gratuito del local a acondicionar que toma el aire exterior para aprovechar su baja entalpía cuando las condiciones exteriores son favorables, lo cual disminuye el uso de los equipos de aire acondicionado.

En el esquema de debajo se detalla el procedimiento habitual para realizar el free cooling; este sistema cuenta con un ventilador en la línea de retorno que conduce el aire hacia el exterior o recirculándolo hacia la unidad de tratamiento de aire.



FREE-COOLING

46 Imagen 4.2

La regulación de la proporción de aire eliminado o recirculado se efectúa mediante un juego de lamas en función del grado de apertura o cierre y una tercera lama en la toma de aire exterior que opera sincronizadamente con el aire eliminado al exterior ; así al aumentar el caudal de aire exterior a medida que se abre , se va cerrando la del aire recirculado y se abre la del aire expulsado.

4.3 INSTALACION DE FREE COOLING EN TECNOCONFORT

Las lamas que comento antes, en el caso de la instalación de Tecnoconfort es una válvula de tres vías, la cual una via es de llegada de agua desde la enfriadora, otra de retorno sin pasar por el intercambiador y otra pasando por el intercambiador.

Esta valvula esta sincronizada con las lamas exteriores situadas en el tejado. Cuanto mas abiertas están las lamas, mas cerrada esta la via que lleva agua hacia el intercambiador.

Las lamas, cuando la diferencia de temperatura entre la temperatura de fuera de la planta y de dentro de la planta es suficiente para utilizar el free cooling, se abren y mediante un motor se absorbe el aire de fuera y se impulsa a los ramales para enfríen la planta.

4.4 MI APORTACION AL EL SISTEMA DE FREE COOLING

Todo este sistema esta regulado con una consola, la cual yo ayude en solucionar los problemas de programación que hubo. No fueron problemas extremadamente complicados.

El problema era cuando llegaba el fin de semana. Esto ocurría porque este sistema de free cooling instalado en Tecnoconfort tiene la posibilidad de programa tres modos de funcionamiento. Los tres modos que permiten son: confort, preconfort y eco.

Este sistema juega con tres temperaturas, la temperatura del interior de la planta, la temperatura del exterior de la planta y la temperatura de consigna que pongas en la consola del sistema de free cooling. Con estas tres temperaturas el sistema va regulando la valvula de 3 vias que va sincronizada con las lamas para conseguir la temperatura de consigna que se a programado.

La programación estaba hecha del tal manera que de lunes a viernes el modo de funcionamiento era el de confort. La temperatura consigna de este modo es 21^aC. Esta temperatura la escogimos nosotros.

Despues para el fin de semana programamos el modo eco con una consigna de 17^aC.

Al solo querer utilizar dos modos el modo preconfort estaba en desuso.

El problema sucedía al cambiar del modo confort al modo eco. Cuando se producía este cambio, la consola se desprogramaba y se ponía en el modo default que tiene de serie, que es con las lamas del exterior totalmente abiertas.

Debido a esto cuando llegaba el primer turno de trabajo el lunes a las 6 a.m., se encontraban una temperatura menor a 5 °C.

Después de estar estudiando el manual y los posibles fallos que podían producir este mal funcionamiento, llegamos a la conclusión que quizá era debido este fallo al salto directo que se producía entre el modo confort y el eco. Les preguntamos a los fabricantes de la consola de free cooling y nos dijeron que no tenía porque ocurrir eso.

De todos modos probamos a utilizar el modo preconfort en vez del eco. La única diferencia entre los tres modos es la temperatura de consigna. Las temperaturas siempre van en orden ascendente o descendente, dependiendo si es para calefacción o refrigeración.

Pusimos en marcha esta solución y el programa funcionó perfectamente. La razón de que utilizando el modo eco no funcionase bien fue que la consola tenía un fallo de fábrica.

Cuando he hablado sobre el sistema de la enfriadora, ya he mostrado las diferentes partes del sistema de refrigeración de la parte del aire.

Ahora voy a insertar una imagen con las lamas por las cuales entra el aire cuando el free cooling está en funcionamiento.



47 Imagen 4.4

Esta parte, como el resto de partes de la instalación de la parte del circuito del aire, esta duplicada, una para cada circuito.

5 CAMBIO DE LAS LUMINARIAS DE LA PLANTA

5.1 INTRODUCCION

Mi proyecto a parte de todo lo relacionado con la climatización, tiene una parte relacionada con la búsqueda de la eficiencia en relación con las luminarias. La mejora más significativa en esta parte del proyecto es la sustitución de las actuales lámparas de vapor de sodio situadas en el techo de la planta por otras nuevas que sean más eficientes.

5.2 SITUACION ANTERIOR

Lo primero que voy a hacer es explicar la situación que había cuando comencé esta parte del proyecto. La planta se puede dividir en 3 zonas.

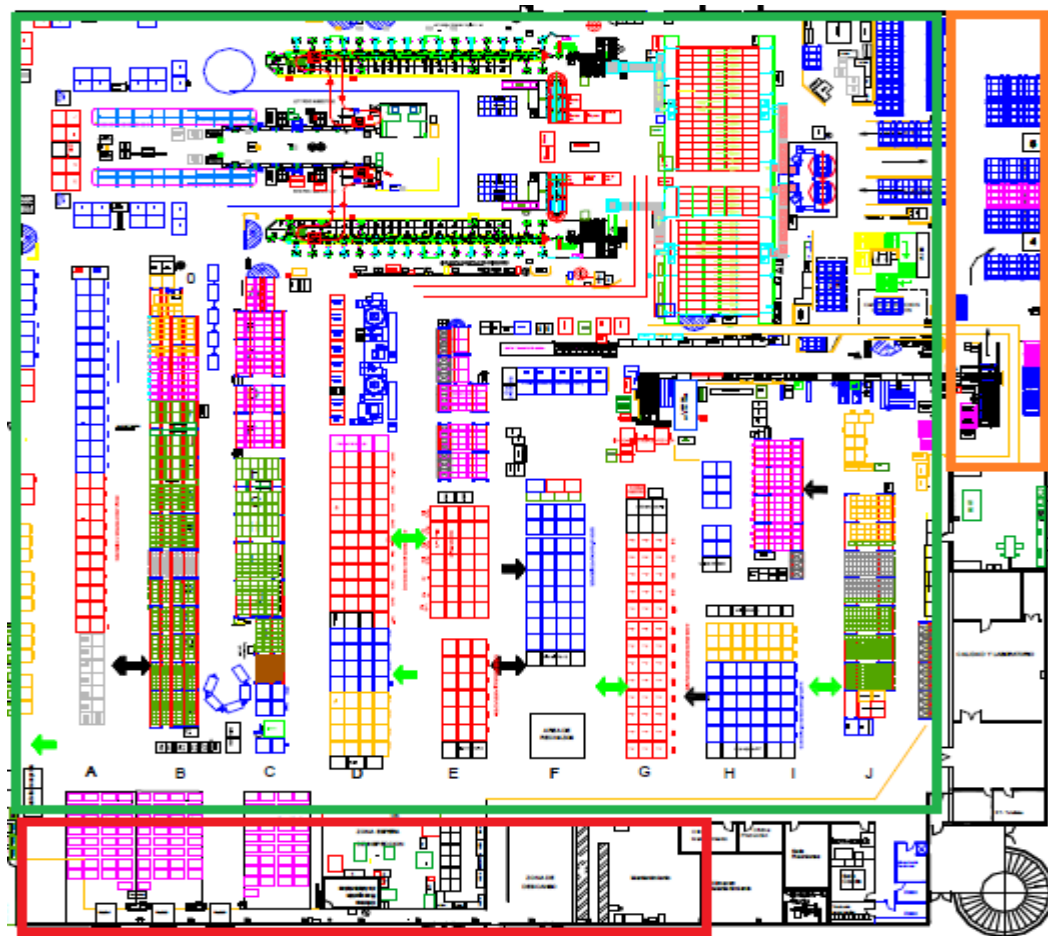
Diego San Martin Donamaria

La zona mas grande es la zona central que tiene unas dimensiones de 80 metros por 80 metros. En esta zona la altura a la cual están colocadas las campanas es 10 de metros. En esta zona existen 120 lamparas de vapor de sodio de 400W de potencia.

La segunda zona esta situada en la fachada sur de la planta y tiene una dimensiones de 60 metros por 10 metros. En esta zona la altura a la cual están colocadas las campanas es de 6 metros. En esta zona hay 24 lamparas de vapor de sodio de 250W de potencia.

La tercera zona esta situada en la fachada este de la planta y tiene unas dimensiones de 40 metros por 10 metros. En esta zona la altura a la cual están colocadas las lamparas es de 6 metros. En esta zona hay 16 lamparas de vapor de sodio de 250W de potencia.

Ahora inserto un lay-out de la planta, donde lo que esta dentro del rectángulo verde es la zona central, lo que esta dentro del rectángulo rojo es la zona que abarca a mantenimiento, área de descanso y muelles de logística y la zona que esta dentro del rectángulo naranja es la de muelles de descarga.



48 Imagen 5.2

5.3 CARACTERISTICAS Y DIFERENTES TIPOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO

Ya que las luminarias que había antes eran todas de vapor de sodio, voy a hablar un poco sobre ellas.

Las lámparas de vapor de sodio están dentro de las denominadas **lámparas de descarga**. El funcionamiento de una lámpara de descarga se basa en el fenómeno de la **luminiscencia**, el cual consiste en la producción de radiaciones luminosas con un escaso aumento de la temperatura, por lo que se las llama lámparas frías.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros. Voy a explicar los dos tipos que hay según el gas utilizado, de vapor de mercurio o de sodio.

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.

La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, Aunque también están disponibles las bombillas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.

Para su operación las lámparas de vapor de mercurio requieren de un balastro, a excepción de las llamadas lámparas mezcladoras.

Una de las características de estas lámparas es que tienen una vida útil muy larga, ya que rinden unas 25000 horas de vida aunque la depreciación lumínica es considerable.

Longitud de onda (nm)	Color
184,9499	81ltraviolet (UVC)
253,6517	81ltraviolet (UVC)
296,7280	81ltraviolet (UVC)
365,0153	81ltraviolet (UVA)
404,6563	violeta
435,8328	violeta-azul
546,0735	verde
1.013,976	infrarrojo

49 Tabla 5.3

Dentro de las lámparas de vapor de sodio podemos distinguir entre las de alta y baja presión.

Lámparas de vapor de sodio a baja presión.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 °C). El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{color} = 2100$ K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga

y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

5.4 LAMPARAS EXISTENTES EN TECNOCONFORT

Las luminarias de vapor de sodio que existían en la nave industrial de Tecnoconfort eran de vapor de sodio de alta presión. Estas luminarias emiten luz con un color dorado, el cual es una de las características más fáciles de observar de las lámparas de vapor de sodio, como ya he comentado antes.

Ahora voy a poner sus hojas de características, empezando por la de menos potencia, la de 250W.

HOJA DE DATOS

PHILIPS

HPK080 1xHPI-P250W-BU R GC


Vista general Datos técnicos 

LUMINARIA

Fabricante (singular)	Philips Lighting
Número de artículo	HPK080 1xHPI-P250W-BU R GC
Nombre del producto	HPK080
Grupo de productos	High and Low Bay-Suspended luminaire
Tipo de montaje	Péndulo
Sitio de montaje	Techo
Dispositivos de funcionamiento	CCG inductivo

MODELO / VERSIÓN / CONFIGURACIÓN

Número / nombre	---
Descripción	Product without accessories



HOJA DE DATOS

PHILIPS

HPK080 1xHPI-P250W-BU R GC

Vista general **Datos técnicos**

DATOS DE LUMINARIAS

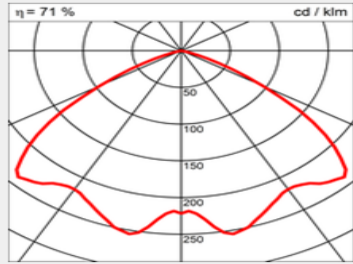
Eficiencia	71 %
Rendimiento lumínico de las lámparas	46,64 lm/W
Clase LiTG	A50
Códigos de flujo CIE	51 92 100 100 71
Dispositivos de funcionamiento	CCG inductivo
Rendimiento del sistema	274,0 W

MEDIDAS

Diámetro/altura	0 mm/0 mm
-----------------	-----------

MEDIO LUMINOSO

Tipo de lámpara	1 x Lámpara de alta presión, halogenuros
ZVEI / ILCOS	HPI-P250W-BU /743 / HPI-P250W-BU /743
Potencia de lámpara	250 W
Flujo luminoso	18000 lm
Temperatura del color	743



Los datos a destacar de este modelo son la temperatura del color, 743°C, el flujo luminoso, 18000 lm, la eficiencia luminosa, 46.64lm/W y la potencia de la lámpara, 250W.

5.5 OPCION ESCOGIDA PARA EL CAMBIO DE LAMPARAS

Después de haber explicado las luminarias actuales, voy a exponer la opción para mejorar la instalación que he tomado.

Actualmente la mejor opción son las luces LED, consiguen un consumo menor y dan la misma cantidad de luz que por ejemplo las de vapor de sodio. Ahora voy a explicar el funcionamiento de este tipo de lámparas.

Una lámpara de led es una lámpara de estado sólido que usa ledes (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentando ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y

apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje AC estándar. Los ledes se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

La iluminación de propósito general necesita luz blanca. Los ledes emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha, fuertemente coloreada. El color es característico de la banda prohibida de energía de un material semiconductor usado para fabricar el led. Para emitir luz blanca es preciso combinar ledes de luz roja, verde y azul, o usar fósforo para convertir parte de la luz a otros colores.

El primer método (LED RGB), usa múltiples chips de ledes, cada uno emitiendo una longitud de onda diferente en las proximidades, para formar el amplio espectro de luz blanca. La ventaja de este método es que la intensidad de cada led puede ser ajustada para "afinar" el carácter de la luz emitida. La mayor desventaja es su alto costo de producción.

El segundo método, led de fósforo convertido (pcLED), usa un led de corta longitud de onda (usualmente azul o ultravioleta) en combinación con el fósforo que absorbe una porción de la luz azul y emite un espectro más amplio de luz blanca (el mecanismo es similar a la forma de una lámpara fluorescente que emite luz blanca de un sistema de iluminación UV de fósforo). La mayor ventaja aquí es el costo de producción bajo, alto IRC (índice de reproducción cromática), mientras la desventaja es la incapacidad para cambiar dinámicamente el carácter de la luz y el hecho de que la conversión de fósforo reduce la eficiencia del dispositivo. El bajo costo y el desempeño adecuado lo hacen la tecnología más utilizada para la iluminación general hoy en día.

Un solo led es un dispositivo de estado sólido de baja tensión (voltaje) y no puede funcionar directamente en una corriente alterna estándar sin algún tipo de circuito para controlar el voltaje aplicado y el flujo de corriente a través de la lámpara. Una serie de diodos y resistores (resistencias) podrían ser usadas para controlar la polaridad del voltaje y limitar la corriente, pero esto es ineficiente, ya que la mayor parte de la tensión aplicada se desperdicia en forma de calor en la resistencia. Una cadena única de ledes en serie podrían minimizar la pérdida de la caída de tensión, pero la falla de un sólo led podría extinguir toda la cadena. El uso de cadenas en paralelo redundantes incrementa la fiabilidad, usándose comúnmente tres o más cadenas. Pueden ser útiles para la iluminación del hogar o en espacios de trabajo, un número de ledes deben ser colocados juntos en una lámpara para combinar sus efectos de iluminación. Esto es porque cada led emite solamente una fracción de la luz de las fuentes de luz tradicionales.

Cuando se utiliza el método de la mezcla de colores, puede ser difícil lograr una distribución de color uniforme, mientras que la adaptación de ledes blancos no es crítica para el equilibrio de color. Además, la degradación de ledes diferentes en varios momentos en una lámpara de colores combinados puede producir una salida de color uniforme. Las lámparas de LED usualmente consisten en grupos de ledes en una cubierta con dispositivos electrónicos, un disipador y óptica.

No se han descrito las temperaturas óptimas ambientales de funcionamiento, sin embargo, se ha demostrado que pueden trabajar entre -40° y $+50^{\circ}$.

Las lámparas LED sacan ventaja del hecho de que se deban colocar muchos ledes para lograr una iluminación uniforme al conectarlos en serie, el número de ledes que se pueden conectar depende del voltaje de la red eléctrica. Por ejemplo si tenemos 120 voltios de entrada y consideramos que cada led funciona con aproximadamente 3 voltios, entonces podemos conectar hasta 40 ledes y dado que la conexión es en serie la lámpara entera consumirá la misma corriente que si conectamos un solo led a una fuente de 3 voltios.

Si el voltaje es mayor, por ejemplo 240 voltios, entonces se podrían conectar hasta 80 ledes en serie y seguiría circulando la misma corriente, sin embargo el consumo total de la lámpara sería del doble, pues misma corriente multiplicada por el doble de voltaje igual al doble de vatios.

Cabe mencionar que cualquiera que sea el voltaje total y el número de ledes siempre es necesario conectar una (o varias) resistencia(s) en serie con los ledes para limitar la cantidad de corriente que circule por ellos y evitar que se quemen o desgasten prematuramente por exceso de corriente.

Después de saber como se consigue una lámpara de LED mediante la unión de ledes, voy a enumerar y a explicar las ventajas que tiene esta tecnología.

Alta eficiencia.

La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de similares características. Esto significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas de Led se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

Muy bajo consumo.

Consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.

Duración.

Las bombillas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura y fallo por "fundido". No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.

Calidad de la luz emitida.

El CRI o índice aleatorio de color, nos proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de "bajo consumo", además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un CRI muy bajo en torno a 44.

Baja tensión.

La posibilidad de alimentarse a 12 y 24 Volt. Reduce los riesgos de electrocución, además el cableado puede ser netamente inferior en sección, ahorrando dinero en las instalación.

Baja emisión de calor.

Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45 aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado, siendo necesarios unos 70W adicionales para deshacerse del calor generado por esa bombilla.

Respuesta instantánea.

El encendido y apagado de las bombillas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.

Regulables.

Algunos modelos LED son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.

Ecológicos.

Las bombillas LED son totalmente reciclables y ecológicas ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes, o CFL.

Resistencia.

Las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen un bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.

Emergencia.

Su bajo consumo las hace ideales para sistemas de iluminación de emergencia mediante un sistema de baterías o de generador auxiliar, por lo que pueden ahorrar en sistemas paralelos de iluminación

Versatilidad.

Todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED RGB. Todo tipo de lámparas, tubos, paneles planos, tiras de LED, farolas LED, focos industriales, etc.

Menores emisiones de CO₂.

Alrededor de una sexta parte del consumo de electricidad es debido a la iluminación y por ello si se consigue reducir el consumo eléctrico, se podrá reducir las emisiones de CO₂ producidas por la creación de electricidad.

No emiten rayos ultravioleta.

Por lo que atraen menos insectos.

5.6 DESARROLLO DE ESTA PARTE DEL PROYECTO

El primer paso que tome en esta parte del proyecto fue la elección de la tecnología que iba a utilizar. Mi elección fue la utilización de lámparas LED, como ya he explicado antes.

Cuando estuve viendo la disposición de las luminarias en la fabrica, me fije que en la zona central estaban a 10 metros de altura. Viendo que la estantería mas alta de la planta tiene una altura de 5.5 metros, pensé en bajar la altura a la cual iban a ir las nuevas lámparas. Para asegurarme de que eso era posible, hable con el departamento de prevención de riesgos para saber si había alguna norma

en el grupo, al que pertenece la empresa, la cual prohibiese que se bajase la altura de estas. Me respondieron que no y después lo hable con mi responsable para saber si él ponía algún inconveniente. Mi responsable me contesto que no pero que hiciese un estudio comparando la luz que ganábamos con esta nueva altura y si podíamos reducir la potencia de las nuevas luminarias gracias a esto.

Para todos los cálculos de iluminación he utilizado el programa DIALUX, el cual es un software gratuito que sirve para proyectos de cálculo de iluminación.

Para orientarme al principio en las potencias de las lámparas utilice la relación que dice que la potencia de las lámparas LED es la mitad que una de tecnología tradicional.

Con este programa puedes bajarte los modelos de las marcas que quieras de luminarias y así hacer un estudio más ajustado y saber qué modelo o que marca te conviene más para tu instalación.

Debido a un problema que hubo en el pasado con un cristal de una luminaria de la marca Philips, la marca ofreció una indemnización a la empresa que querían utilizar para abaratar la nueva instalación. Por ello la marca seleccionada para hacer los estudios fue Philips, además de ser una marca con gran reputación en este campo y ofrecer unas buenas prestaciones.

Una pega que encontré en la marca Philips era que no tenían lámparas de LED regulables, lo cual sería una buena característica para conseguir un mayor ahorro energético y para conseguir una mejor uniformidad a lo largo del día de la cantidad de luz existente en la fábrica.

Esta tecnología se basa en colocar un potenciómetro que regula la potencia de la luminaria gracias a un sensor lumínico que envía la información correspondiente a la luminaria. Un mismo sensor puede enviar información a un gran número de luminarias y así regularlas todas a la vez.

El único inconveniente que tiene esta tecnología es el aumento de coste en la instalación ya que estas luminarias tienen un cable más por el cual va la información que manda el sensor lumínico.

Para comenzar con mis cálculos, lo primero que hice fue saber los luxes necesarios en las zonas en las que iba calcular y el departamento encargado de ello me dijo que 200 luxes. Este dato aparece en la nota técnica NTP211. Con este dato comencé a hacer los cálculos pertinentes.

Mi primera idea fue hacer el calculo con el modelo de Philips de 200W, el CoreLine Highbay BY121P G2 LED205S/840 PSU WB GR, para intentar reducir el numero de luminarias que actualmente hay y conseguir los 200 luxes necesarios. Con una disposición de 10 filas y 8 luminarias por cada una se conseguia. Ahora voy a copiar los resultados obtenidos en el Dialux.

Índice

Philips 200W menor cantidad

Lista de luminarias.....	3
Zona de produccion	
Edificación 1	
Planta (nivel) 1	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	4
Lista de luminarias.....	5
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	6
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	9

Philips 200W menor cantidad

01/06/2015

DIALux

Philips 200W menor cantidad / Lista de luminarias

Philips 200W menor cantidad

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
80	<p>Philips Lighting BY121P G2 1xLED205S/840 WB Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED205S/840/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 20500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 20496 lm Potencia: 198.0 W Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 1640000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1639680 lm, Potencia total: 15840.0 W, Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W

Philips 200W menor cantidad

01/06/2015

DIALux

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

Local 1

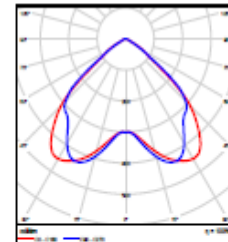


Altura del local: 10.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	224 (100)	82	263	0.366	0.312

Nº	Número de unidades	
1	80	Philips Lighting BY121P G2 1xLED205S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 20500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 20496 lm Potencia: 198.0 W Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W



Flujo luminoso total de lámparas: 1640000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1639680 lm, Potencia total: 15840.0 W, Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W

Potencia específica de conexión: 2.48 W/m² = 1.11 W/m²/100 lx (Base 6400.00 m²)

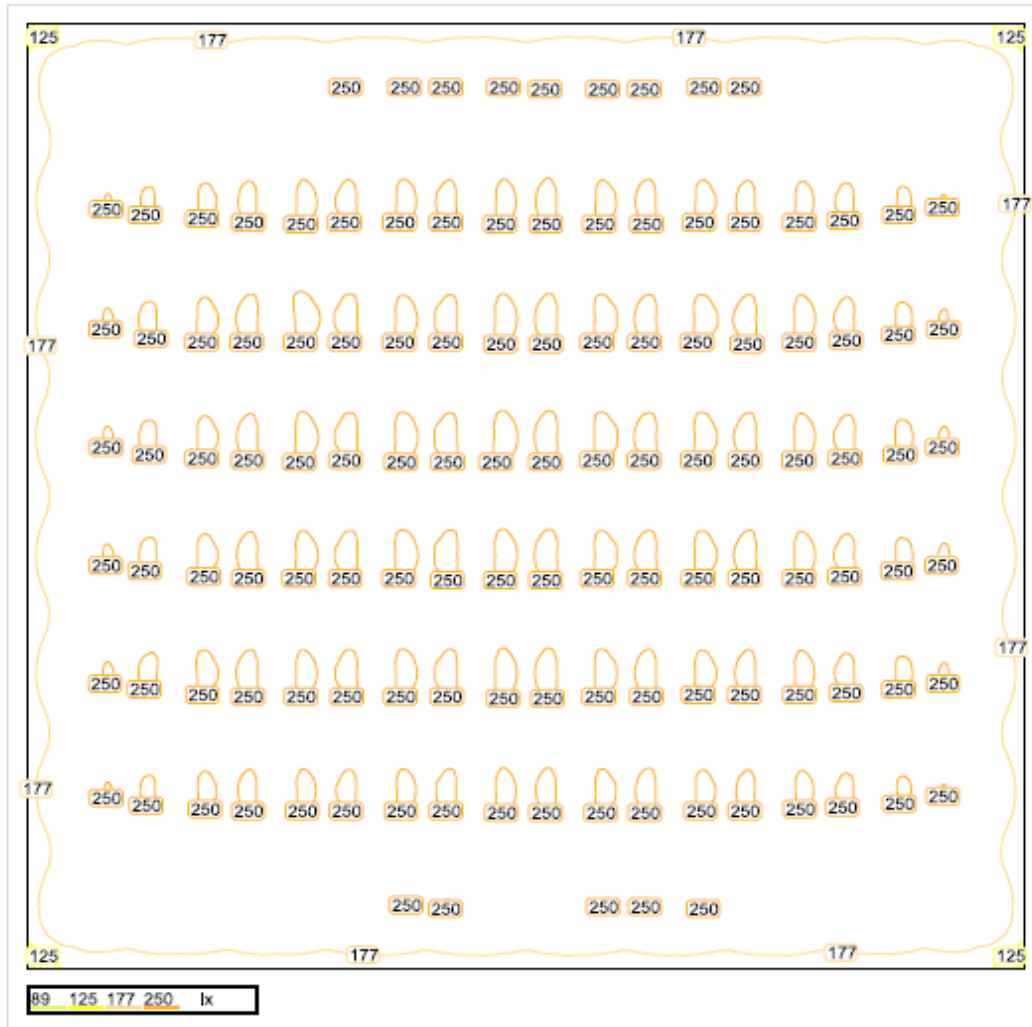
Philips 200W menor cantidad

01/06/2015

DIALux

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Isolinias / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

Media (real): 224 lx, Min: 82 lx, Max: 263 lx, Mín./medio: 0.366, Mín./máx.: 0.312.

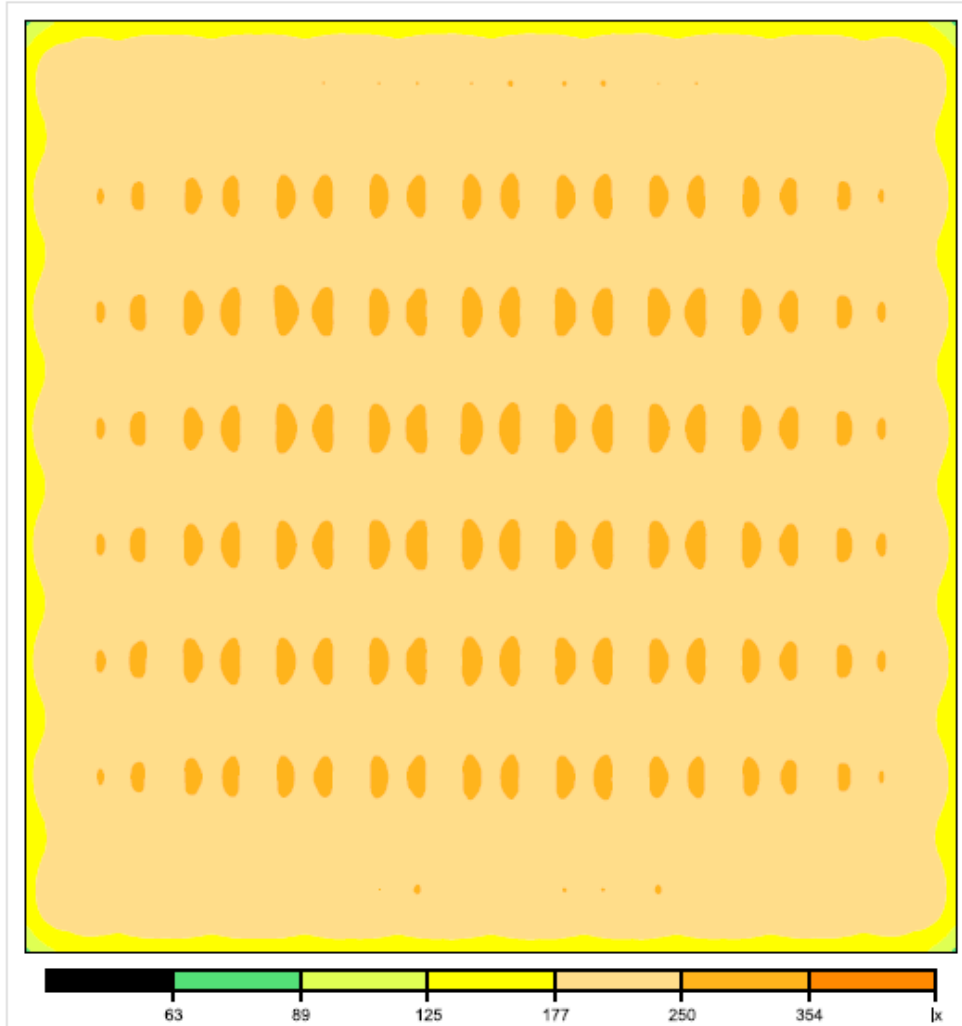
Philips 200W menor cantidad

01/06/2015

DIALux

Zona de produccion / Edificacion 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Colores falsos / Intensidad luminica perpendicular (Adaptivamente)

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

Media (real): 224 lx, Min: 82 lx, Max: 263 lx, Mín./medio: 0.366, Mín./máx.: 0.312.

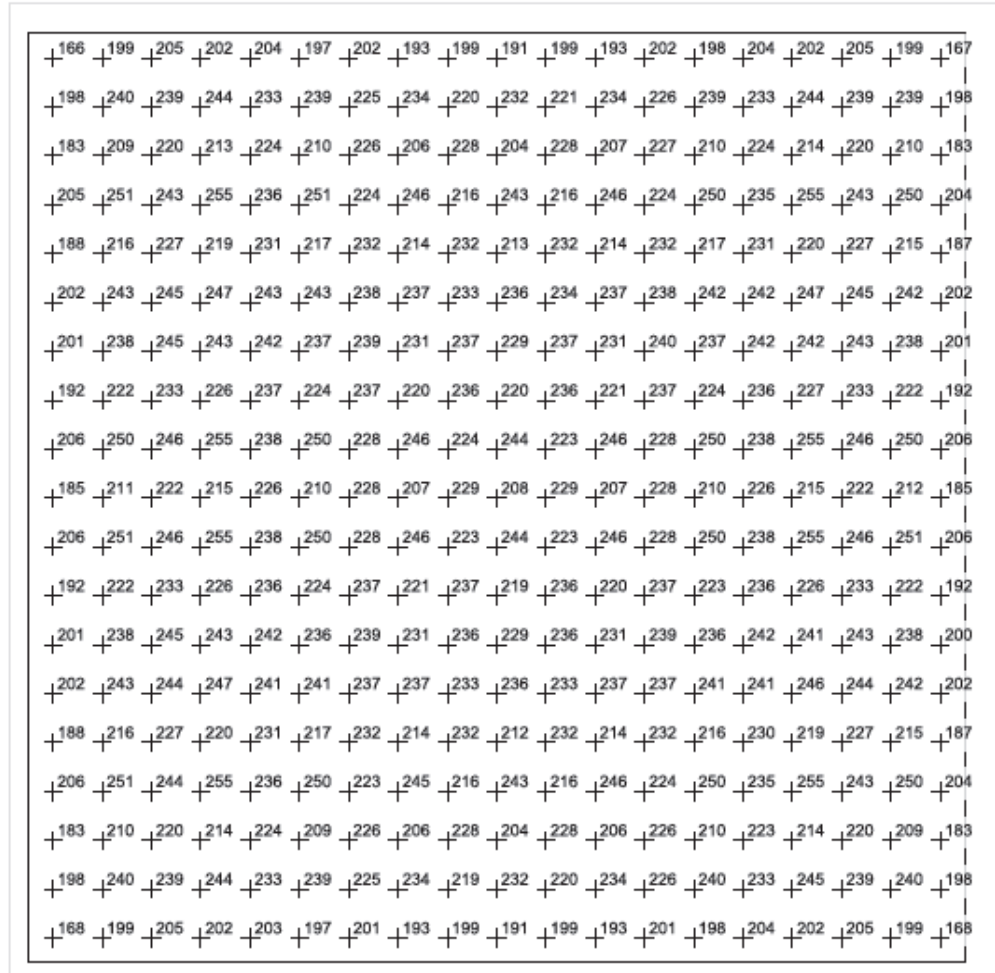
Philips 200W menor cantidad

01/06/2015



Zone de production / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Gráfico de valores / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

Media (real): 224 lx, Min: 82 lx, Max: 263 lx, Mín./medio: 0.366, Mín./máx.: 0.312.

Con esta disposición, pasaríamos de tener 120 luminarias de 400W a tener 80 luminarias de 200W. El ahorro sería alrededor del 66%, ya que la potencia baja a la mitad y el número de luminarias es un tercio menor que el anterior.

Propuse esta solución a la empresa pero me la rechazaron por el siguiente motivo: las luminarias están colocadas en 15 cerchas y colocarlas en otro lugar que no sea ese supondría una inversión muy grande. Por ello a continuación hice un cálculo con la configuración actual de las luminarias, 15 filas y en cada una 8 luminarias.

Con la configuración actual me salieron estos resultados:

Philips 200W misma configuración que la actual 01/06/2015

DIALux

Philips 200W misma configuración que la actual / Índice

Índice

Philips 200W misma configuración que la actual

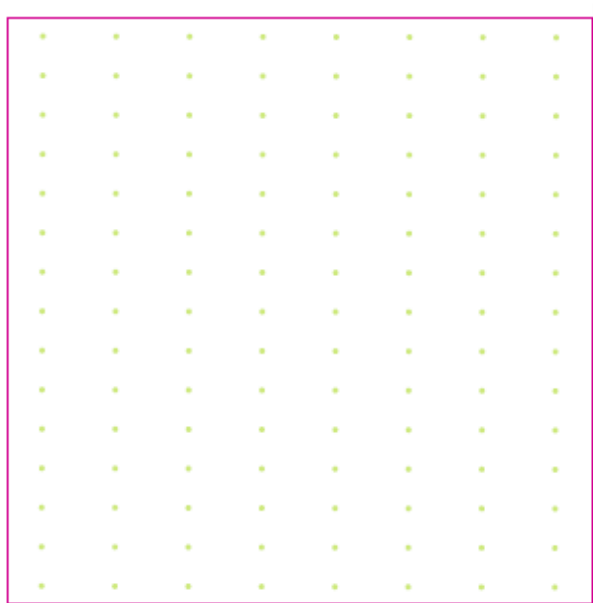
Lista de luminarias.....	3
Zona de producción	
Edificación 1	
Planta (nivel) 1	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	4
Lista de luminarias.....	5
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	6
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	9

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

DIALux

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

Local 1



Altura del local: 10.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	324 (100)	139	360	0.429	0.386

Nº	Número de unidades			
1	120	Philips Lighting BY121P G2 1xLED205S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 20500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 20496 lm Potencia: 198.0 W Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W		

Flujo luminoso total de lámparas: 2460000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 2459520 lm, Potencia total: 23760.0 W, Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W

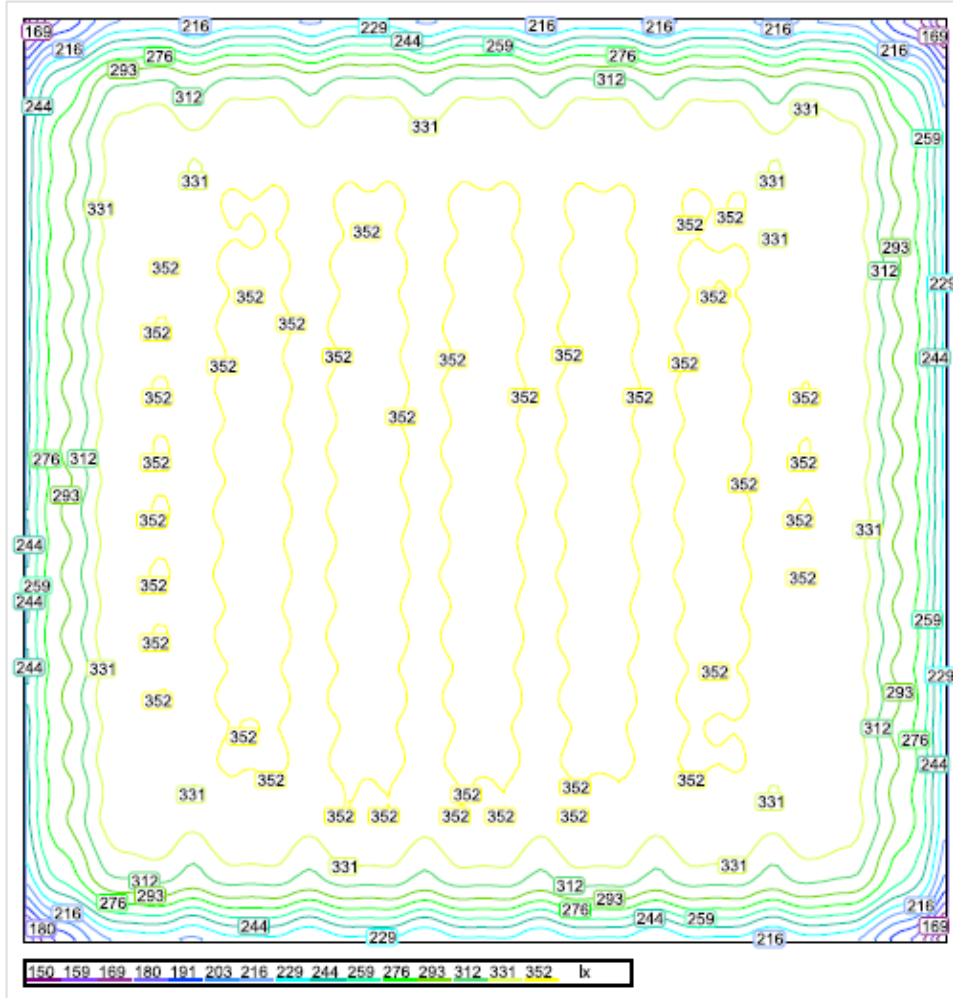
Potencia específica de conexión: $3.71 \text{ W/m}^2 = 1.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 6400.00 m²)

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

Zona de produccion / Edificacion 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano dB 1 / Isolinias / Intensidad luminica perpendicular (Adaptivamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

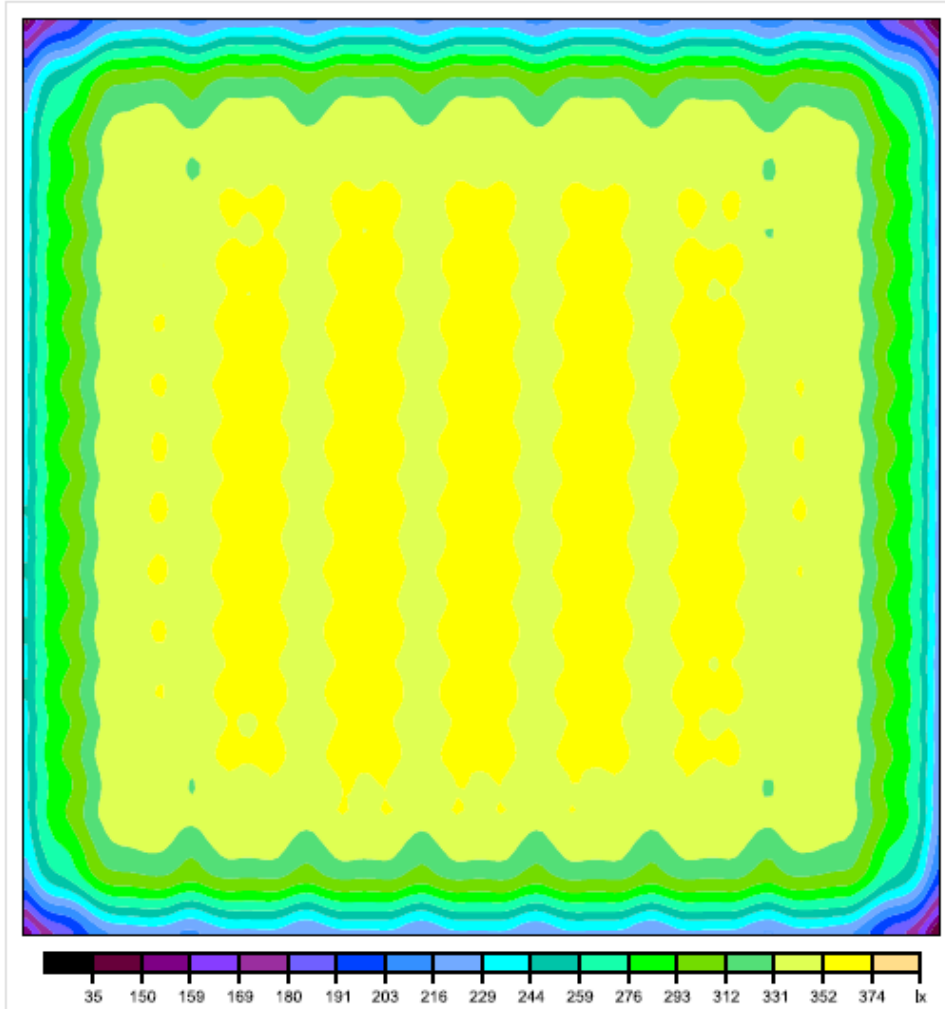
Media (real): 324 lx, Min: 139 lx, Max: 360 lx, MIn./medio: 0.429, MIn./máx.: 0.386.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

Zona de produccion / Edificaci3n 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano 081 1 / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Plano 081 1



Escala: 1 : 500

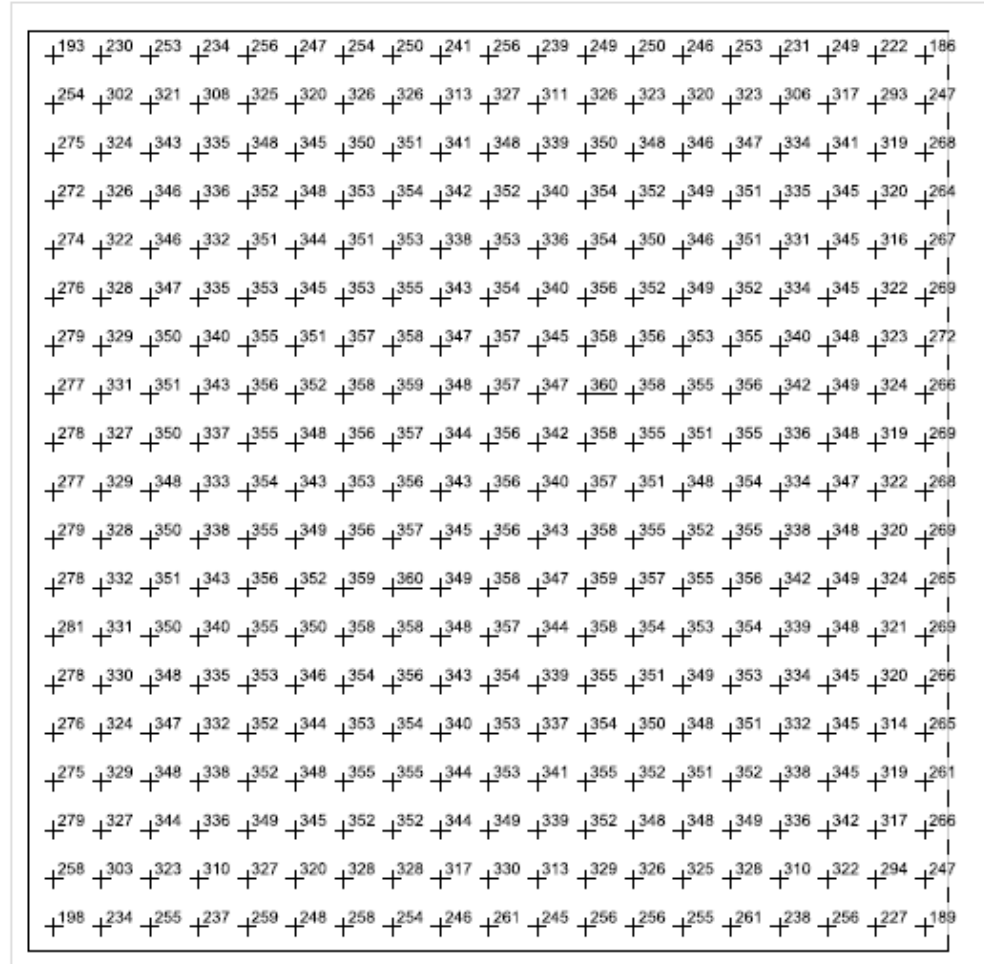
Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 324 lx, Min: 139 lx, Max: 360 lx, Mín./medio: 0.429, Mín./máx.: 0.386,

Philips 200W misma configuracion qela actual 01/06/2015



Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Gráfico de valores / Intensidad luminica perpendicular (Adaptivamente)

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

Media (real): 324 lx, Min: 139 lx, Max: 360 lx, Mín./medio: 0.429, Mín./máx.: 0.386,

Con el mismo número de luminarias y poniendo el modelo de Philips CoreLine Highbay BY121P G2 LED205S/840 PSU WB GR, se cumple de sobra los 200 luxes como se aprecia en los estudios lumínicos que he hecho. Ya que se cumplía ampliamente este valor, busque otra configuración con menos luminarias que siga cumpliendo los 200 luxes pero siempre con las 15 filas de luminarias.

Probé dos configuraciones distintas, una con 7 luminarias por fila y en otra con 6 excepto en las de los extremos que puse 8. Ahora voy a insertar los dos estudios, comenzando con el de 7 luminarias por fila.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

DIALux

Philips 200W misma configuracion que la actual pero reduciendo en una el numero de luminarias por fila / Índice

Índice

Philips 200W misma configuracion que la actual pero reduciendo en una el numero de luminarias por fila

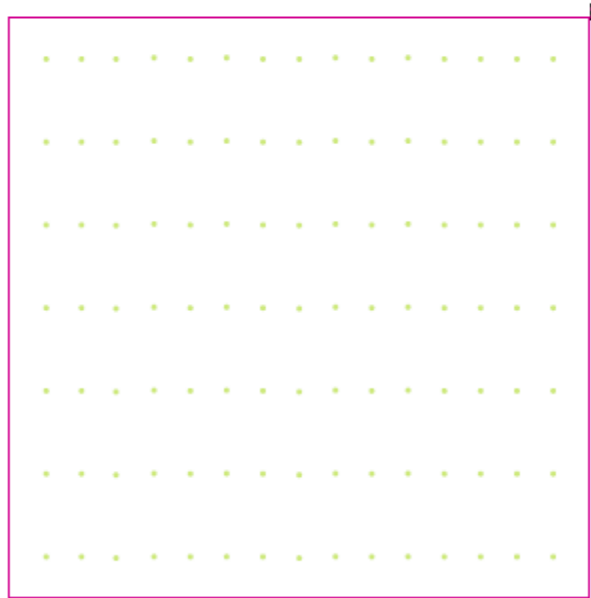
Lista de luminarias.....	3
Zona de produccion	
Edificación 1	
Planta (nivel) 1	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	4
Lista de luminarias.....	5
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	6
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	9

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

DIALux

Zona de produccion / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

Local 1



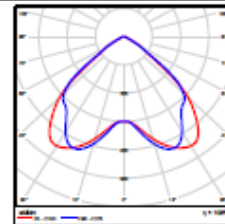
Altura del local: 10.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	291 (100)	69	340	0.237	0.203

Nº	Número de unidades
1	105

Philips Lighting BY121P G2 1xLED205S/840 WB
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98%
 Flujo luminoso de lámparas: 20500 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 20496 lm
 Potencia: 198.0 W
 Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W



Flujo luminoso total de lámparas: 2152500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 2152080 lm, Potencia total: 20790.0 W, Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W

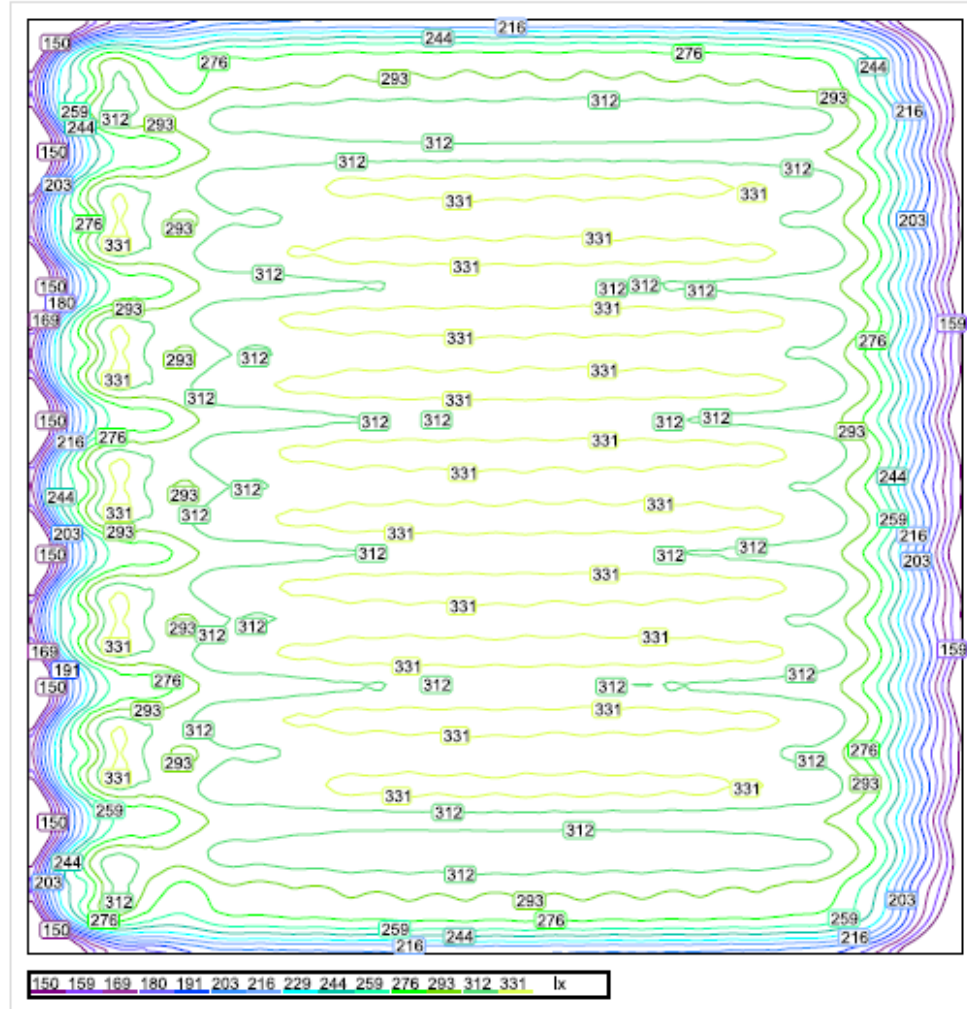
Potencia específica de conexión: 3.25 W/m² = 1.12 W/m²/100 lx (Base 6400.00 m²)

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Isolinias / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

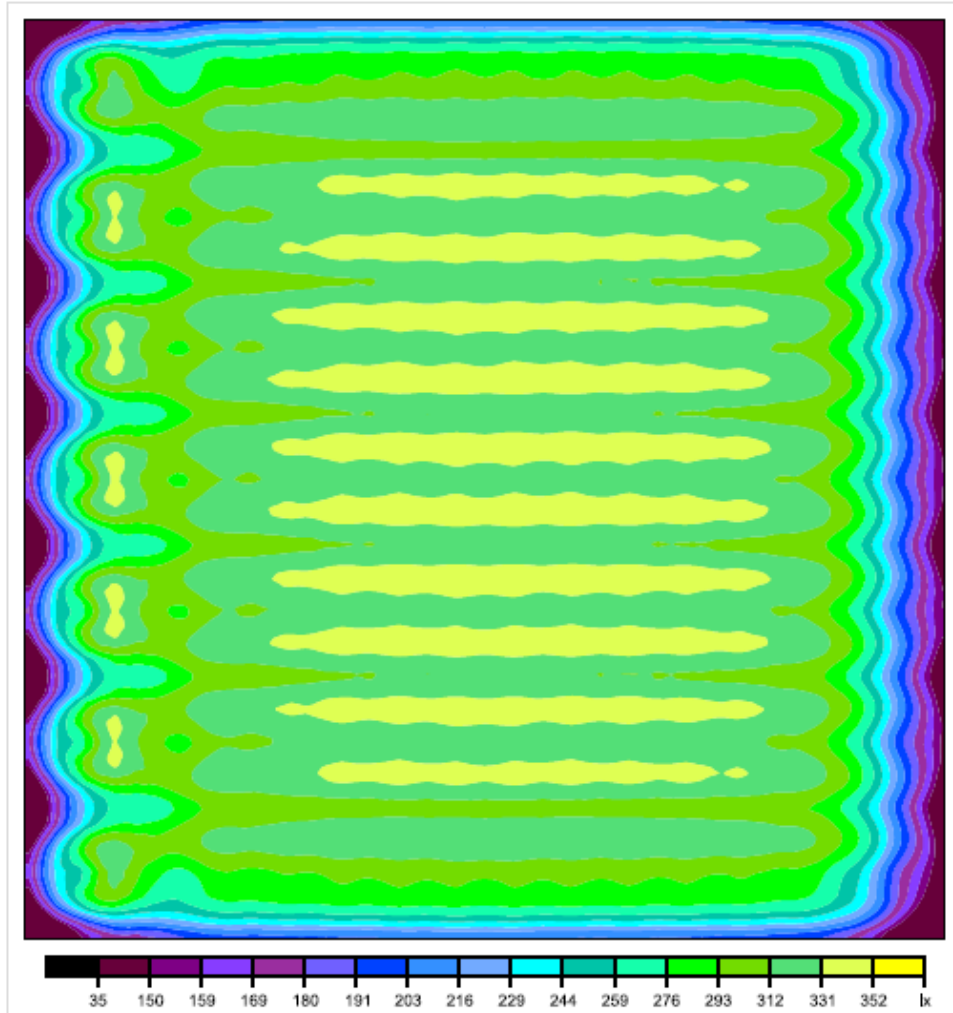
Media (real): 291 lx, Min: 69 lx, Max: 340 lx, Mín/medio: 0.237, Mín/máx.: 0.203.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

Zona de produccion / Edificaci3n 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano 08 1 / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptivamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

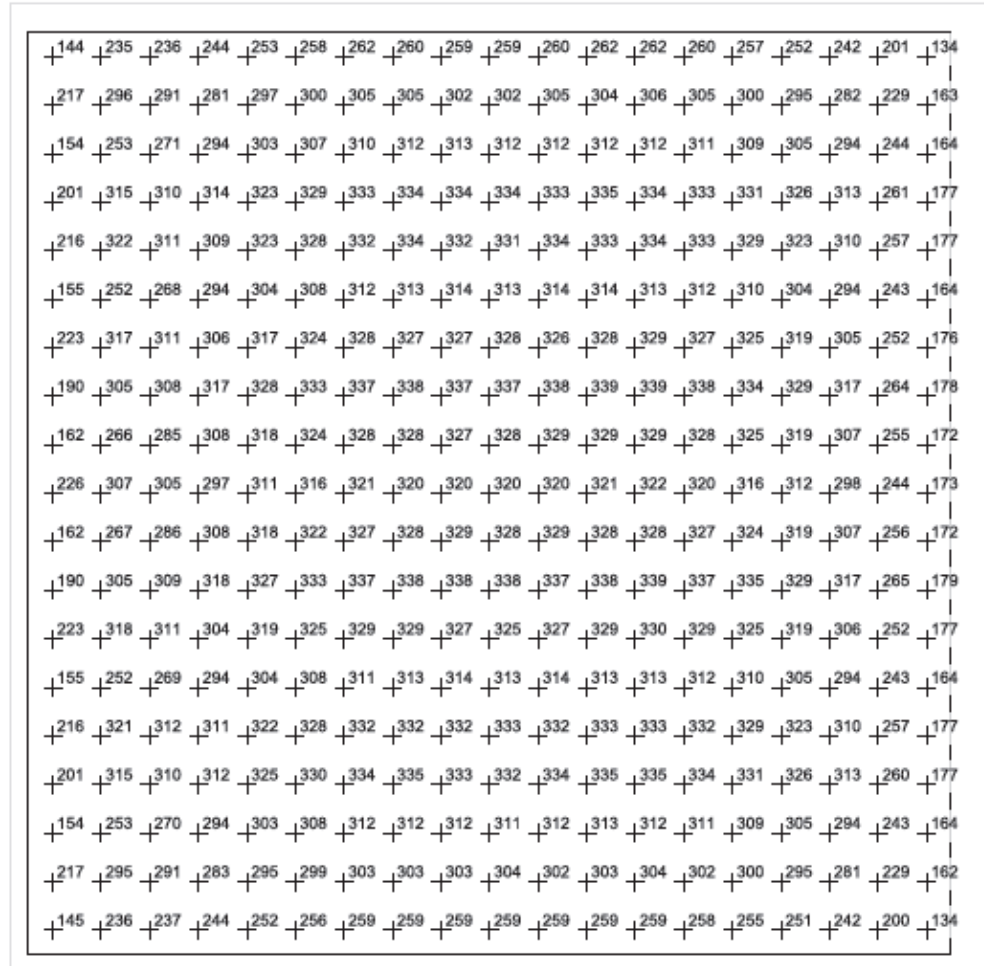
Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 291 lx, Min: 69 lx, Max: 340 lx, Mín./medio: 0.237, Mín./máx.: 0.203,

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptivamente)



Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

Media (real): 291 lx, Min: 69 lx, Max: 340 lx, Min./medio: 0.237, Min./máx.: 0.203,

Ahora inserto el estudio con las 6 luminarias por fila excepto en las dos exteriores que hay 8.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015
pero reduciendo en dos el numero de luminarias
por fila
Philips 200W misma configuracion que la actual pero reduciendo en dos el numero de luminarias por fila / Índice

DIALux

Índice

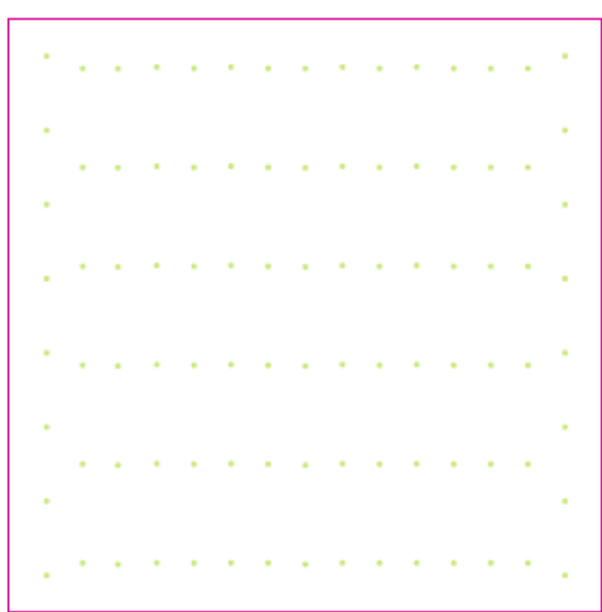
Philips 200W misma configuracion que la actual pero reduciendo en dos el numero de luminarias por fila

Lista de luminarias.....	3
Zona de produccion	
Edificación 1	
Planta (nivel) 1	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	4
Lista de luminarias.....	5
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	6
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	9

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015
 pero reduciendo en dos el numero de luminarias
 por fila
 Zona de produccion / Edificaci3n 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

DIALux

Local 1



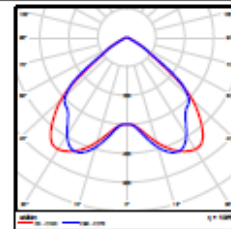
Altura del local: 10.000 m, Altura del plano 3til: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexi3n: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradaci3n: 0.80

Plano 3til

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./m3x.
1 Plano 3til 1	Intensidad lum3nica perpendicular [lx]	262 (100)	76	329	0.290	0.231

Nº N3mero de unidades

1	94	Philips Lighting BY121P G2 1xLED205S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de l3mparas: 20500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 20496 lm Potencia: 198.0 W Rendimiento lum3nico: 103.5 lm/W
---	----	---



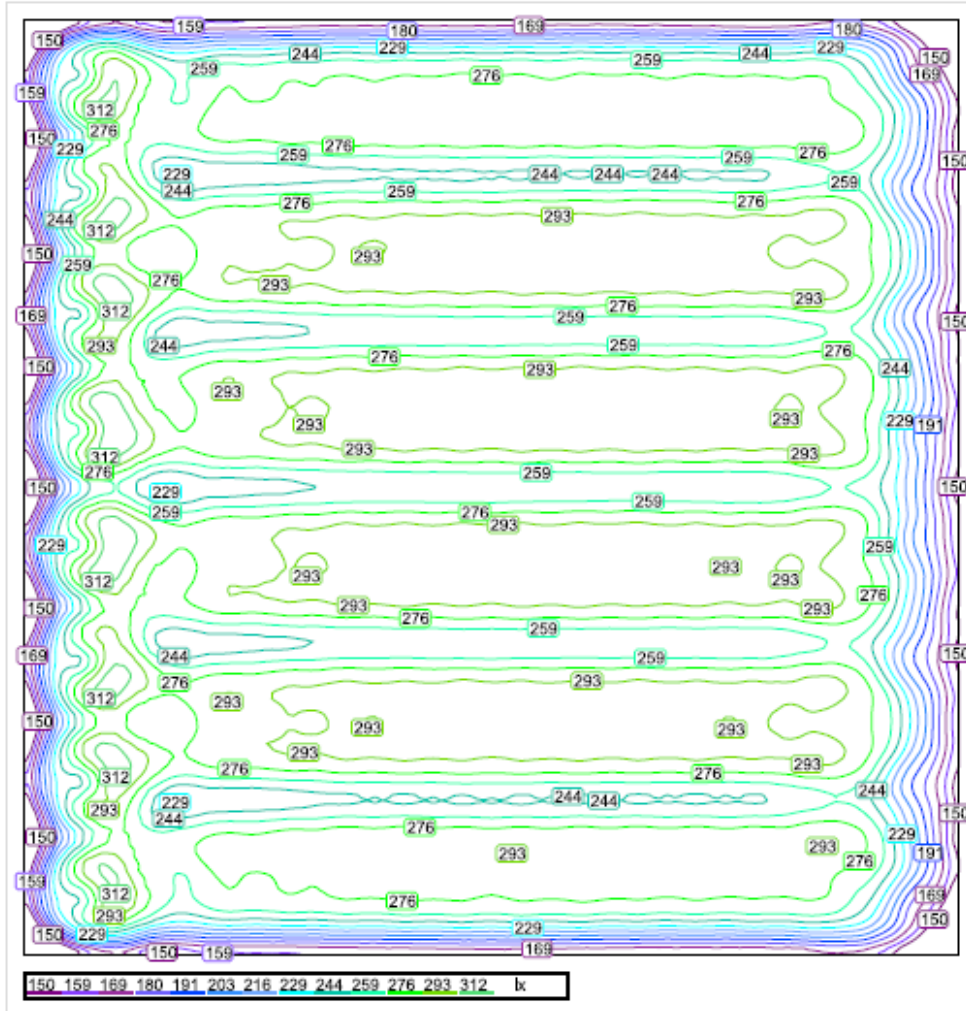
Flujo luminoso total de l3mparas: 1927000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1926624 lm, Potencia total: 18612.0 W, Rendimiento lum3nico: 103.5 lm/W

Potencia espec3fica de conexi3n: 2.91 W/m² = 1.11 W/m²/100 lx (Base 6400.00 m²)

Philips 200W misma configuración que la actual 01/06/2015
pero reduciendo en dos el número de luminarias
por fila
Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Isolinias / Intensidad luminica perpendicular
(Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



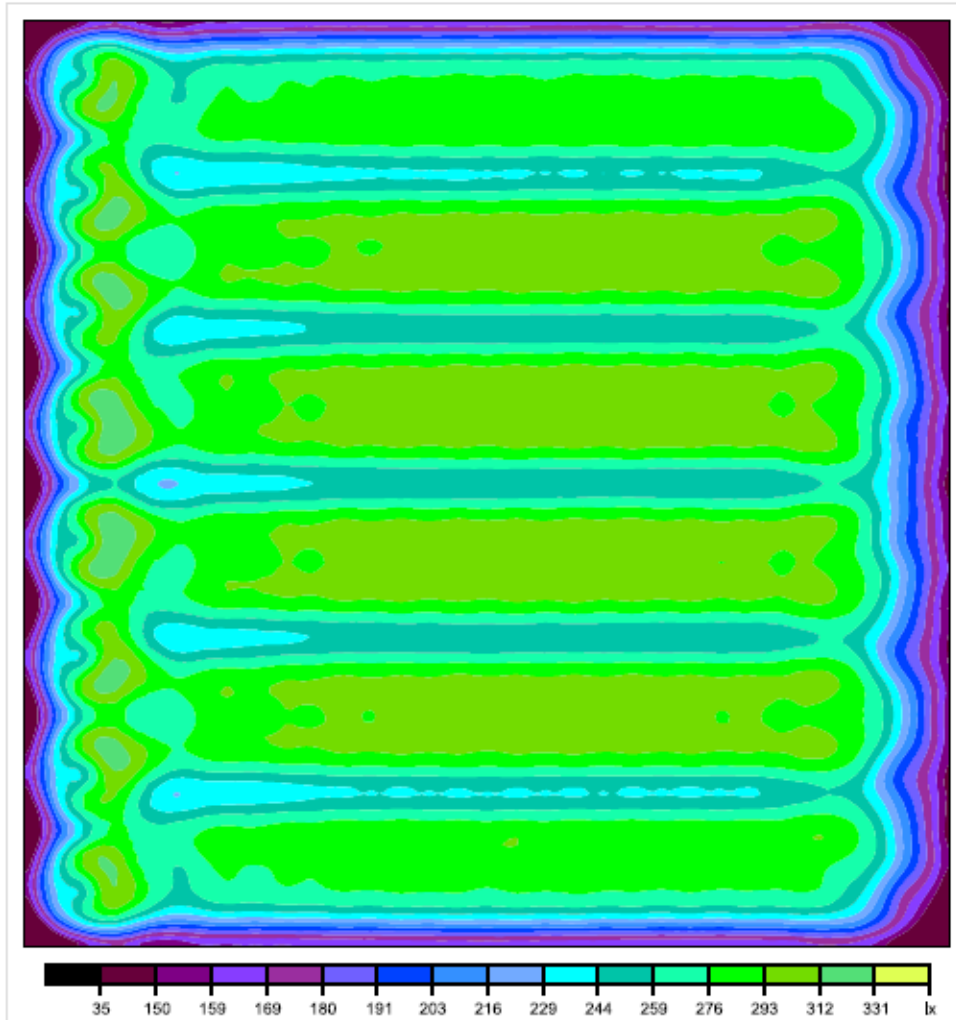
Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)
Media (real): 262 lx, Min: 76 lx, Max: 329 lx, Mín/medio: 0.290, Mín/máx.: 0.231.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015
pero reduciendo en dos el numero de luminarias
por fila
Zona de produccion / Edificacion 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Colores falsos / Intensidad luminica perpendicular
(Adaptivamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

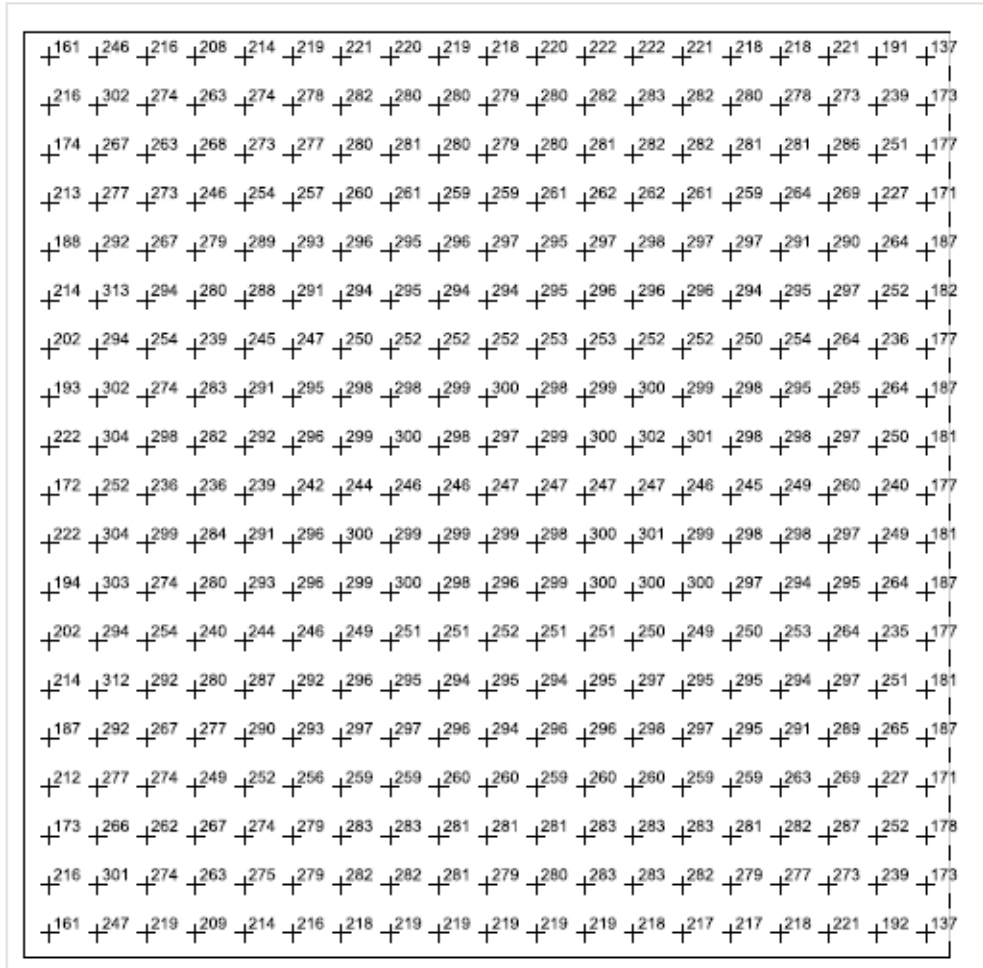
Intensidad luminica perpendicular (Superficie)
Media (real): 262 lx, Min: 76 lx, Max: 329 lx, Mín/medio: 0.290, Mín/máx.: 0.231.

Philips 200W misma configuracion que la actual 01/06/2015
 pero reduciendo en dos el numero de luminarias
 por fila

Zona de produccion / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Gráfico de valores / Intensidad luminica perpendicular
 (Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

Media (real): 262 lx, Min: 76 lx, Max: 329 lx, Min./medio: 0.290, Min./máx.: 0.231,

Con las dos configuraciones se sigue cumpliendo el requisito de los 200 luxes pero por poco en el caso de la configuración de 6 por línea exceptuando las dos exteriores con 8. En ese caso serian 94 luminarias de 200W.

Tambien hice el calculo colocando luminarias Philips de 100W del modelo Coreline Highbay BY120P 1XLED105S/840 WB.

Ahora inserto el calculo que hice con este modelo buscando que se siga cumpliendo los 200 luxes.

Philips 100W con la configuración actual y con 11 01/06/2015
luminarias por fila

Philips 100W con la configuración actual y con 11 luminarias por fila / Índice

DIALux

Índice

Philips 100W con la configuración actual y con 11 luminarias por fila

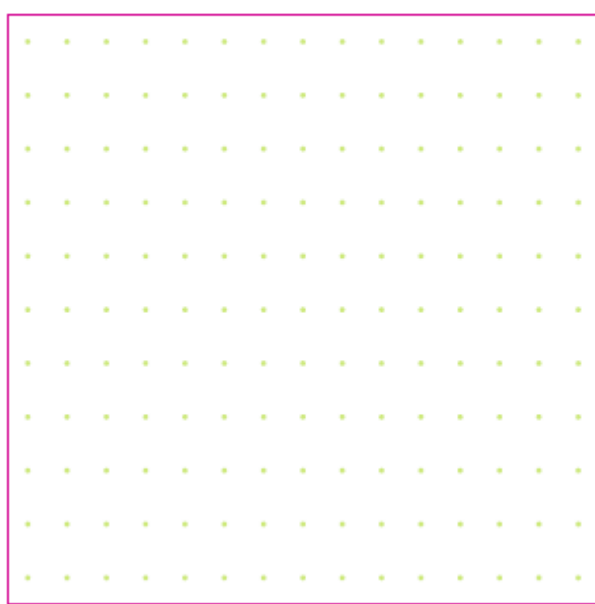
Lista de luminarias.....	3
Zona de producción	
Edificación 1	
Planta (nivel) 1	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	4
Lista de luminarias.....	5
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	6
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	9

Philips 100W con la configuración actual y con 11 01/06/2015
luminarias por fila

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

DIALux

Local 1



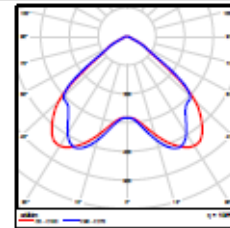
Altura del local: 10.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	233 (100)	107	268	0.459	0.399

Nº	Número de unidades
1	165

Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB
Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98%
Flujo luminoso de lámparas: 10500 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 10498 lm
Potencia: 100.0 W
Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W



Flujo luminoso total de lámparas: 1732500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1732170 lm, Potencia total: 16500.0 W, Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W

Potencia específica de conexión: 2.58 W/m² = 1.11 W/m²/100 lx (Base 6400.00 m²)

Philips 100W con la configuracion actual y con 11 01/06/2015
luminarias por fila
Zona de produccion / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano úB 1 / Isolinneas / Intensidad lumínica perpendicular
(Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



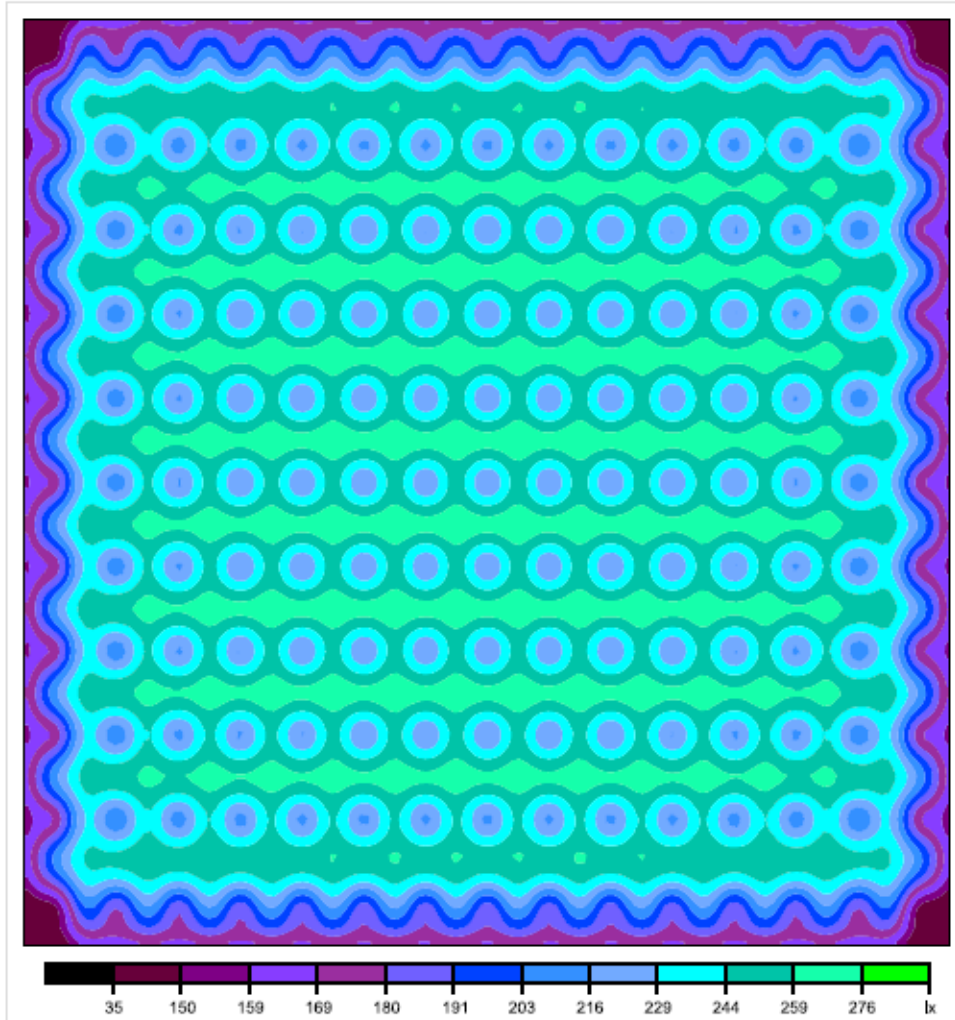
Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 233 lx, Min: 107 lx, Max: 268 lx, Min./medio: 0.459, Min./máx.: 0.399.

Philips 100W con la configuración actual y con 11 01/06/2015
luminarias por fila
Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular
(Adaptivamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

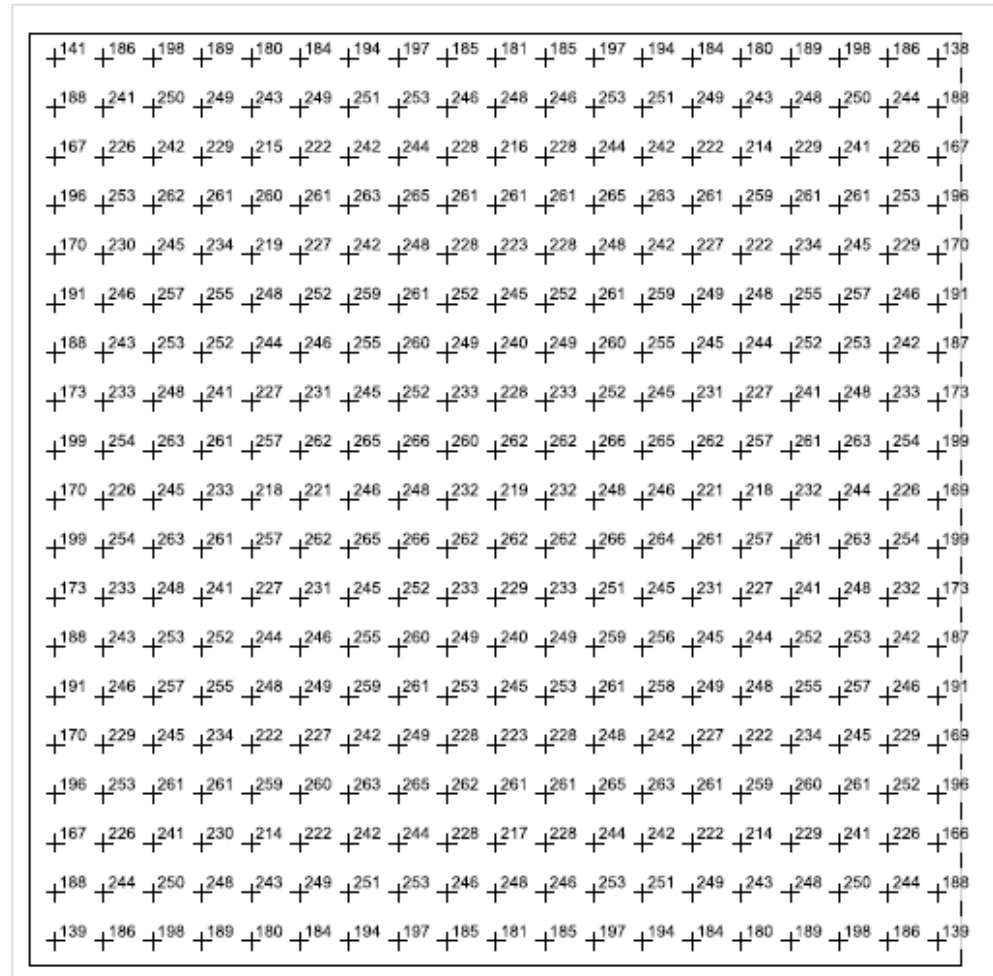
Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 233 lx, Min: 107 lx, Max: 268 lx, Mín./medio: 0.459, Mín./máx.: 0.399.

Philips 100W con la configuración actual y con 11 01/06/2015
luminarias por fila

Zona de producción / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano 08 1 / Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular
(Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

Media (real): 233 lx, Min: 107 lx, Max: 268 lx, Mín./medio: 0.459, Mín./máx.: 0.399,

Diego San Martin Donamaria

Con el modelo de Philips de 100W, para cumplir por los pelos el requisito de los 200 luxes, se necesitan 165 luminarias, 11 por cada una de las 15 filas de la instalación. Al estar tan al borde de cumplir los requisitos y por la necesidad de poner tantas luminarias esta opción la descarto la empresa, ya que la mano de obra iba a subir mucho y el precio a pagar por la luminarias ya que el precio entre los dos modelos no es tan grande.

Después de haber expuesto es estudio lumínico de la zona central, ahora voy con las otras dos zonas. Primero voy a hacer en la zona que abarca a mantenimiento, la zona de descanso y los muelles de logística.

Como ya detalle al principio de esta parte del proyecto, esta zona tiene unas dimensiones de 40 metros de largo por 10 metros de ancho y 6 metros de alto. En esta zona como iban colocadas luminarias de 250W de la marca Philips modelo HighBay HPK080 HPI-P 250W, el calculo lo hice con el modelo de Philips de 100W CoreLine Highbay BY120P.

Los cálculos que realice en esta zona fueron 2, uno para saber con que configuración se consigue el minimo numero de luminarias cumpliendo los 200luxes, esta configuración después de enseñársela a la empresa me la rechazaron debido a que la mano de obra subiría bastante y preferían mantener la configuración actual. El segundo calculo fue con la configuración actual.

Primero voy a insertar el cálculo con la configuración con la cual se consigue el menor número de luminarias.

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles de logística con Philips de 100W 02/06/2015

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles de logística con Philips de 100W / Índice

DIALux

Índice

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles de logística con Philips de 100W	
Descripción del proyecto.....	3
Lista de luminarias.....	4
Terreno 1	
Edificación 1	
Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	5
Resumen de resultados de superficies.....	6
Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)	
Sumario de los resultados.....	7
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Isolíneas / Densidad lumínica.....	9
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	10
Colores falsos / Densidad lumínica.....	11
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	12
Gráfico de valores / Densidad lumínica.....	13

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W

DIALux

Término 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Local 1 / Sinopsis de locales

Local 1



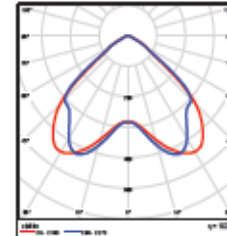
Altura del local: 6.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	250 (100)	68	384	0.272	0.177

Nº Número de unidades

1 20 Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB
Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98%
Flujo luminoso de lámparas: 10500 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 10498 lm
Potencia: 100.0 W
Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W



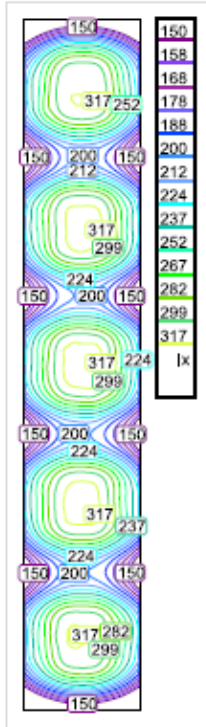
Flujo luminoso total de lámparas: 210000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 209960 lm, Potencia total: 2000.0 W, Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W

Potencia específica de conexión: $3.33 \text{ W/m}^2 = 1.40 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 600.00 m²)

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W
Temero 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Objeto de resultado de superficies 1
(Suelo/techo) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptivamente)

DIALux

Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)



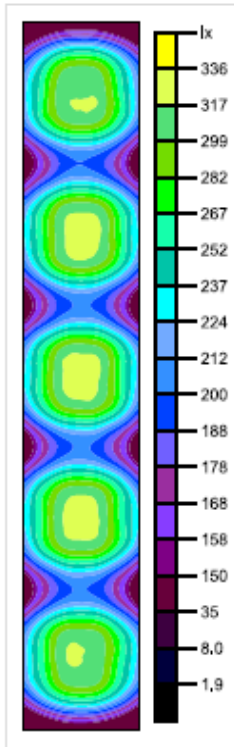
Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Medio (real): 238 lx, Min: 87 lx, Max: 326 lx, Mín./medio: 0.366, Mín./máx.: 0.267.

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W
Temero 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Objeto de resultado de superficies 1
(Suelo/techo) / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptivamente)

DIALux

Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)



Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 238 lx, Min: 87 lx, Max: 326 lx, Mín/medio: 0.366, Mín/máx.: 0.267.

Despues de estos cálculos, en los que se ve que se cumplen las necesidades por poco, voy a adjuntar los cálculos pertinentes a la configuración actual.

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logistica con Philips de 100W

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles de logistica con Philips de 100W / Índice

DIALux

Índice

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles de logistica con Philips de 100W	
Descripción del proyecto.....	3
Lista de luminarias.....	4
Terreno 1	
Edificación 1	
Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logistica	
Local 1	
Sinopsis de locales.....	5
Resumen de resultados de superficies.....	6
Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)	
Sumario de los resultados.....	7
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8
Isolíneas / Densidad lumínica.....	9
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	10
Colores falsos / Densidad lumínica.....	11
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	12
Gráfico de valores / Densidad lumínica.....	13

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W

DIALux

Terreno 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Local 1 / Sinopsis de locales

Local 1

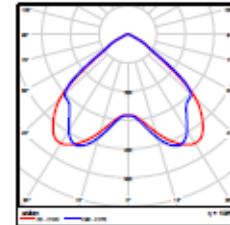


Altura del local: 6.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1	Plano útil 1 Intensidad lumínica perpendicular [lx]	309 (100)	151	381	0.489	0.396

Nº	Número de unidades	
1	24	Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 10500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 10498 lm Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W



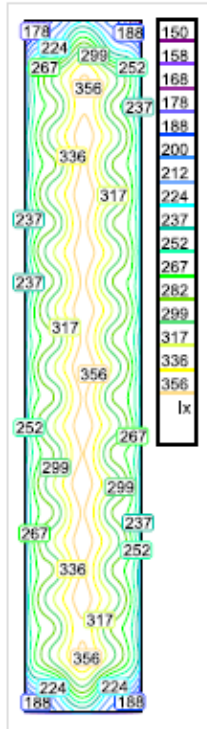
Flujo luminoso total de lámparas: 252000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 251952 lm, Potencia total: 2400.0 W, Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W

Potencia específica de conexión: $4.00 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 600.00 m²)

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W
Termino 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Objeto de resultado de superficies 1
(Suelo/techo) / Inclines / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)



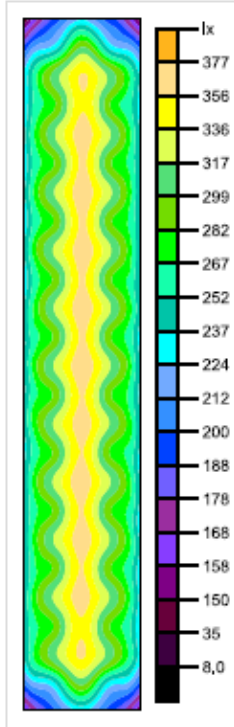
Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 293 lx, Min: 145 lx, Max: 371 lx, Mín./medio: 0.495, Mín./máx.: 0.391,

Zona de mantenimiento, de descanso y muelles 02/06/2015
de logística con Philips de 100W
Temino 1 / Edificación 1 / Zona de mantenimiento, descanso y muelles de logística / Objeto de resultado de superficies 1
(Suelo/techo) / Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Objeto de resultado de superficies 1 (Suelo/techo)



Escala: 1 : 500

Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)
Media (real): 293 lx, Min: 145 lx, Max: 371 lx, Mín./medio: 0.495, Mín./máx.: 0.391,

Con esta configuración se consigue superar ampliamente el requisito de 200 luxes. Como ya explique anteriormente esta fue la opción escogida para esta zona.

Hice lo mismo con la zona de los muelles de descarga de asientos hacia VW y mi planteamiento fue el mismo que en los otros casos. Primero hice un estudio para saber cuál era la configuración con la cual se reducía al mínimo el número de luminarias y, después de que esta idea me la rechazasen en la empresa por los motivos de reutilización de los puntos de unión eléctrica existentes, hice el estudio con la configuración actual para saber si se cumple o no el requisito de 200 luxes.

Primero voy a adjuntar el estudio para colocar el mínimo número de luminarias.

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
asientos hacia VW consiguiendo la configuración
con menos luminarias
Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW consiguiendo la configuración con menos luminarias / Índice

DIALux

Índice

Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW consiguiendo la configuración con menos luminarias

Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB 1xLED105S/840/-

Hoja de datos de luminarias (1xLED105S/840/-).....3

Terreno 1

Edificación 1

Planta (nivel) 1

Local 1

Sinopsis de locales.....6

Resumen de resultados de superficies.....7

Plano útil 1

Sumario de los resultados.....8

Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....9

Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)..... 10

Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)..... 11

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
 asientos hacia VW consiguiendo la configuración
 con menos luminarias
 Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

DIALux

Local 1

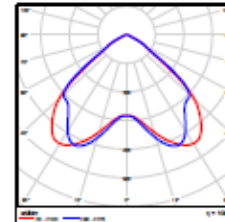


Altura del local: 6.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	222 (100)	84	308	0.378	0.273

Nº	Número de unidades	
1	12	Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 10500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 10498 lm Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W



Flujo luminoso total de lámparas: 126000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 125976 lm, Potencia total: 1200.0 W, Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W

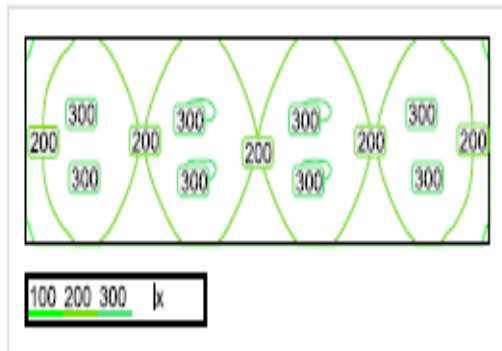
Potencia específica de conexión: 3.00 W/m² = 1.42 W/m²/100 lx (Base 400.00 m²)

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
asientos hacia VW consiguiendo la configuración
con menos luminarias

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Isolíneas / Intensidad luminica perpendicular (Ajustadamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

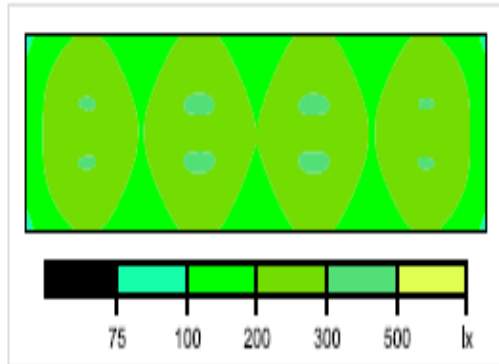
Intensidad luminica perpendicular (Superficie)

Media (real): 222 lx, Min: 84 lx, Max: 308 lx, Mín./medio: 0.378, Mín./máx.: 0.273,

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
asientos hacia VW consiguiendo la configuracion
con menos luminarias
Temero 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Colores falsos / Intensidad luminica perpendicular
(Adaptivamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)
Media (real): 222 lx, Min: 84 lx, Max: 308 lx, Min./medio: 0.378, Min./máx.: 0.273,

Ahora voy a adjuntar el estudio lumínico con la configuración actual en la zona de muelles de descarga de los asientos hacia VW.

Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW con la misma configuración que la actual 02/06/2015
Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW con la misma configuración que la actual / Índice

DIALux

Índice

Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW con la misma configuración que la actual

Terreno 1

Edificación 1

Planta (nivel) 1

Local 1

Sinopsis de locales.....	3
Resumen de resultados de superficies.....	4
Plano útil 1	
Sumario de los resultados.....	5
Isolíneas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	6
Colores falsos / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	7
Gráfico de valores / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	8

Philips 100W zona de muelles de salida de los asientos hacia VW con la misma configuración que la actual
 02/06/2015
 Termino 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Sitios de locales

DIALux

Local 1

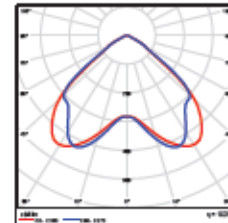


Altura del local: 6.000 m, Altura del plano útil: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m
 Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx]	306 (100)	151	388	0.493	0.389

Nº	Número de unidades	
1	16	Philips Lighting BY120P G2 1xLED105S/840 WB Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98% Flujo luminoso de lámparas: 10500 lm Flujo luminoso de las luminarias: 10498 lm Potencia: 100.0 W Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W



Flujo luminoso total de lámparas: 168000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 167968 lm, Potencia total: 1600.0 W, Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W

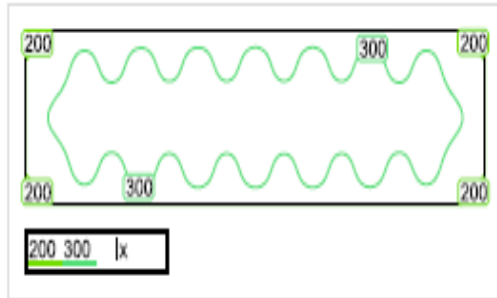
Potencia específica de conexión: 4.00 W/m² = 1.38 W/m²/100 lx (Base 400.00 m²)

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
asientos hacia VW con la misma configuración
que la actual

Temero 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Isofotas / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

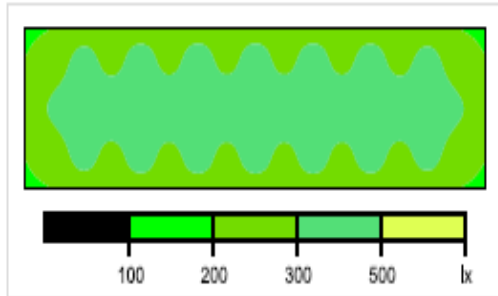
Intensidad lumínica perpendicular (Superficie)

Media (real): 306 lx, Min: 151 lx, Max: 388 lx, Mín./medio: 0.493, Mín./máx.: 0.389,

Philips 100W zona de muelles de salida de los 02/06/2015
asientos hacia VW con la misma configuracion
que la actual
Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Plano útil 1 / Colores falsos / Intensidad luminica perpendicular
(Adaptativamente)

DIALux

Plano útil 1



Escala: 1 : 500

Intensidad luminica perpendicular (Superficie)
Media (real): 306 lx, Min: 151 lx, Max: 388 lx, Min./medio: 0.493, Min./máx.: 0.389,

Con la configuración actual, como se puede observar, se cumple el requisito de los 200 luxes ampliamente. Esta configuración fue la escogida para zona de los muelles de descarga de los asientos hacia VW.

5.7 PRESUPUESTO DEL CAMBIO DE LUMINARIAS

En este caso, y no como en las otras partes del proyecto, ahora esta parte del proyecto está en fase de negociación del presupuesto y no me permiten mostrar las diferentes ofertas que han realizado los diferentes proveedores.

Lo único que puedo es poner una estimación del coste de la sustitución de la instalación de las luminarias.

Las luminarias en sí, estarán alrededor de los 45.000€ y la mano de obra alrededor de 5.000€.

5.8 CONCLUSIONES DE LA PARTE DEL PROYECTO DE LAS LUMINARIAS

Después de todos los estudios realizados, para las dos zonas más bajas, la de muelles de descarga hacia VW y la que abarca mantenimiento, área de descanso y muelles de logística, las luminarias escogidas son de LED de la marca Philips de 100W de potencia.

Para la zona central la elección es luminarias de tipo LED de la marca Philips de 200W de potencia y la configuración escogida fue la de 15 filas y 8 luminarias por cada fila, un total de 120 luminarias. Aunque con otras configuraciones con menos luminarias se cumplían los requisitos de luxes, la empresa prefirió dar un margen para no estar tan al límite y que hubiera una cantidad de luxes buena en la planta.

Debido a la falta de gamas de potencia de Philips no se pudo buscar una potencia que se ajustara mejor a los requisitos de la planta.

Como ya explique previamente, la elección de la marca Philips viene motivada por un accidente que sucedió en la fábrica con las anteriores luminarias de vapor de sodio de la marca Philips. Debido a este accidente la marca Philips estaba dispuesta a dar una indemnización a la empresa si cambiaban las actuales luminarias por unas nuevas de a marca Philips.

6 Conclusiones

Mi Trabajo de Fin de Grado (TFG), se ha basado en la búsqueda de la eficiencia energética, tanto en el sistema de climatización de las oficinas, en el sistema de refrigeración de la planta y en el sistema de iluminación de la planta. Gracias a mi proyecto he conseguido una mejora en la eficiencia energética del 25,55% en el sistema de climatización de las oficinas, del 23,15% en el de refrigeración de la planta y del 50% en el de la iluminación de la planta.

Este trabajo de fin de grado ha sido un reto personal porque aparte de tener que calcular los datos técnicos necesarios para este trabajo, tuve que lidiar con los diferentes problemas que me surgían debido a haberlo realizado en una empresa. Me refiero a que aunque una propuesta que hagas sea mejor que otra, diferentes factores como el económico o el social intervienen en las decisiones y tienes que buscar lo mejor para todos los factores existentes.

También estoy muy contento del resultado de mi trabajo de fin de grado ya que he conseguido mejorar las condiciones laborales en la empresa ya que llevaban dos años con

problemas en el sistema de climatización en las oficinas y en el sistema de refrigeración en la planta. Que empleados te den la enhorabuena por el trabajo realizado te crea un sentimiento de satisfacción y gracias a ello merece la pena todo el tiempo empleado en la realización del trabajo de fin de grado.

7 Agradecimientos

Tengo que dar las gracias en primer lugar a la empresa Tecnoconfort S.A por brindarme la oportunidad de realizar mi TFG en su empresa y por la confianza que me dieron a la hora de confiar en mí para tomar las decisiones más importantes. Al ser un proyecto con un presupuesto tan alto, más de 180.000€, entiendo que mis decisiones pasaran por un órgano que las estudiaba pero en todo momento demostraron tener fe en mis decisiones y recomendaciones.

En segundo lugar quiero dar las gracias a Eduardo Revuelta, el cual me ha ayudado en todo momento en Tecnoconfort en todo lo relacionado con mi proyecto y me ha enseñado como llevar un proyecto de estas dimensiones, sobre todo en el ámbito de trato con proveedores y organización del proyecto. También quiero dar las gracias a mis dos tutores del proyecto, Alvaro Martínez Echeverri, tutor de la universidad, y a Francisco Javier Cano, tutor en Tecnoconfort. Han sido un gran apoyo para mí durante todo el proyecto y han sabido guiarme en los momentos en los cuales mas perdido estaba.

Después tengo que dar las gracias a todos los empleados de Tecnoconfort, sobre todo a los miembros del departamento de Ingeniería de procesos y Mantenimiento y en especial a Miguel Echevarría y a Roberto Colomo, los cuales me aconsejaron en todo momento y fueron de gran apoyo durante mi estancia en Tecnoconfort.

Por ultimo no me podía olvidar a los técnicos de mantenimiento gracias a los cuales entendí perfectamente el funcionamiento del sistema de refrigeración de la planta y me resolvieron mil y una dudas que me surgieron durante mi proyecto.

8 Bibliografía

[1] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

[2] Fundamentos de Termodinámica Técnica. Moran y Saphiro

[3] Manual de Climatización: Cargas Térmicas

[4] <http://www.philips.com>

[5] <http://www.elrincondelfrigorista.com>

[6] <http://www.daikin.com>

[7] <http://www.hitema.com>

[8] <http://www.climaveneta.com>

[9] <http://www.hitachi.com>

[10] <http://www.dialux.com>