

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

UNIVERSITAT JAUME I



---

***ANÁLISIS DE MEJORA ENERGÉTICA DE UNA  
INSTALACIÓN DE COGENERACIÓN EN UNA  
INDUSTRIA CERÁMICA***

---

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Final de Grado

AUTOR

**Vicent Arnau Martí**

DIRECTOR

**Daniel García Sánchez-Vacas**

Noviembre 2016



# Índice General:

1 Memoria.....	5
2 Anexos.....	193
3 Planos.....	261
4 Pliego de condiciones.....	285
5 Presupuesto.....	291



---

*Memoria*

---



# Índice de la Memoria:

<b>1</b>	<b>Antecedentes:</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Justificación:</b> .....	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Objetivo:</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Introducción:</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Proceso productivo:</b> .....	<b>19</b>
5.1	Maquinaria instalada: .....	23
5.2	Distribución en planta: .....	24
5.3	Sistemas de ahorro energético: .....	26
<b>6</b>	<b>Sistema de recuperación de calor de los hornos:</b> .....	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Planta de cogeneración:</b> .....	<b>29</b>
7.1	Partes planta de cogeneración:.....	30
7.1.1	Aire de admisión: .....	31
7.1.2	Filtros del aire:.....	31
7.1.3	Conducto aire de admisión: .....	31
7.1.4	Carcasa metálica de la turbina: .....	32
7.1.5	Conducto de los gases de escape:.....	32
7.1.6	Conducto atomizador y ambiente:.....	33
<b>8</b>	<b>Principio de funcionamiento turbina de gas:</b> .....	<b>35</b>
8.1	Compresor de aire:.....	36
8.2	Cámara de combustión: .....	36
8.3	Turbina de expansión:.....	37
<b>9</b>	<b>Turbina de gas turbomach taurus 70 (T-10301):</b> .....	<b>39</b>
9.1	Necesidades energéticas de diseño: .....	41
9.1.1	Instalación mecánica: .....	41
9.1.2	Necesidades eléctricas: .....	42
9.1.3	Necesidades Térmicas Atomizador 2: .....	42
9.2	Características Técnicas Turbina: .....	43
9.3	Parámetros de funcionamiento: .....	44
9.3.1	Potencia Nominal: .....	44
9.3.2	Heat-Rate: .....	45
9.3.3	Caudal Másico Gases de Escape:.....	46
9.3.4	Temperatura de los Gases de Escape.....	47
9.4	Ubicación en Planta:.....	47
9.5	Control y Seguimiento:.....	49

<b>10</b>	<b>Análisis interno año 2015:</b> .....	<b>51</b>
10.1	Energía eléctrica generada (kWh/mes):.....	53
10.2	Energía térmica generada (kWh/mes): .....	54
10.3	Energía combustible consumida (kWh/mes) .....	55
10.4	Energía eléctrica generada y energía combustible consumida:.....	56
10.5	Rendimiento Eléctrico: .....	57
10.6	Energía eléctrica media por horas: .....	59
<b>11</b>	<b>Problemática existente:</b> .....	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>Parámetros de funcionamiento reales:</b> .....	<b>65</b>
12.1	Energía eléctrica generada (kWh) .....	65
12.2	Potencia Térmica Generada (kWh): .....	66
12.3	Energía Consumida (kWh):.....	66
12.4	Caudal másico (kg/s): .....	67
12.5	Conclusión parámetros de funcionamiento reales: .....	68
<b>13</b>	<b>Posibles soluciones:</b> .....	<b>69</b>
13.1	Sistemas Evaporativos:.....	69
13.1.1	Sistema por superficie húmeda con recirculación de agua: .....	71
13.1.2	Sistema de enfriamiento fogging: .....	74
13.2	Sistemas de generación de frío: .....	77
13.2.1	Refrigeración por compresión.....	78
13.2.2	Ciclo de enfriamiento por absorción.....	80
<b>14</b>	<b>Análisis de los sistemas de refrigeración:</b> .....	<b>83</b>
14.1	Superficie húmeda: .....	83
14.2	Fogging Humifrío: .....	85
14.3	Sistema por compresión: .....	88
14.4	Sistema por absorción:.....	89
14.5	Planteamiento Inicial:.....	90
<b>15</b>	<b>Temperaturas alcanzables sistemas evaporativos:</b> .....	<b>93</b>
15.1	Calculo temperatura de bulbo húmedo:.....	95
15.2	Temperaturas sistemas de generación de frío:.....	100
15.3	Calculo potencia requerida (Qi): .....	105
15.4	Elección del compresor: .....	115
15.5	Elección del evaporador y del condensador: .....	121
<b>16</b>	<b>Valores obtenidos</b> .....	<b>161</b>
16.1	Temperaturas alcanzadas: .....	161
16.2	Energía eléctrica:.....	162



16.3	Energía térmica: .....	162
16.4	Incremento gas consumido:.....	163
16.5	Grados enfriados:.....	164
16.6	Incremento de energía generada.....	165
16.7	Incremento de gas consumido:.....	166
<b>17</b>	<b>Estudio de viabilidad económica: .....</b>	<b>167</b>
<b>18</b>	<b>Conclusión:.....</b>	<b>187</b>
<b>19</b>	<b>Resumen del presupuesto:.....</b>	<b>189</b>
<b>20</b>	<b>Bibliografía:.....</b>	<b>191</b>



## 1 ANTECEDENTES:

STN cerámica, ubicada en el término municipal de Nules desde hace más de 20 años, es una empresa dedicada a la comercialización y fabricación de los más avanzados productos cerámicos. Con la idea principal de mejora continua, se ha convertido en una empresa capaz de generar gran cantidad de productos cerámicos a lo largo del año, siendo actualmente una de las empresas que mayor producción alcanza dentro del sector cerámico. Con el fin de seguir con el crecimiento exponencial, se está instalando una segunda planta productiva en el término municipal de Chilches, llamada Alaplana, la cual, también generara en su conjunto, gran variedad de productos cerámicos.

Las empresas dedicadas al sector cerámico se caracterizan por ser instalaciones en las que se requiere de un aporte energético muy elevado, debido a la gran cantidad de maquinaria que conforma el proceso productivo.

Si bien en general es necesario en gran medida del aporte energético, una empresa de tales dimensiones y con una demanda productiva tan elevada, incrementa de forma considerable el requerimiento de ambas energías principales.

Desde hace unos años y con el fin de mejorar este aspecto, se han instalado diferentes sistemas que permiten un importante ahorro energético-económico, ayudando a su vez a ser más competitivos dentro del ambicioso sector cerámico.

Uno de los equipos implantados para atenuar el excesivo consumo energético, es el sistema llamado recuperación de calor, siendo su función la de reconducir los gases calientes de escape, que exceden del proceso de cocción, hasta otros procesos que requieren de un aporte energético en forma de calor, con unas determinadas características de presión y temperatura.

Por otra parte, la planta de cogeneración es un sistema, el cual se encarga de generar energía eléctrica y térmica simultáneamente, a partir de una serie de procesos de tratamiento del aire de admisión y del gas natural, llevados a cabo en la turbina de gas como elemento principal de la planta de cogeneración.

En STN Cerámica la energía eléctrica generada por la turbina es vendida a red eléctrica, la cual repercute en importantes beneficios económicos. Por otra parte la energía térmica generada es aprovechada por uno de los sistemas de atomizado instalados en la empresa, permitiendo un importante ahorro de energía en forma de gas natural.

A causa de un aumento de la demanda productiva y para ciertos periodos del año, se han detectado incidencias en cuanto a energía térmica aportada por la planta de cogeneración, que obligan a la utilización en mayor medida de equipos secundarios para el aporte energético demandado por el atomizador.



## 2 JUSTIFICACIÓN:

La planta de cogeneración respira aire del ambiente, por lo que su funcionamiento varía con cualquier cosa que afecte este, siendo las condiciones de presión y temperatura, características determinantes para el funcionamiento de la planta de cogeneración.

A partir de un aumento de la temperatura del aire de admisión, se registran decrementos importantes en cuanto a energía generada, que obligan a la utilización de sistemas secundarios de aporte energético, que repercuten en importantes costes económicos.

Debido al régimen de trabajo que exige la demanda comercial, es necesario mantener una tasa de producción estable y permanente, necesitando del aporte energético en forma de calor para el atomizador, prácticamente durante las 24 horas del día.

Es de gran interés, que la planta de cogeneración funcione en las mejores condiciones posibles, ya que con esto, se conseguirá un mayor aporte energético al atomizador, lo que permite una mayor tasa productiva, consiguiendo cantidades de tierra muy elevadas y de una calidad óptima, siendo inalcanzable con otros sistemas.



### 3 OBJETIVO:

El objetivo del presente proyecto es aumentar la tasa de producción energética en la planta de cogeneración, de forma que el sistema de atomizado requiera en menor frecuencia del aporte energético de equipos secundarios (quemador propio o recuperación de calor), los cuales repercuten en costes energéticos y económicos muy elevados. A su vez, la producción de energía eléctrica proporcionará importantes ingresos económicos, dando lugar a una mejora energética importante para la empresa.

Para poder mejorar este aspecto y analizar las mejoras energéticas aplicables sobre la planta, el presente proyecto analizará teóricamente y a partir de datos reales, el comportamiento de dicha instalación para poder analizar la viabilidad económica de las mismas.

En base a este objetivo, el proyecto realizado plantea el siguiente esquema, en base al modelo de turbina instalado en STN Cerámica:

- a) Análisis actual del sistema de cogeneración:  
A partir de los datos reales, se modelizará el funcionamiento de la planta de cogeneración teniendo en cuenta las variables de entrada más relevantes.
- b) Planteamiento de las diferentes alternativas de mejora basadas en el enfriamiento de las corrientes de entrada de aire, proponiéndose como alternativas:
  - Uso de un sistema de refrigeración basado en ciclo de compresión
  - Uso de un sistema de refrigeración basado en ciclo de absorción
  - Uso de diferentes sistemas de enfriamiento evaporativo
- c) Análisis teórico del comportamiento de la turbina según estos sistemas de mejora:  
A partir de la implantación de las mejoras, se analizará detalladamente el funcionamiento de la planta de cogeneración valorando las aportaciones y consumos energéticos para cada uno de los sistemas preseleccionados.
- d) Análisis económico de las alternativas propuestas, para poder estudiar su viabilidad y los beneficios reportados sobre la empresa.

Se analizará de forma estricta las repercusiones económicas que tiene cada sistema de mejora, teniendo en cuenta tanto los beneficios aportados, así como los costes del equipamiento, instalación y consumos.

En este apartado se incluye además la posibilidad de diferentes escenarios como pueden ser el incremento del coste del gas y electricidad o la reducción de la producción de la empresa, esto concluirá un trabajo con una importancia elevada y aplicable a un proceso real.





## 4 INTRODUCCIÓN:

STN Cerámica ubicada en el término municipal de Nules, en la carretera Nules-Vilavella 1,6 km, conforma un sólido grupo de empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de gran variedad de productos cerámicos.

STN Cerámica inicio su actividad hace más de 20 años con la puesta en marcha de Cerámica Nulense. En este periodo de tiempo y gracias a una constante inversión, ha pasado a ser una empresa que tiene aproximadamente 200.000 m<sup>2</sup> de superficie, siendo la superficie construida de 70.000 m<sup>2</sup>.

Actualmente cuenta con más de 250 trabajadores capaces de producir 34.000.000 m<sup>2</sup>/año de productos cerámicos.



Figura 1. Situación geográfica

STN Cerámica es una de las fábricas más modernas del mundo y una de las de mayor capacidad productiva de España, esto es producto su afán por la mejora continua, a partir de una constante inversión y utilizando maquinaria y materias primas de primera calidad.



Figura 2. Vista aérea



## 5 PROCESO PRODUCTIVO:

Una de las principales características del sector cerámico es la gran cantidad de industrias que se ubican en la provincia de Castellón, constituyendo aproximadamente el 94% de la producción nacional.

El tratamiento y la obtención de la baldosa cerámica sigue un proceso continuo y muy riguroso, desde el tratamiento de las materias primas, hasta el encajado y almacenado del producto final.

Las características estéticas y las tolerancias dimensionales conforman dos de las tres características más importantes, siendo la más importante, las propiedades mecánicas que adquiera la baldosa final después de su composición y tratamiento.



*Figura 3. Líneas de producción*

La baldosa cerámica requiere de un proceso lineal donde la sucesión de los pasos está claramente diferenciado entre sí, siendo de vital importancia, la prioridad y el orden de consecución de los mismos.

Las empresas dedicadas a la producción de baldosas cerámicas siguen un método de producción similar, siendo por lo general:

### 1- Tratamiento de Materias Primas:

Después de la selección de las arcillas, de otras materias primas no arcillosas, y de los aditivos que deban formar parte de la composición final de la baldosa cerámica, hay una primera fase del proceso de fabricación, consistente en la mezcla homogénea de las materias primas:

- Molienda

- Atomizado

El proceso de molienda es el proceso mediante el cual, las arcillas y los demás componentes, se mezclan con agua para someterse a una molienda en los molinos continuos rotatorios de bolas. El producto obtenido del proceso de molienda se le llama barbotina, constituyendo un fluido fangoso de alta densidad.



Figura 4. Molino continuo

El proceso de atomizado es el proceso mediante el cual, se elimina toda la humedad de la barbotina, gracias a la confrontación de esta, y una corriente de gases calientes con elevado caudal y a una temperatura relativamente alta. El producto obtenido del proceso de atomizado son pequeñas partículas de tierra, con unas características de tamaño y humedad de riguroso cumplimiento.

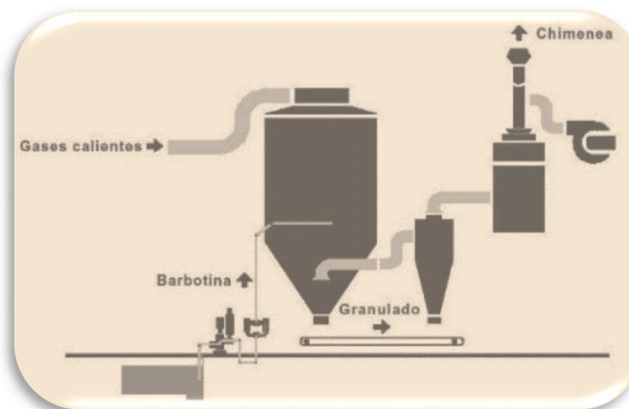


Figura 5. Proceso de atomizado

## 2- Conformación o modelado (prensado):

El prensado se basa en la compactación de aquella tierra atomizada que ha pasado los rigurosos controles de calidad, a partir de la fuerza de compresión ejercida mediante prensas hidráulicas de gran tamaño. En este proceso se consigue dar la forma, tamaño y espesor deseado.

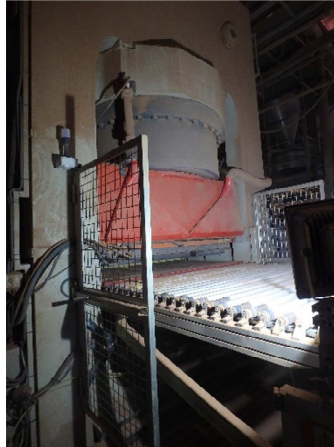


Figura 16. Prensa hidráulica

## 3- Secado:

Los procesos de conformación como es el proceso de prensado, precisan incorporar agua para poder aprovechar la plasticidad de las arcillas, esa agua debe eliminarse antes del proceso de cocción. La acción de eliminar la humedad se hace posible en los secaderos, los cuales proporcionan potencia calorífica alrededor de los 250°C durante un cierto periodo de tiempo, eliminando la humedad de la baldosa.



Figura 7. Secadero horizontal

#### 4- Esmaltación y decoración:

El esmaltado es el proceso en el que se le proporciona el revestimiento pertinente y de gran importancia a la baldosa cerámica. El esmalte es un fluido de alta densidad con unas características de consistencia y color determinadas, según el modelo de fabricación de la baldosa. El fluido llamado esmalte, cubre con una fina capa, la parte visual de la baldosa cerámica (figura9).

La decoración o segrafiado, consiste en la impresión digital por la cara previamente esmaltada del dibujo o coloración (según modelo establecido) al paso de la baldosa por su interior.



Figura 8. Impresión digital Cretaprint



Figura 9. Campana de esmalte

#### 5- Cocción:

El proceso de cocción consiste en el aporte de calor entre 1000°C y 1300°C a las piezas cerámicas, dando la dureza, compactación y propiedades mecánicas necesarias, para su perfecto uso.



Figura 10. Horno de cocción

## 6- Tratamientos adicionales:

Dependiendo del tipo de tierra y de las tolerancias dimensionales exigidas, se realizan operaciones de acabado para conseguir las dimensiones de fabricación estrictamente requeridas. STN Cerámica en concreto, no incorpora en su conjunto maquinaria de tratamiento adicional.

## 7- Clasificación y embalado:

La etapa de clasificación y embalado, finaliza el proceso de fabricación de la baldosa cerámica. La clasificación del producto final, se realiza mediante un conjunto de maquinaria automática, la cual se encarga de llevar a cabo un estricto control dimensional y superficial, determinando la calidad final del mismo.



Figura 11. Paletizadora



Figura 12. Enfardadora

### 5.1 Maquinaria instalada:

Para llevar a cabo todos los procesos establecidos, se necesita de una maquinaria muy específica, que se está viendo aumentada los últimos años, debido a un aumento considerable de la demanda productiva.

Esta maquinaria tiene unas características técnicas y mecánicas muy específicas para su utilización, siendo rigurosa, la necesidad de soportar un ritmo de trabajo constante prácticamente durante todo el año, requiriendo de componentes de primera calidad los cuales permitan el aprovechamiento total de la vida útil de la maquinaria.

Actualmente y siguiendo un modelo de cambio continuo y actualizado, STN Cerámica consta en sus instalaciones de la siguiente maquinaria principal:

- ✚ 3 Molinos continuos
- ✚ 4 Atomizadores
- ✚ 16 Prensas hidráulicas
- ✚ 9 Secaderos
- ✚ 8 Hornos
- ✚ 16 Líneas de clasificación

El conjunto de maquinaria nombrada conforma un completo y sólido proceso productivo, capaz de llevar a cabo una excelente fabricación y en unas tasas productivas muy elevadas. Además de la maquinaria nombrada, la planta productiva incorpora en su conjunto gran cantidad de motores eléctricos, bombas hidráulicas y sistemas de compresión, que permiten la necesaria transición entre una sección productiva y otra.

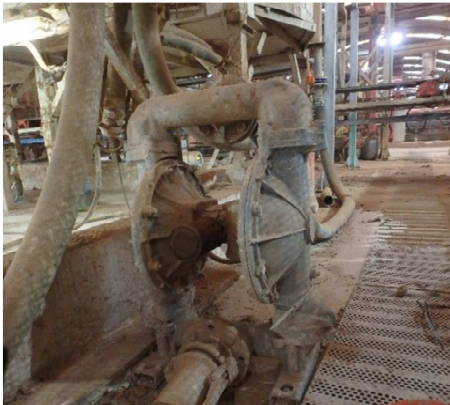


Figura 13. Bomba de esmalte



Figura 14. Motor eléctrico

## 5.2 Distribución en planta:

La distribución en planta sigue un modelo concreto y establecido, siendo determinante la superficie de la instalación, la consecución del proceso productivo y la dependencia entre sí.

La figura 15 muestra la distribución seguida por STN Cerámica en donde el tratamiento de tierras y la sección de clasificación se encuentran en zonas opuestas, debido al gran tamaño de la instalación.

- 1.- Zona de molienda (color magenta)
- 2.-Zona de atomizado (color marrón claro)



- 3.-Zona de prensado (color verde claro)
- 4.-Zona secaderos (color amarillo)
- 5.-Zona de esmaltado y serigrafía (color azul)
- 6.-Zona de cocción (color rojo)
- 7.-Zona de clasificación (color cian)
- 8.-Zona de almacenaje (color verde oscuro)

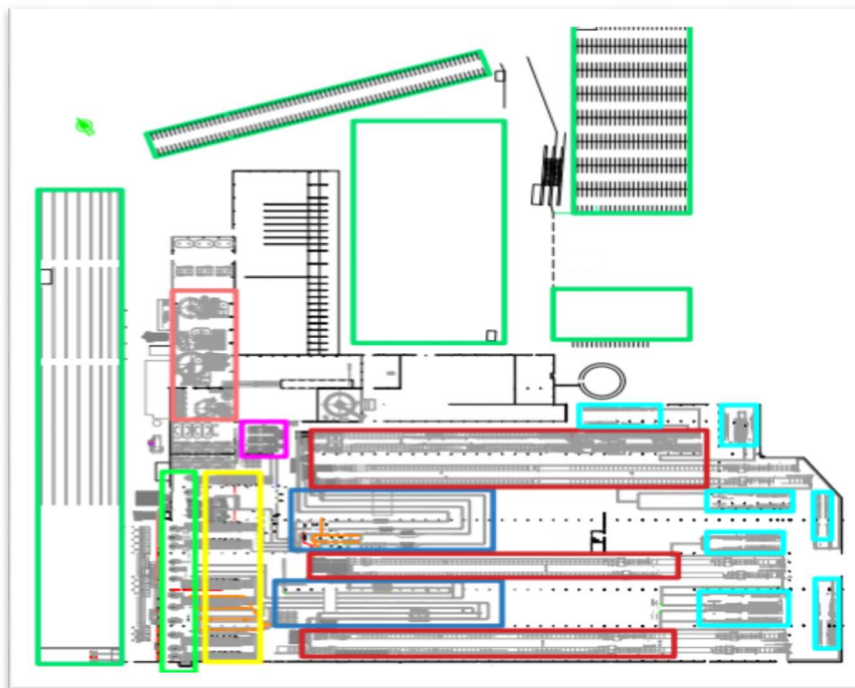


Figura 15. Distribución en planta

La superficie construida se extiende por 70.000 m<sup>2</sup>, siendo la superficie total de la parcela de 200.000 m<sup>2</sup>. El 80% de parcela sin construir, es utilizada para el almacenaje del producto final.



Figura 16. Vista superior

### 5.3 Sistemas de ahorro energético:

Las empresas dedicadas al sector cerámico exigen un aporte energético muy elevado siendo en gran medida uno de los principales costes para la empresa.

España junto con Italia es uno de los países que más eficiencia energética presentan, para la fabricación de las baldosas cerámicas, realizando de forma continua, esfuerzos para mejorar la eficiencia energética, actuando con sistemas que proporcionan un ahorro energético importante, ayudando a su vez, a ser cada vez más competitivos.

El proceso productivo referido a los productos cerámicos, precisa de gran cantidad de energía en forma de calor, siendo necesaria la evacuación de esta, una vez aprovechada su energía, en el peor de los casos esta energía sería emitida al ambiente. STN Cerámica realiza el máximo aprovechamiento energético posible a través de la implantación de dos equipos capaces de reutilizar o generar energías que suponen un alto ahorro energético, consiguiendo ser una empresa cada vez más sostenible.

Los sistemas implantados en STN Cerámica para realizar el máximo aprovechamiento energético son:

- ✚ Recuperación de Calor de Hornos
- ✚ Planta de Cogeneración

Aunque no son procesos que están directamente vinculados con la producción de la baldosa cerámica, ambos sistemas contribuyen en un importante ahorro energético-económico que se intenta mejorar día a día siguiendo el modelo de crecimiento continuo.

## 6 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CALOR DE LOS HORNOS:

El sistema de recuperación de calor de los hornos, consiste en la reconducción mediante conductos aislados térmicamente y sistemas de propulsión, de todo el calor que excede en el proceso de cocción (hornos), hasta otros sistemas que requieren de calor en estas condiciones.

Concretamente esta instalación recircula el calor residual generado en los 8 hornos, hasta los 9 secaderos y los 4 atomizadores siendo las temperaturas de trabajo entre 180 y 200°C, ahorrando una gran cantidad de Nm<sup>3</sup> de gas natural al año, en los quemadores del propio atomizador y de los secaderos.



Figura 17. Conducto recuperación de calor de hornos

El proceso de secado requiere de un aporte de energía térmica a temperaturas entorno a los 250°C, de no ser por el sistema de recuperación de calor, toda la energía necesaria sería proporcionada por el quemador propio del secadero. A partir de la instalación de la recuperación de calor, el quemador solo aporta una pequeña cantidad de calor, siendo en valores mucho menores los Nm<sup>3</sup> de gas consumido.

Puesto que los sistemas de atomizado, trabajan a temperaturas entre 450°C y 520°C, de igual forma es necesario aportar más cantidad de calor, como el que genera los propios quemadores. Aun así, la recuperación de calor, contribuye en un importante ahorro de gas natural.

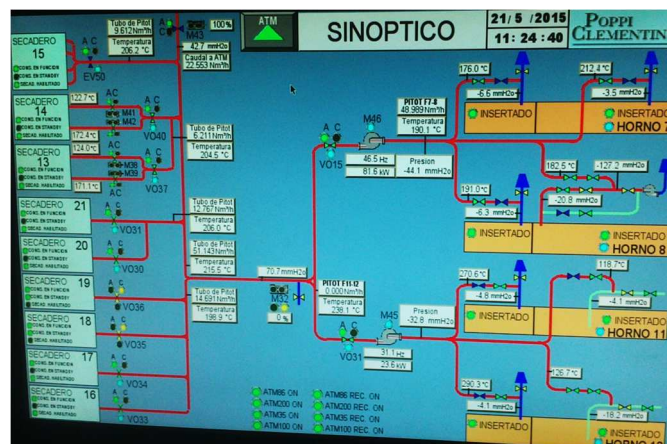


Figura 18. Sinóptico recuperación de calor

La figura 18 muestra en su parte derecha, 4 de los 8 Hornos instalados. Se aprecian los conductos en color rojo, los cuales simulan los conductos reales y son los encargados mediante válvulas de paso y sistemas de propulsión, de redireccionar los gases de escape que exceden, hasta los secaderos o atomizadores.

Actualmente se está procediendo al montaje de la instalación de la recuperación de calor de los secaderos a los atomizadores, esto contribuirá en gran medida a la reducción del consumo de gas natural por parte de los atomizadores.

## 7 PLANTA DE COGENERACIÓN:

Cogeneración significa, producción simultánea de dos o más tipos de energía, concretamente, energía eléctrica y energía térmica. En todo proceso térmico encargado de producir energía eléctrica, se necesita de la evacuación de cierta cantidad de energía en forma de calor, debido a que todo el calor no puede transformarse en trabajo. La función principal de la cogeneración es que no se pierda esta gran cantidad de energía térmica, aprovechando los gases calientes de escape, para otros sistemas que requieran energía en estas características.



*Figura 19. Planta de cogeneración*

La planta de cogeneración instalada en STN Cerámica redirige todos los gases de escape hacia uno de los sistemas de atomizado, concretamente el atomizador número 2. El atomizador 2 es el más grande de la instalación y necesita potencias térmicas para una capacidad del 100% entorno a los 18.000 kWt.

Puesto que la planta de cogeneración no puede aportar la totalidad de la energía demandada por el sistema de atomizado, se hace necesaria la combinación de varios de los sistemas instalados, priorizando entre ellos, los que proporcionen un mayor ahorro energético. Pese a que la planta de cogeneración y la recuperación de calor, pueden trabajar conjuntamente, en ciertas ocasiones se hace necesaria la utilización de los quemadores propios del atomizador para completar la demanda térmica.

El sistema de atomizado trabaja en un régimen constante y continuo durante la mayor parte del año. Generalmente funciona entorno al 85% de su capacidad, siendo esta variable, en función de la demanda productiva de tierra atomizada que exija la instalación, aunque en muy pocas ocasiones, alcanza el 100% de su capacidad.

## 7.1 Partes planta de cogeneración:

La planta de cogeneración consta de diferentes partes, formando un conjunto sólido y preciso, siendo de gran importancia cada una de ellas. En la figura 20 se pueden ver de forma clara todas las partes que envuelven el conjunto:

1. Aire de admisión
2. Filtros de aire
3. Conductos del aire de admisión
4. Sistemas de refrigeración
5. Carcasa turbina
6. Conducto de los gases de escape
7. Conducto atomizador
8. Conducto ambiente
9. Gases de escape atomizador
10. Gases de escape ambiente

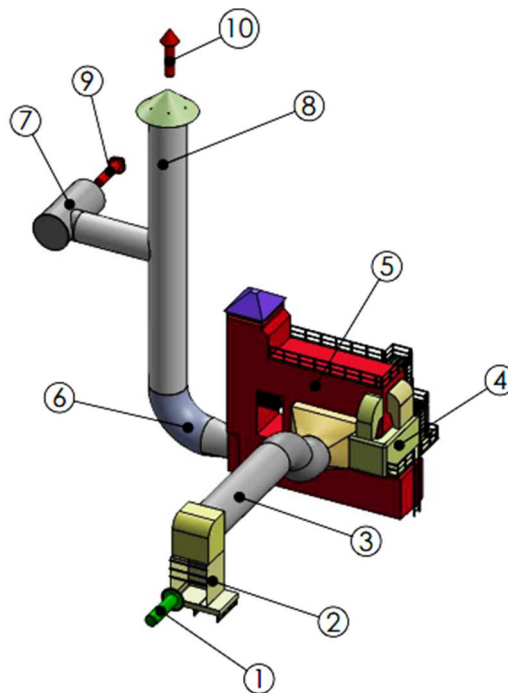


Figura 20. Partes planta de cogeneración

### 7.1.1 Aire de admisión:

El aire que envuelve la atmosfera es una composición de diferentes gases, entre los que destacan el nitrógeno (78,1%), oxígeno (20,8%) y argón (0,93%), representando entre todos ellos aproximadamente un 99,9 % en volumen.

El aire de admisión es aspirado del ambiente con un caudal constante y en unas condiciones de presión y temperatura determinadas. Estas condiciones vienen definidas según la situación geográfica en la que se encuentra la planta de cogeneración y con la variación de temperatura, propia de la época del año en la que se encuentre.

Aunque en principio puede carecer de importancia la presión y la temperatura del aire de admisión, ambas características son directamente influyentes en el funcionamiento de la planta de cogeneración, pudiendo generar y consumir mayor o menor cantidad de energía según las condiciones en las que se encuentre el aire de admisión.

### 7.1.2 Filtros del aire:

Cuando el flujo de aire de admisión es aspirado del ambiente, puede no estar en las mejores condiciones higiénicas. Para evitar que este, entre en el compresor con partículas de suciedad y que se produzcan daños irreversibles en los álabes del mismo, hay instalado un sistema de filtros, de forma, que cuando el aire lo atraviese se queden retenidas aquellas partículas inadecuadas.

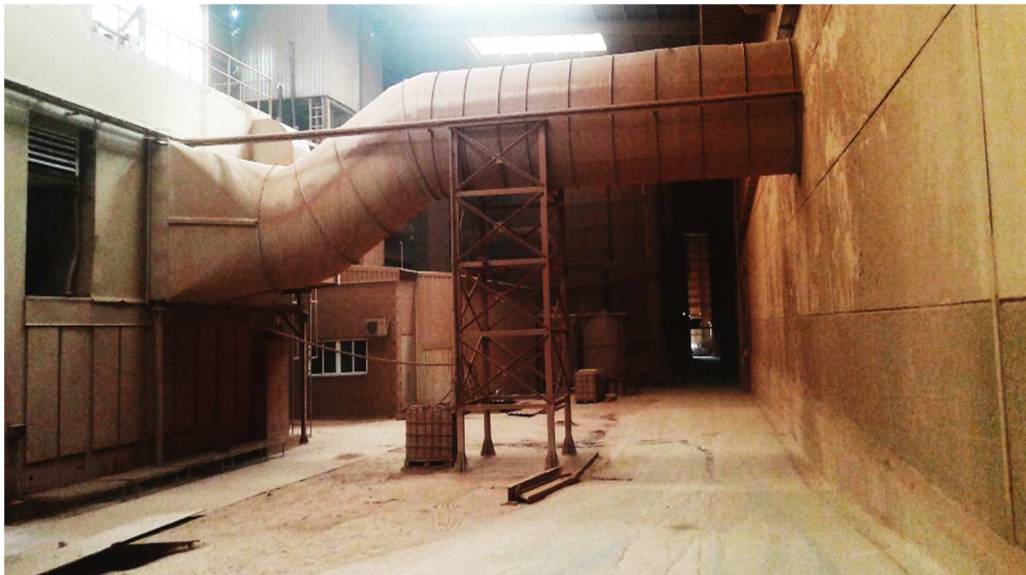


Figura 21. Sistema de filtros

### 7.1.3 Conducto aire de admisión:

Después de su paso por los filtros, el aire de admisión es dirigido hacia la turbina a través de un conducto metálico aislado térmicamente, con un diámetro entorno a los 2,5m y 12 metros de longitud. Dicha longitud se ve exigida a partir de que la aspiración del aire, se produce en una nave paralela, a la nave en donde esta instalada la planta de cogeneración.

Este conducto debe de tener la máxima estanqueidad posible para evitar fugas de aire, así como el aislamiento adecuado para producir las menores pérdidas posibles.



*Figura 22. Conducto del aire*

#### **7.1.4 Carcasa metálica de la turbina:**

La carcasa metálica proporciona la protección y seguridad al elemento principal de la planta de cogeneración, es decir, a la turbina de gas. Esta carcasa está hecha de un material metálico muy resistente el cual impide cualquier hecho externo que pueda afectar a la misma.



*Figura 23. Carcasa metálica*

#### **7.1.5 Conducto de los gases de escape:**

Para conseguir evacuar todo el calor generado, es necesario un conducto de unas características parecidas al conducto del aire. Este conducto es el encargado de redirigir los gases de escape, debiendo de ser capaz de soportar temperaturas muy elevadas, ya que la extracción de los gases de escape se produce a temperaturas superiores a los 400°C.





*Figura 24. Conducto de los gases de escape*

### **7.1.6 Conducto atomizador y ambiente:**

La evacuación del calor generado, puede seguir dos trayectorias, la de mayor interés que es hacia el atomizador, o en su defecto hacia el ambiente.

Debido a la poca rentabilidad que aporta la emisión de los gases de escape al ambiente, es preferible tener la planta de cogeneración parada, que tenerla en funcionamiento y que los gases de escape se emitan al ambiente. Por lo tanto, todos los gases calientes generados, son redirigidos al atomizador, siendo una vez cada 3 años y a causa de las mediciones ambientales que requiere consellería, cuando se emiten los gases de escape al ambiente.

Esto significa que la planta de cogeneración está totalmente sincronizada con el atomizador número 2, cumpliendo con los paros que efectúa el mismo, ya que el principal beneficio aportado por la planta de cogeneración, se consigue con la recuperación de los gases de escape al atomizador.



*Figura 25. By-pass gases de escape*



## 8 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO TURBINA DE GAS:

La turbina de gas es un tipo de turbina de combustión interna que actúa como convertidor de energía, a partir, de la conversión de una energía almacenada en un combustible en una energía mecánica útil rotacional.

El funcionamiento de las turbinas de gas siguen el ciclo Brayton de:

- 1-2 Compresión isentrópica: el aire no cede calor, por lo tanto aumenta su temperatura.
- 2-3 Combustión interna: adición de calor al fluido de trabajo a presión constante en un una cámara de combustión.
- 3-4 Expansión isotrópica: disminución de la temperatura y presión del aire.
- 4-1 Cese de energía a presión constante

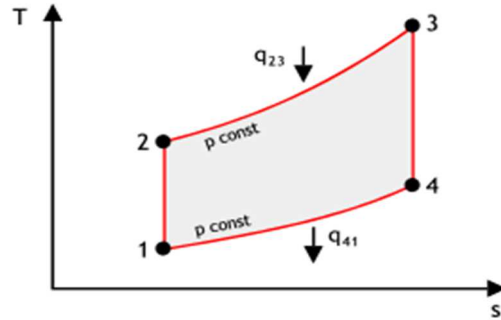


Figura 26. Ciclo Brayton

Las turbinas se distinguen de varios tipos según el combustible que la acciona, en este caso el combustible que proporciona la energía necesaria es gas natural.

La turbina está dividida en dos partes fundamentales diferenciándose entre sí, a partir de las temperaturas de trabajo alcanzadas en cada zona:

Sección fría:

1. Admisión de aire
2. Compresión del aire

Sección caliente:

1. Cámara de combustión
2. Expansión o escape de gases

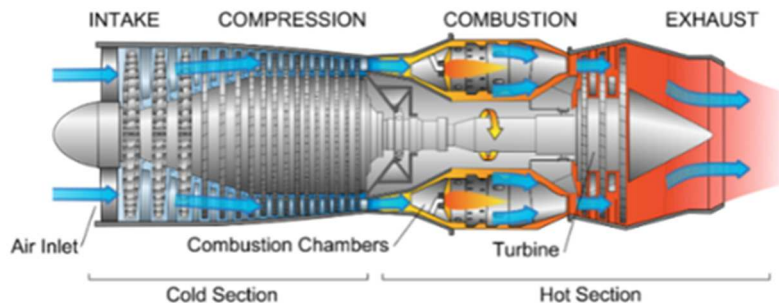


Figura 27. Turbina de gas

El caudal de aire, sigue la trayectoria consecutiva de cada una de las partes, teniendo variaciones de presión y temperaturas para cada una de las fases.

Para el alcance y realización de cada una de las secciones que conforma la turbina, se hace necesaria cada una de las siguientes partes:

- Compresor
- Cámara de combustión
- Turbina de expansión

### 8.1 Compresor de aire:

La función del compresor es elevar la presión y energía cinética del flujo de aire antes su paso por la cámara de combustión. Esto es posible mediante la compresión y presurización de las moléculas de aire, utilizando álabes estacionarios y giratorios en el compresor.

La regulación del aire de admisión para la combustión se realiza variando el ángulo de inclinación de las ruedas iniciales de los álabes del compresor. A mayor ángulo, mayor cantidad de aire de entrada al compresor y por lo tanto, a la turbina.

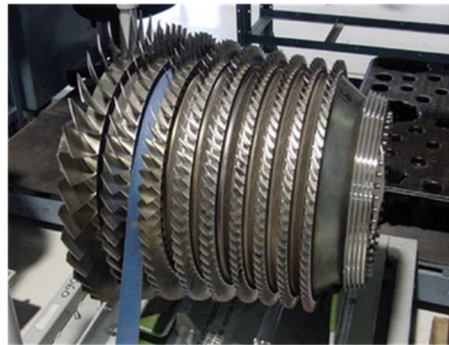


Figura 28. Compresor

### 8.2 Cámara de combustión:

Mediante unos inyectores, el aire y el gas natural a presión y caudal constantes, mantienen una llama continua en la cámara de combustión. La ignición inicial (puesta en marcha) se consigue por una chispa generada por las bujías que incorpora la cámara de combustión.

Parte del aire que procede del compresor, se dirige directamente hacia las paredes de la cámara de combustión para mantener su temperatura en valores convenientemente bajos.

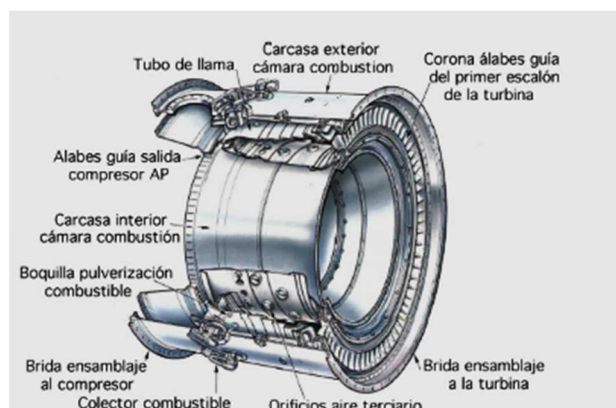


Figura 29. Cámara de combustión

### 8.3 Turbina de expansión:

En la turbina de expansión es donde tiene lugar la conversión de la energía contenida en los gases de combustión en forma de presión y temperatura elevada, a potencia mecánica en forma de rotación de un eje.

Los gases, que salen de la turbina, salen a una temperatura por lo general por encima de los 400°C y por debajo de los 520°C. Esta temperatura hace que la energía que contienen se aproveche para proporcionar el calor necesario para los sistemas de atomizado.



## 9 TURBINA DE GAS TURBOMACH TAURUS 70 (T-10301):

Dentro de la amplia gama de maquinaria que pertenece a la industria de las turbinas, la turbina instalada en STN Cerámica es la turbomach taurus 70, dotada de las siguientes características:

- Un solo eje
- Flujo axial
- Compuesto por plenum de entrada de aire
- Compresor de 15 etapas (álabes fijos y variables)
- Difusor de aire
- Cámara de combustión anular
- Turbina de potencia de 3 etapas
- Difusor de gases de escape y conexión de gases de escape

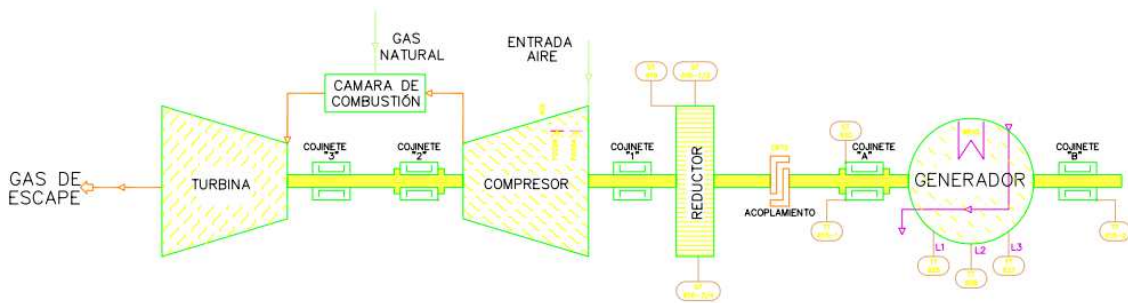


Figura 30. Esquema interno

En la figura 30 se puede ver un pequeño esquema en el que se detalla cada una de las partes internas de la turbina, así como todos los elementos que soportan o fijan el eje central del conjunto.

Todos estos componentes se mantienen en una alineación precisa mediante bridas de centrado, con superficies guía atornilladas entre sí, además de un número importante de cojinetes encargados de permitir el movimiento rotacional.

En la parte lateral derecha se puede ver el generador que está interconectado a partir del acoplamiento, y que es el encargado de generar toda la energía eléctrica.

Si se analiza por separado cada una de las partes principales se tiene:

- **Compresor:**

El conjunto del compresor presenta las siguientes características:

- Quince etapas
- De flujo axial
- Álabes variables
- Carcasa y difusor

- Alojamiento de soporte del cojinete
- Rotor del compresor.

La entrada de aire consiste en una abertura anular, protegida con una rejilla metálica, para impedir la entrada de objetos grandes en la toma de aire de la turbina.

La parte delantera de los álabes de la guía de entrada están atornillados a la carcasa de la toma de aire y la parte posterior del estator de la segunda etapa, está montado en la carcasa del compresor.

- **Cámara de combustión:**

La cámara de combustión incluye, la carcasa de soporte del cojinete y del rotor de la turbina. Alrededor de la cámara de combustión están montados doce inyectores de combustible que penetran a través de la carcasa en la cámara de combustión.

La cámara de combustión es de tipo anular. Esta disposición da la existencia de una única cámara en forma de anillo que rodea el eje del compresor-turbina.

Los álabes de la primera etapa de la turbina están refrigerados mediante aire del compresor con un caudal controlado, y suministrado a través del soporte del cojinete mediante unas ranuras anulares que descargan en la base de los álabes giratorios.

- **Turbina de expansión:**

La turbina de expansión o expansión de los gases de escape está diseñada para aprovechar la velocidad de salida de los gases de combustión y convertir su energía cinética en energía mecánica rotacional.

Dicha turbina está compuesta por cinco etapas, las cuales integran una corona de álabes con un diseño aerodinámico adecuado, encargándose de hacer girar el rotor al que están unidos.

Además, incorpora antes de cada etapa, un conjunto de álabes fijos los cuales están sujetos a la carcasa, con el fin de redireccionar el aire de salida de la cámara de combustión.

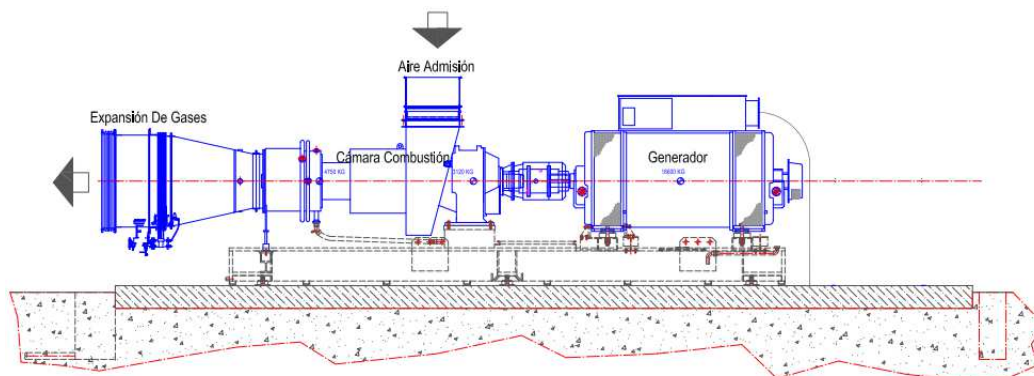


Figura 31. Conjunto turbina

En la figura 31, se puede ver el conjunto de cada una de las partes siendo de gran importancia cada uno de sus elementos, formando una alineación precisa y compacta, a través de los sistemas de anclaje al suelo, que presentan unas condiciones de estabilidad y exactitud de primordial importancia.



## 9.1 Necesidades energéticas de diseño:

La turbina instalada está planteada en base a la necesidad del reaprovechamiento de los gases calientes generados, además de conseguir generar una importante cantidad de energía eléctrica.

La recuperación térmica se realiza en base a la corriente de los gases de escape, mediante el enfriamiento de estos desde la temperatura de 482°C hasta la temperatura ambiente, recuperándose en total aproximadamente 13.500 kWh los cuales son de gran importancia para uno de los sistemas de atomizado.

La instalación de recuperación de calor está compuesta por todos aquellos elementos que son necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del proceso de atomizado actual.

### 9.1.1 Instalación mecánica:

La instalación que conforman el conjunto de conductos está diseñada en base a tres hipótesis básicas de funcionamiento:

- Caudal aire de admisión  $\rightarrow 80.000 \text{ m}^3/\text{s}$
- Velocidad máxima de los gases de escape  $\rightarrow 20 \text{ m/s}$
- Temperatura máxima de los gases de escape  $\rightarrow 500^\circ\text{C}$

En función y las restricciones de diseño que requiere la instalación mecánica, presenta diferentes diámetros en cuanto a conductos de entrada y salida:

- Diámetro conducto aire de admisión  $\rightarrow 2,4 \text{ m}$
- Diámetro codo salida de gases de escape  $\rightarrow 1,8 \text{ m}$
- Conductos ambiente y atomizador  $\rightarrow 2 \text{ m}$

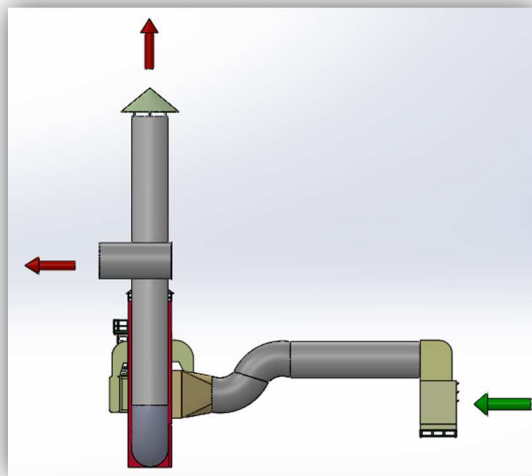


Figura 32. Conductos

Esto conformara un conjunto sólido y estanco, que repercutirá en las menores pérdidas energéticas posibles facilitando el correcto funcionamiento del atomizador.

En la figura 32, se pueden diferenciar cada uno de los conductos, siendo el conducto del aire de admisión el que se indica mediante una flecha verde y los dos conductos de salida se indican mediante flechas rojas.

### 9.1.2 Necesidades eléctricas:

Un importante porcentaje de la energía consumida es empleada para la producción de energía eléctrica. En base a la energía eléctrica generada por la turbina, la planta productiva podrá trabajar en diferentes escenarios:

- Aislado → la turbina puede proporcionar en caso de encontrarse en situación de isla, la energía suficiente para abastecer la totalidad del consumo de la planta productiva, siendo la potencia media demandada en torno a los 4.000 kWh.
- Asistido → toda la energía necesaria para el funcionamiento de la planta productiva es proporcionada por la compañía de red eléctrica contratada, vendiendo la totalidad de la energía generada.
- Interconectado → además de los dos sistemas anteriores, otro método de funcionamiento posible es el método interconectado, encontrándose la instalación de cogeneración en paralelo a la red de la compañía e intercambiando energía en función de la demanda de la planta productiva.

### 9.1.3 Necesidades Térmicas Atomizador 2:

La planta de cogeneración objeto del presente proyecto, está diseñada en base a la reutilización de los gases de escape para uno de los 4 atomizadores, concretamente el atomizador número 2.

Para que la planta de cogeneración sea de gran utilidad y pueda aportar importantes beneficios energéticos, debe de proporcionar al sistema de atomizado aquellas necesidades que requiera el correcto tratamiento de las tierras.

Para ello y partir del modelo de turbina elegido, se tienen del atomizador receptor, las siguientes características:

- Capacidad de secado al 100% → 25.000 l/h de barbotina
- Temperatura de trabajo atomizador → 450°C-520°C
- Consumo térmico específico → 875 kcal/kg agua evaporada.
- Régimen de trabajo atomizador → 85% capacidad nominal.
- Horas trabajo(aproximado) → 8.405 h
- Máximo caudal másico → 35 kg/s
- Potencia Térmica al 100% → 18.000 kW de potencia térmica
- Total Anual → 151 GWh/año



Figura 33. Atomizador

El cumplimiento de las restricciones exigidas por parte del atomizador, precisa de unas características de la turbina muy concreta y específica, de forma que no exista un sobredimensionamiento, y que a su vez pueda aportar gran parte, o la totalidad, de la energía demandada por el sistema de atomizado.

## 9.2 Características Técnicas Turbina:

Los parámetros y características de la turbina, lo suele establecer el fabricante a partir de unos criterios únicos y considerando unas condiciones ISO de 15°C y sin pérdidas:

- Altitud  $\rightarrow$  0 m sobre el nivel del mar
- Perdidas en la entrada  $\rightarrow$  a 0 mm.c.a
- Perdidas en la salida  $\rightarrow$  a 0 mm.c.a.
- Presión atmosférica  $\rightarrow$  a 1 atm. = 101.4 kPa
- Marca  $\rightarrow$  Turbomach
- Modelo  $\rightarrow$  Taurus T70(T10301)
- Combustible  $\rightarrow$  Gas natural
- Potencia media generación en bornes alternador  $\rightarrow$  6.850 kWe
- Rendimiento global eléctrico  $\rightarrow$  32,73%
- Calor recuperado en gases escape hasta  $T_{amb}$   $\rightarrow$  13.552 kW
- Caudal de gases de escape  $\rightarrow$  26,16 kg/s
- Temperatura de escape  $\rightarrow$  482 °C
- Funcionamiento  $\rightarrow$  continuo
- Diseño Turbina  $\rightarrow$  ciclo abierto, un eje

- Compresor 15 etapas, axial
- Cámara combustión anular con 12 inyectores
- Turbina 3 etapas, axial
- Velocidad turbina → 14.944 rpm
- Potencia nominal en el eje → 7.298 kW
- Consumo de combustible → 20.929 kW
- Peso aproximado → 4.200 kg

### 9.3 Parámetros de funcionamiento:

Las turbinas de gas tienen la particularidad de que no funcionan en un régimen constante y permanente, sino que tienen importantes variaciones de funcionamiento a partir de unas ciertas condiciones ambientales, repercutiendo estas, en el flujo de aire de admisión.

Puesto que la turbina respira aire del ambiente, el funcionamiento y desempeño de la misma, variará en función de cualquier modificación que sufra el aire de admisión, debido a que estas, afectan de forma directa al flujo másico de aire que atraviesa la turbina.

Un aumento de la temperatura ambiente provoca una disminución de la densidad del aire, que para una velocidad constante de este, se traduce en una disminución del caudal másico. Este hecho provoca una importante disminución de la energía generada, penalizando la eficiencia del compresor, el cual requiere de una mayor potencia, para poder mantener una misma tasa de compresión.

En las características técnicas de la turbina, el fabricante destaca el régimen de funcionamiento de la turbina para una cierta variación de la temperatura del aire, y considerando la inexistencia de pérdidas de carga.

Para ello y con el fin de conocer el modo de trabajo de la misma, destaca los siguientes parámetros:

- Potencia nominal (kWe)
- Heat-rate (MJ/kWh)
- Caudal másico gases de escape (kg/s)
- Temperatura de los gases de escape (°C)

#### 9.3.1 Potencia Nominal:

La potencia nominal se puede definir como la energía eléctrica que puede generar la turbina por unidad de tiempo. Como se ha dicho con anterioridad la producción energética, presenta cierta variabilidad según las condiciones ambientales. El fabricante incluye en sus especificaciones técnicas, la figura 34, que da una visión rápida y clara de la repercusión de la temperatura para el funcionamiento de la turbina.

En la figura 34, se ve como a medida que aumenta la temperatura ambiente, se produce una reducción de la producción de energía eléctrica por parte de la turbina.

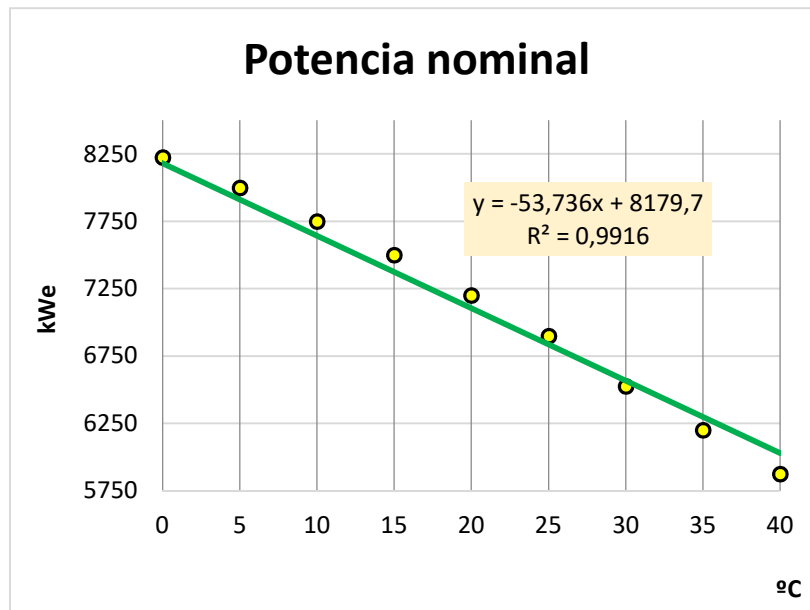


Figura 34. Grafica potencia nominal

El aumento de la temperatura del aire supone una pérdida importante de producción de energía eléctrica, llegando en el peor de los casos a una diferencia de 2.375 kWe entre la temperatura del aire a 0°C y la temperatura a los 40°C.

Para un régimen de trabajo continuo, unas disminuciones energéticas tan elevadas, suponen importantes pérdidas energético-económicas.

### 9.3.2 Heat-Rate:

Un aumento de la producción energética por parte de la turbina, necesitará de un aporte energético de combustible en mayor medida. Aunque dicho de esta forma puede que esto adquiera un comportamiento lineal y continuo, el heat-rate el cual indica la relación directa que tiene la energía consumida con la producción de energía, se ve muy penalizado a partir de un aumento de la temperatura ambiente, requiriendo proporcionalmente mayor cantidad de energía para la producción de energía eléctrica.

$$Heat\ Rate \left( \frac{kJ}{kWh} \right) = \frac{Energía\ Combustible\ Consumida\ (kJ)}{Energía\ Electrica\ Generada\ (kWh)}$$

En la figura 35 se detalla la importancia de la temperatura del aire de admisión en cuanto a heat-rate se refiere.

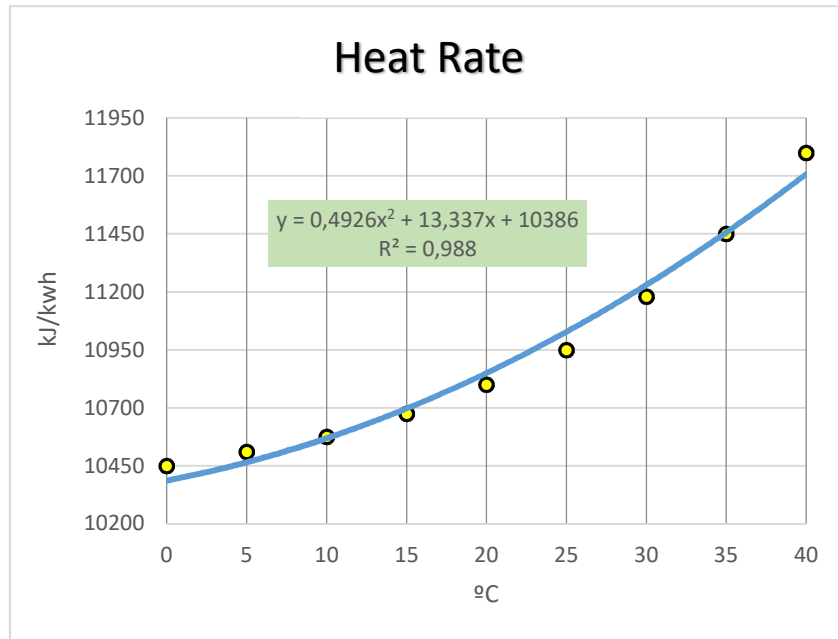


Figura 35. Grafica HEAT-RATE

### 9.3.3 Caudal Másico Gases de Escape:

Cuando la temperatura del aire de admisión se ve aumentada, el caudal másico de entrada se ve disminuido debido a una disminución de la densidad del flujo de aire de admisión. La primera ley de la termodinámica habla de la conservación de la energía “*la energía ni se crea ni se destruye solo se transforma*”, si se reduce el caudal másico de entrada y el sistema no tiene pérdidas de energía, se verá reducido en igual proporción el caudal másico de salida.

Como muestra la figura 36 el fabricante muestra con valores numéricos de qué forma afecta la temperatura del aire de admisión al caudal másico de los gases de escape, los cuales son reaprovechados por el atomizador.

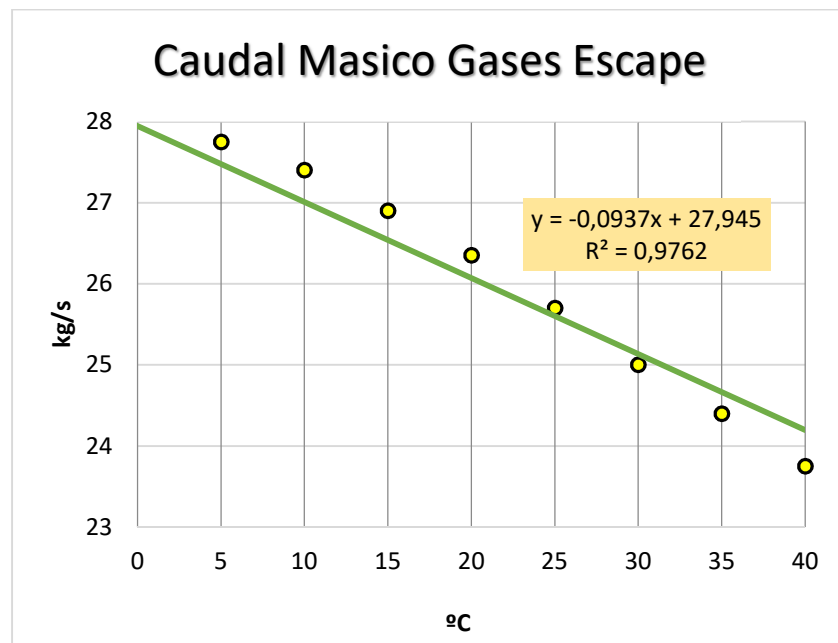


Figura 36. Grafica caudal másico gases de escape

Un aumento excesivo de la temperatura del aire de admisión puede repercutir en caudales máxicos de salida inadecuados para el correcto funcionamiento del atomizador, provocando una pérdida de calidad en la tierra, además de una reducción importante de la producción de tierra atomizada.

### 9.3.4 Temperatura de los Gases de Escape

La temperatura de los gases de escape, no es un parámetro que pase desapercibido a partir de una variación de la temperatura del aire de admisión. Puesto que en la cámara de combustión se acumulan temperaturas más altas, tanto por el gas natural como por el aire, los gases generados por la combustión, se verán influenciados de forma creciente.

Los sistemas de atomizado admiten temperaturas de trabajo entre [450°C-520] °C y visto que la temperatura ambiente de la zona de Nules en pocas ocasiones está por debajo de 0°C y por encima de 40°C por lo que se puede considerar como un parámetro que adquiere un carácter más irrelevante.

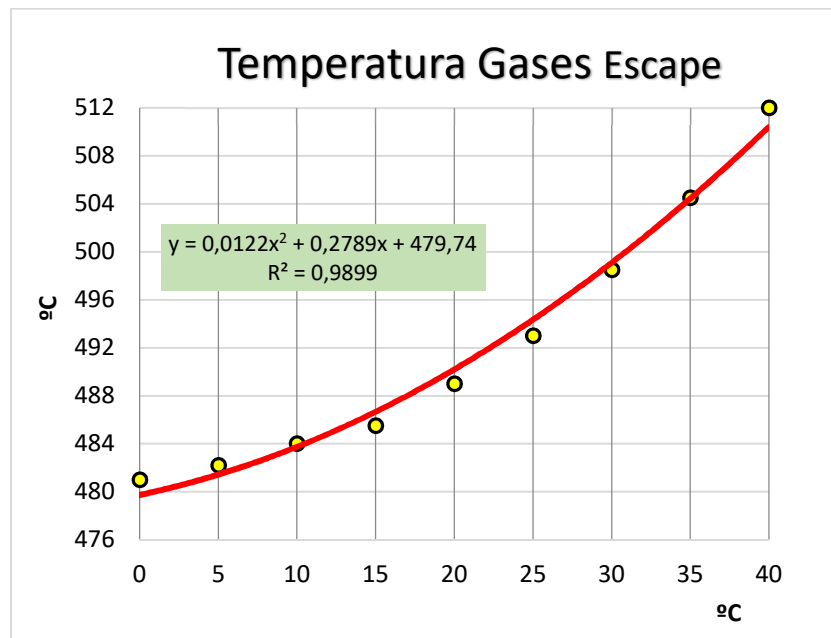


Figura 36. Grafica temperatura gases de escape

## 9.4 Ubicación en Planta:

La ubicación en planta de la instalación de cogeneración se plantea según unos principios básicos:

- a) Toma de aire de admisión
- b) Equipo receptor de los gases de escape

Para la toma de aire, se recomienda una zona limpia, en donde el flujo de admisión no contenga partículas de polvo u otros materiales. Esto nos hará un bien importante para los filtros de aire que necesitaran de menos mantenimiento y reparaciones. También se recomienda que la zona mantenga unas temperaturas lo más bajas posibles y con las mínimas variaciones.

En este caso, el aire es aspirado de una nave techada, donde las variaciones diarias de temperatura, se ven atenuadas frente a las condiciones ambientales exteriores, tal y como lo demuestra la figura 37:

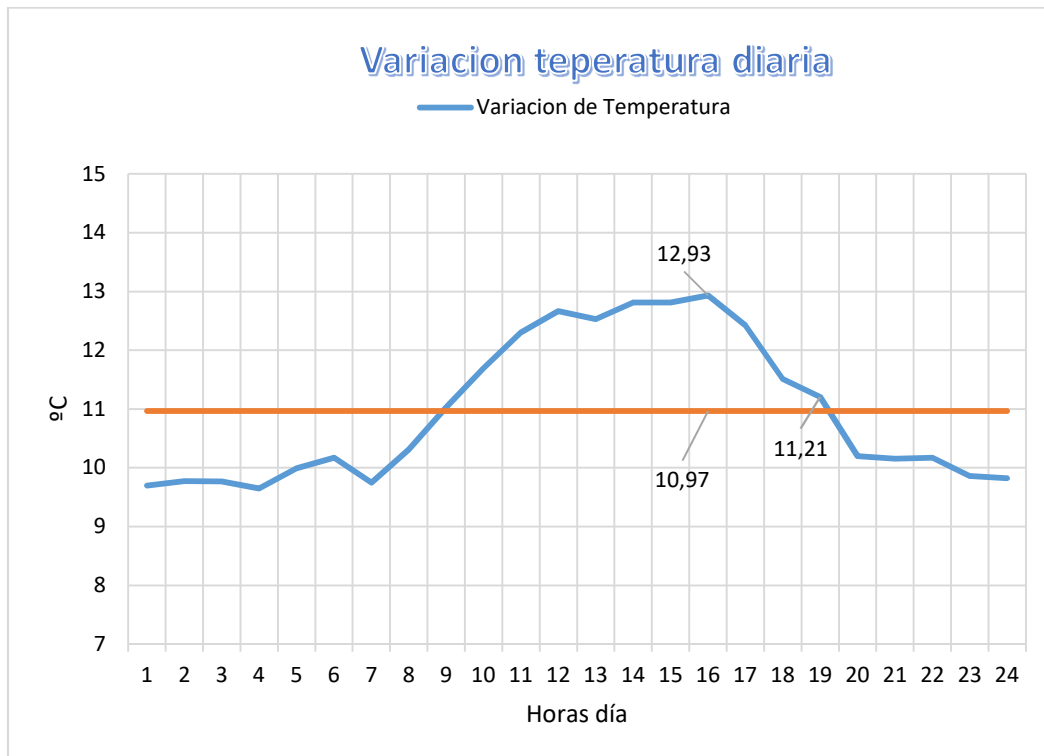


Figura 37. Grafica variación diaria de temperatura

La figura 37, muestra la variación de temperatura existente en un día de enero. Como se puede observar, no existen grandes variaciones y prácticamente, todas las temperaturas están cercanas a la media.

Para el estacionamiento de la planta de cogeneración, es recomendable que la distancia entre el atomizador (receptor de los gases) y la planta de cogeneración sea mínima, con esto evitaremos costes de material de conductos y pérdidas de carga a causa de unas distancias excesivas.

La planta de cogeneración instalada en STN Cerámica, se instaló con estos principios básicos, por ello la turbina se encuentra en el llamado “pasillo central” el cual se encuentra entre la zona de atomizado y la zona de almacenaje llamada “almacén inteligente” tal y como se puede observar en la figura 38.





Figura 38. Vista aérea ubicación turbina

### 9.5 Control y Seguimiento:

Para llevar un correcto control de la turbina, hay instalado un sistema de medición interna, que permite el seguimiento y registro, de los parámetros más significativos de la turbina, tales como:

- Energía Eléctrica Generada (kWh)
- Energía Térmica Recuperada (kWh)
- Gas natural Consumido (Nm<sup>3</sup>)
- Temperatura del aire admisión (°C)

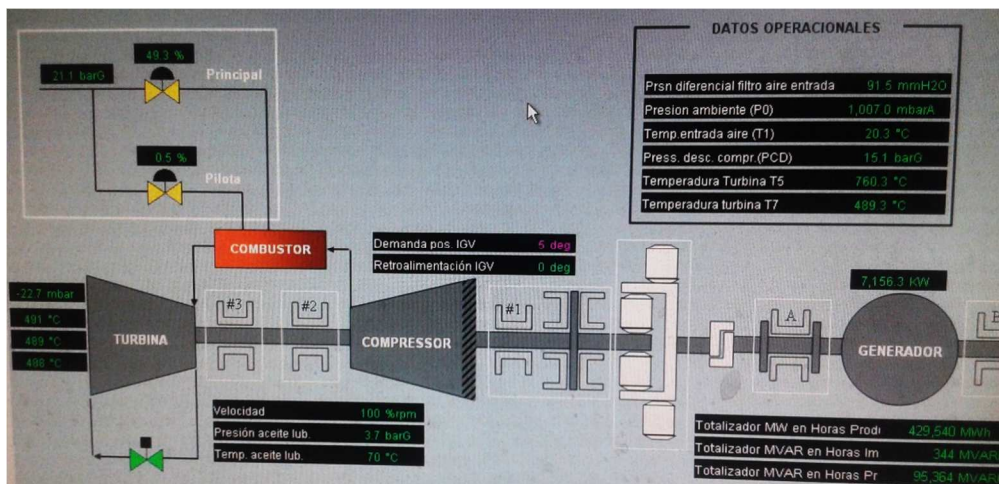


Figura 39. Control turbina

Estos datos facilitan la información suficiente para conocer y llevar un control adecuado de la planta de cogeneración.



## 10 ANALISIS INTERNO AÑO 2015:

Para conocer mejor el modo de trabajo de la turbina, así como, la variabilidad que presenta, se va a realizar un análisis detallado del año 2015, que nos ayudará a conocer mejor, el modo de trabajo de la misma.

Como se ha dicho con anterioridad la planta de cogeneración presenta ciertas diferencias de funcionamiento para ciertos periodos de tiempo. Según las condiciones ambientales existentes, el aire de admisión y por lo tanto la turbina, funciona en un régimen o en otro, penalizando o no la tasa de producción energética.

Por lo general la eficiencia de una instalación de cogeneración esta entre el 75% y el 85%. Si se considera que la eficiencia es del 80%, se hará hincapié a que el 80% de la energía combustible consumida, se ha aprovechado para generar energía, obteniendo unas pérdidas del sistema del 20%.

$$\text{Energía combustible (kWh)} \times 0,80 = \text{Energía generada (kWh)}$$

Puesto que con la energía generada se consiguen generar simultáneamente dos energías, se tiene:

$$\text{Energía combustible (kWh)} \times 0,80 = \text{Energía elec. generada (kWh)} + \text{Energía termica generada(kWh)}$$

Tanto la energía eléctrica como la energía térmica, no vienen producidas en la misma proporción, si no, que del 100% de la energía consumida, aproximadamente el 30% es aprovechada para generar energía eléctrica y el 50% restante es aprovechada para generar energía térmica. La expresión anterior, demuestra, que cuando mayor es la cantidad de energía generada, mayor será la cantidad de energía de aporte, al mismo tiempo, la producción de energía se ve aumentada proporcionalmente de la misma forma para ambas energías generadas, ya que la producción se produce simultáneamente. En ningún momento aumentará la energía eléctrica generada y no la energía térmica.

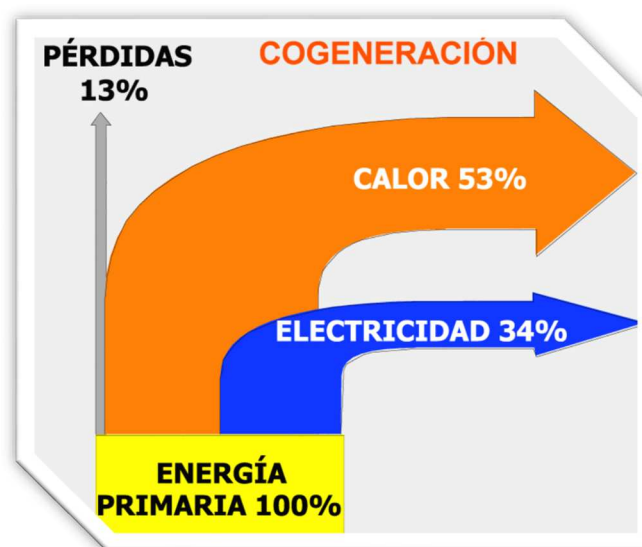


Figura 40. Cogeneración

La producción de energética, no va solo en función de las condiciones del aire de entrada, sino que también va en función de las horas de funcionamiento, es por ello que es de gran interés tener la turbina en funcionamiento la mayor cantidad de horas posibles, siempre y cuando el atomizador esté en funcionamiento.

La figura 41 muestra las horas que ha estado trabajando la planta durante el 2015 lo que ayudará a entender mejor el comportamiento de la instalación de cogeneración en posteriores apartados.

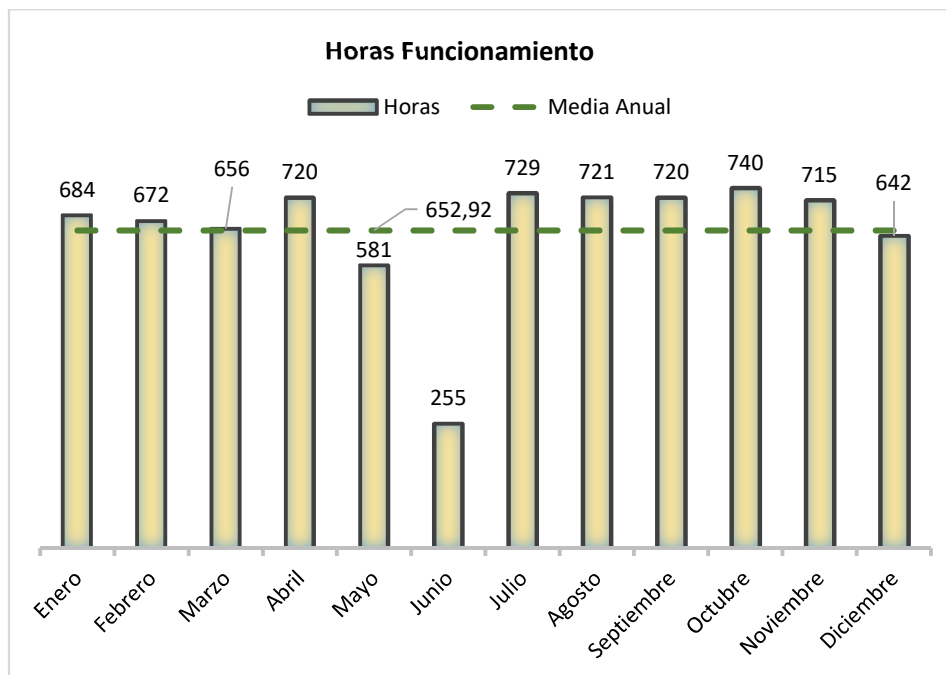


Figura 41. Grafica horas de funcionamiento

La figura 41 muestra la media mensual y todas las horas que ha estado funcionando la instalación de cogeneración. Un mes con 31 días podría llegar a trabajar 744 horas, los meses de 30 días 720 horas y febrero con 28 días, 672 horas, en cambio pocos son los meses que ha trabajado todas las horas del mes.

Según informaciones recibidas por parte del encargado de la turbina en STN Cerámica, el mes de enero y diciembre, los motivos de no alcanzar las horas de funcionamiento máximas, fue debido a paros programados por el paro general del proceso productivo de toda la instalación.

Los meses de mayo y junio se vieron muy afectados por el mantenimiento pertinente en los sistemas de tratamiento del gas natural, como es el compresor y el intercambiador de calor del compresor.

Los meses restantes, el paro fue debido al paro del sistema de atomizado receptor de los gases de escape, ya que no aporta ningún beneficio económico a la empresa tener en funcionamiento la turbina si los gases de escape se emiten al ambiente, debido a que el gasto que se provoca con el consumo de gas natural y los beneficios que se generan por la venta de la energía eléctrica adquieren un carácter similar.

La media de horas de funcionamiento fue 652,92 horas, lo que se traduce en un total de 27,2 días al mes. La peor parte se la llevó el mes de junio con un total de 255 horas que hacen un total de 10,65 días.

En base a las horas de funcionamiento y con el fin hacer un balance energético adecuado de la turbina instalada en STN Cerámica, cabe destacar los siguientes parámetros:

- Energía eléctrica generada (kWh/mes)
- Energía térmica generada (kWh/mes)
- Gas natural consumido (Nm<sup>3</sup>/mes)
- Relación energía generada (kWh/mes) y gas natural consumido (kWh/mes)
- Rendimiento eléctrico (%)
- Rendimiento térmico (%)
- Rendimiento global (%)
- Energía eléctrica generada media por hora cada mes (kWh)
- Energía térmica media generada por hora cada mes (kWh)
- Energía de gas natural media consumida (kWh)

### **10.1 Energía eléctrica generada (kWh/mes):**

El año 2015 se caracterizó por presentar una variabilidad relativamente alta, existiendo una diferencia considerable entre los meses de mayor y menor producción energética. Entre otras cosas, esto sucedió por la poca continuidad en cuanto a funcionamiento, que ha tenido la instalación de cogeneración:

La figura 42, muestra el resumen por meses del año 2015.

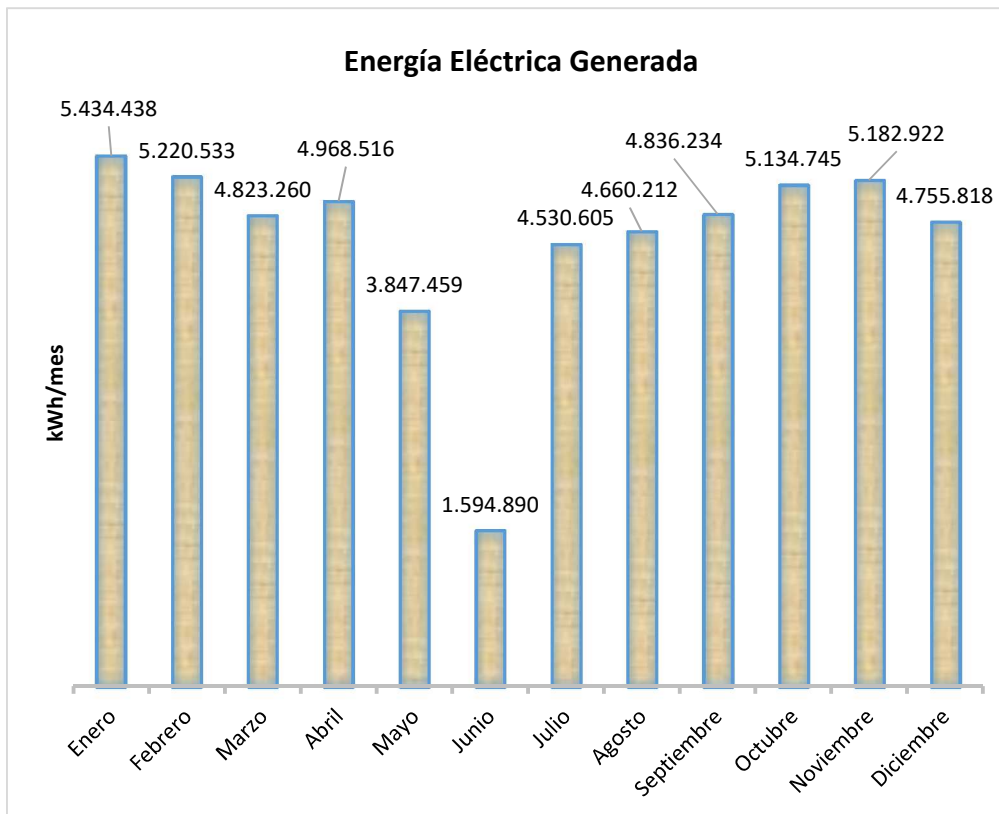


Figura 42. Grafica producción energía eléctrica año 2015

Según el mes, generó una cantidad de energía eléctrica diferente, alcanzando el punto máximo para el mes de enero con un total de 5.434.438 kWh. Por el contrario, el mes de menor tasa productiva, se obtuvo en junio con un total de 1.594.890 kWh. Entre ambos meses existe una diferencia de 3.839.548 kWh. El motivo de esta diferencia de producción energética tan elevada, entre otras cosas, es debido a las pocas horas de funcionamiento que ha obtenido la planta en el mes de Junio.

Como conclusión, y en base a los datos registrados en el año 2015 se generó un total de **54.989.632 kWh**.

### 10.2 Energía térmica generada (kWh/mes):

La energía térmica generada es la cantidad de energía en forma de calor que es aprovechada para el proceso de atomizado, dependiendo de la cantidad de esta y de los requerimientos energéticos del atomizador, obligará o no, a utilizar fuentes de aporte de energía secundaria, como es la recuperación de calor de los hornos o el propio quemador del atomizador.

En la figura 43 se detalla por meses los kWh térmicos generados en el año 2015.

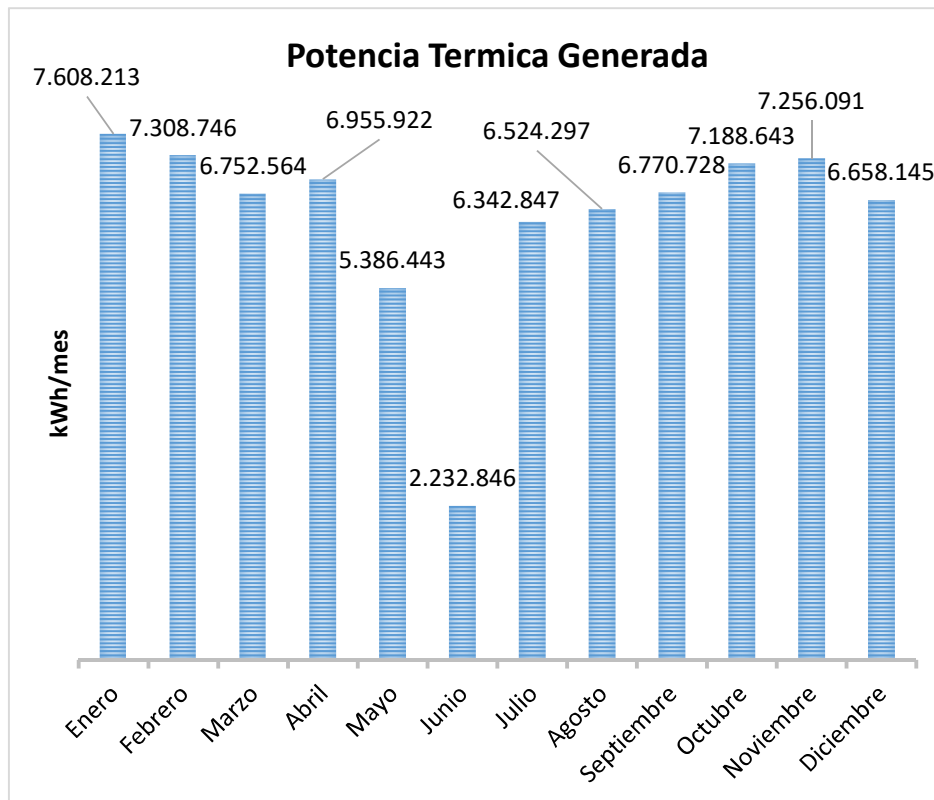


Figura 43. Grafica energía térmica generada año 2015

La producción máxima de energía térmica generada se obtuvo en enero con un total de 7.608.216 kWh. La peor parte se la llevo junio con un total de 2.232.846 kWh.

La variación que presenta la energía térmica se ve directamente relacionada con la variación de la energía eléctrica generada.

En cuanto a energía térmica se obtuvo un total de **76.985.485 kWh/año.**

### 10.3 Energía combustible consumida (kWh/mes)

La energía consumida (gas natural) constituye, en condiciones normales, al principal gasto económico que integra el proceso de cogeneración.

En la figura 44 se observa la variación anual que ha tenido la planta de cogeneración. Como mes de máximo consumo, se tiene enero con 1.520.523 Nm<sup>3</sup> y el mes de menor consumo coincide con el mes de menos horas de funcionamiento con un total de 473.518 Nm<sup>3</sup>.

Como conclusión, y en base a los datos registrados en el año 2015 se obtuvo un consumo de 15.653.840 Nm<sup>3</sup>.

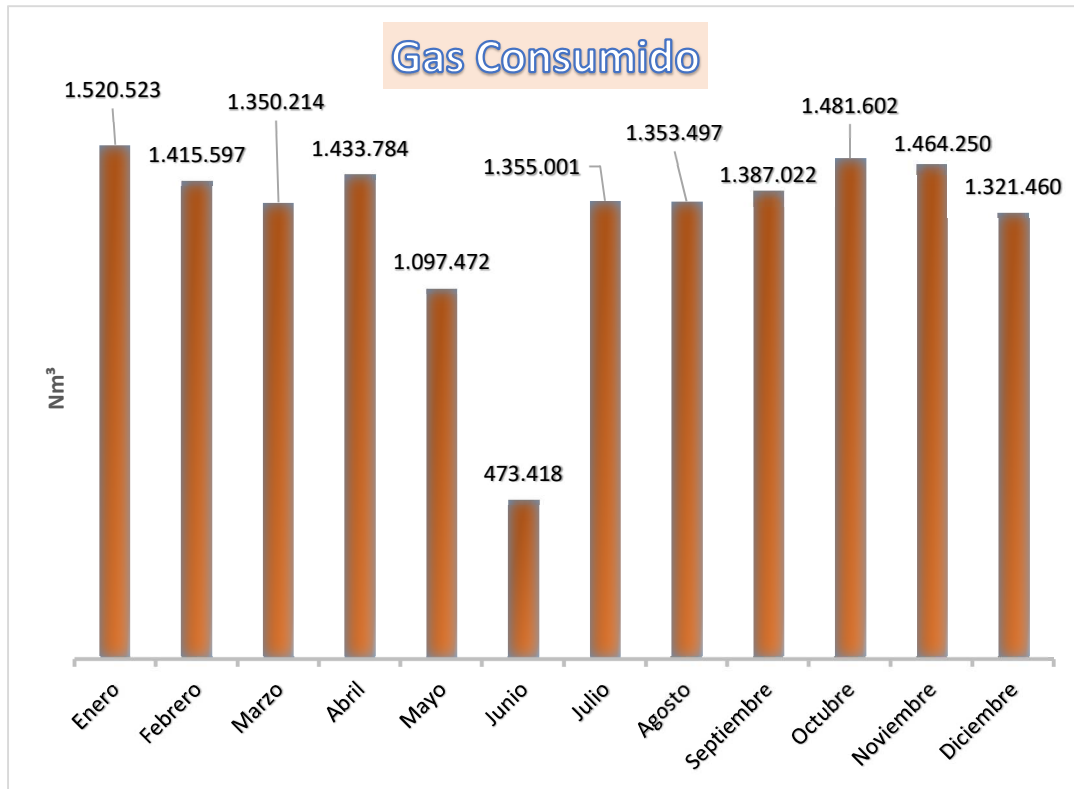


Figura 44. Grafica gas natural consumido año 2015

### 10.4 Energía eléctrica generada y energía combustible consumida:

En este punto, se aprecia la relación directa que tiene la producción de energía eléctrica generada frente a la energía consumida. Para ello en la figura 45 y mediante una gráfica de líneas, están representadas estas dos variables apreciándose de forma más clara que el consumo de energía combustible depende de la cantidad de energía que sea capaz de generar la turbina.

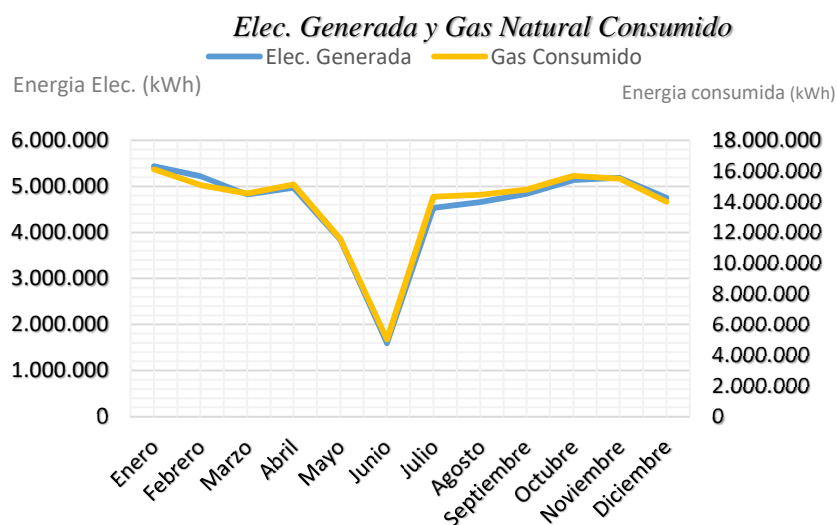


Figura 45. Grafica variación de energía eléctrica generada y de gas consumido año 2015



La figura 45, representa el comportamiento real de la turbina en el 2015, mostrando un comportamiento normal en cuanto a energías generadas y consumidas se refiere, obteniendo un comportamiento similar para ambas líneas y siendo prácticamente paralelas en cada uno de sus puntos, aunque cada una en diferentes proporciones.

### 10.5 Rendimiento Eléctrico:

El rendimiento global eléctrico, es el cociente de la energía eléctrica generada (kWh) y el gas consumido (kWh).

$$Re (\%) = \frac{\text{Energía eléctrica generada (kWh)}}{\text{Energía consumida gas natural (kWh)}} \times 100$$

Tiene una relación directa con el apartado anterior y consigue detallar la cantidad de energía consumida que es empleada o utilizada para generar energía eléctrica.

La figura 46 muestra cómo ha variado durante el año 2015 el rendimiento eléctrico, viéndose más afectados los meses de junio, julio y agosto, que tienen un rendimiento bastante inferior a la media determinada.

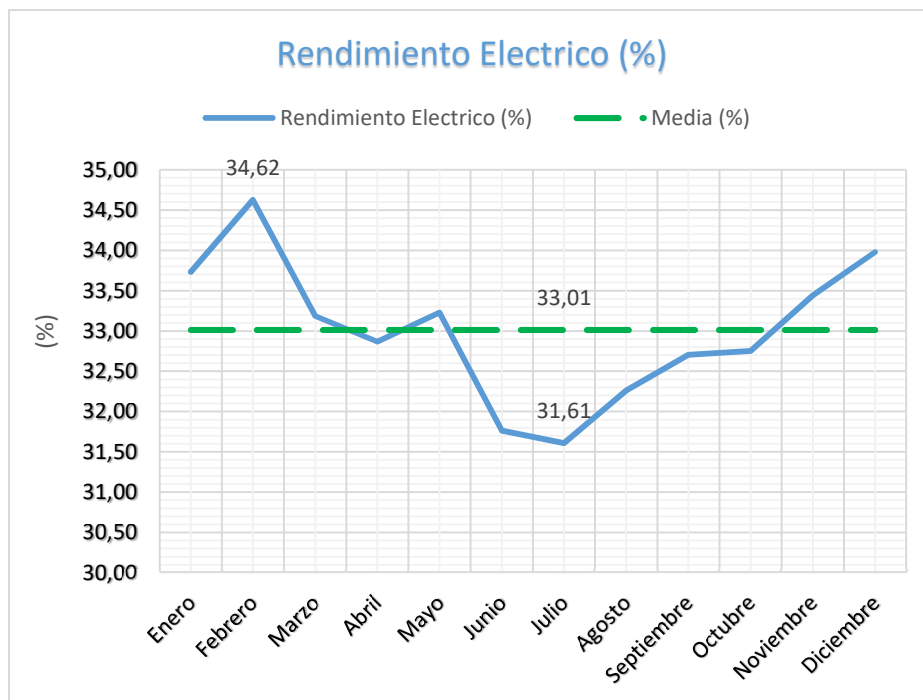


Figura 46. Grafica rendimiento eléctrico año 2015

El hecho de que el rendimiento eléctrico sea menor, indica que ha consumido mayor cantidad de gas de forma proporcionada, que los meses restantes. Este parámetro está totalmente vinculado al HEAT-RATE que ya hacía mención el fabricante, el cual relacionaba directamente con la temperatura de aire de admisión.

Los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre se encuentran con un rendimiento eléctrico relativamente superior. En el año 2015 se ha obtenido un rendimiento eléctrico

medio del 33% el cual no indica ninguna incidencia pero sí que puede considerarse un posible punto de mejora, sobre todo para los meses estivales.

Las figuras representativas de la eficiencia térmica (figura 47) y global (figura 48) durante del 2015 tienen las misma forma que la figura 46 aunque con proporcionalidades diferentes.

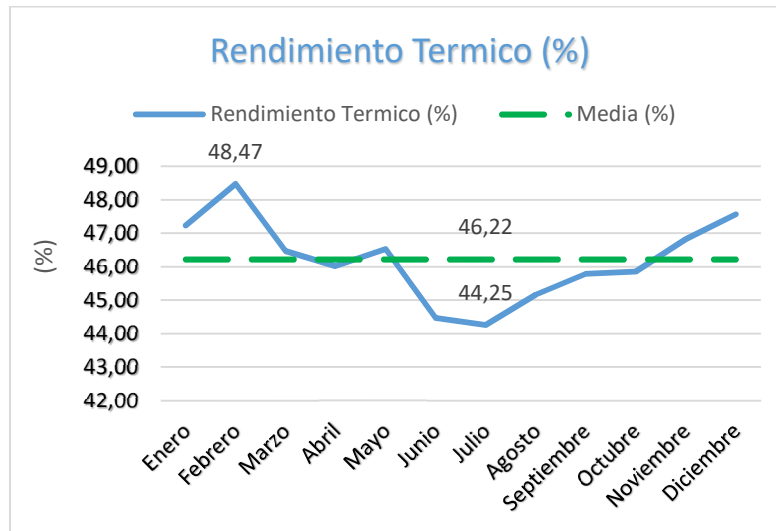
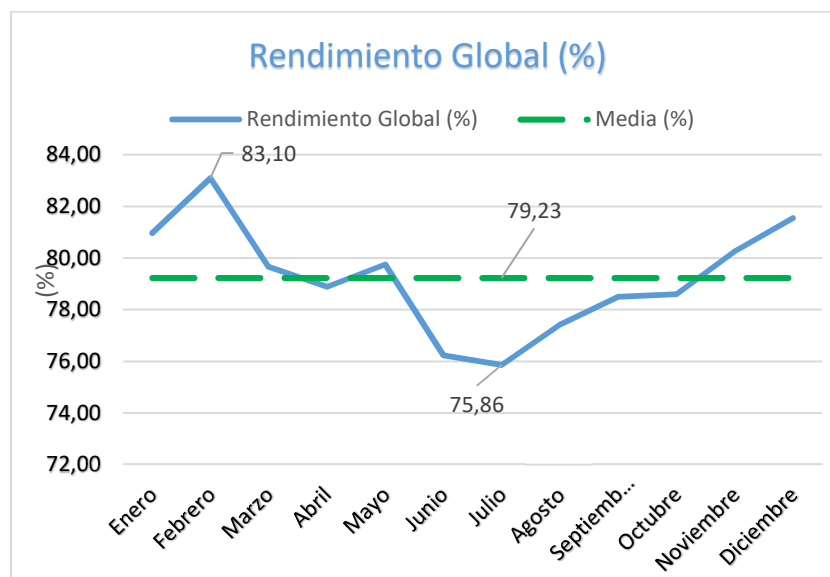


Figura 47. Grafica rendimiento térmico año 2015

En el año 2015 se ha obtenido un rendimiento térmico del 46,22% lo que significa que del 100% de la energía consumida, el 46,22% ha sido aprovechado para generar energía térmica.

De igual forma que para la gráfica anterior este parámetro también se ve reducido en los meses de mayor temperatura ambiente.

Por lo que se refiere a rendimiento global, se ha obtenido un rendimiento medio del 79,23% anual, obteniendo su punto máximo en febrero con un rendimiento del 83,10% y el mínimo en julio con un rendimiento del 75,86%.



Grafica 48. Grafica rendimiento global

### 10.6 Energía eléctrica media por horas:

Los apartados anteriores, dan información de las producciones y consumos obtenidos cada mes, pero resulta difícil compararlos entre ellos por el simple hecho de que cada mes ha estado en funcionamiento un número de horas diferente.

La figura 49, 50 y 51 indican tanto la media de la energía generada y consumida cada mes, así como la media de la energía al año. Esto permite la comparación directa respecto a los diferentes meses del año, observando de forma clara la variación de energía.

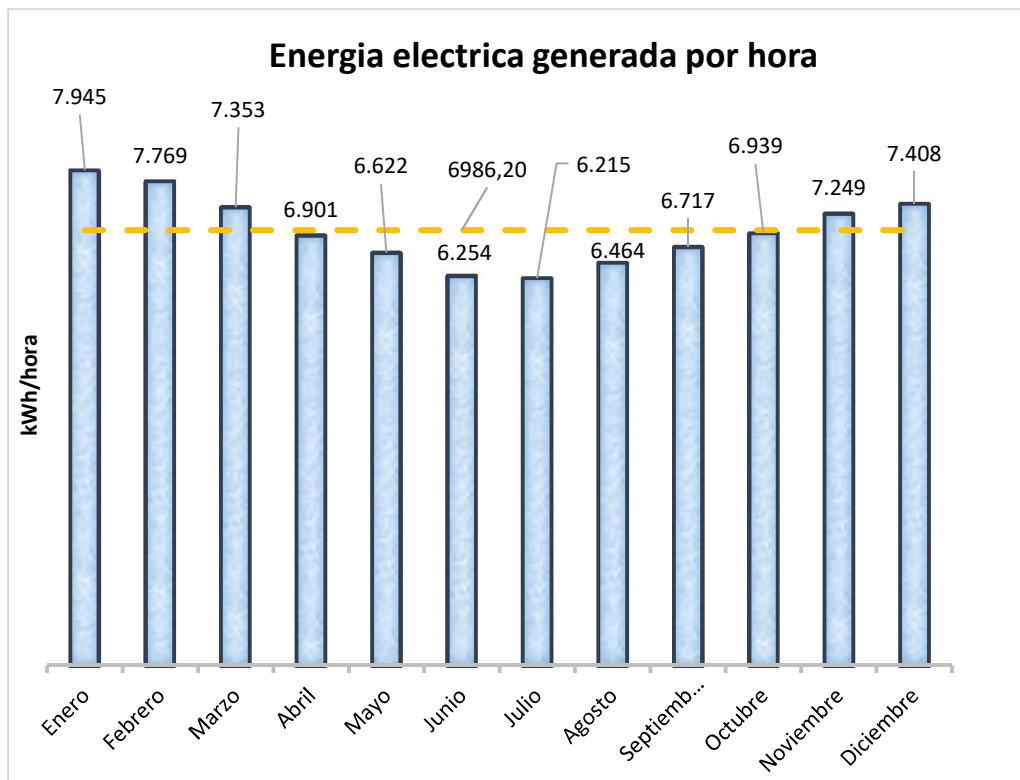


Figura 49. Grafica energía eléctrica media por horas año 2015

En la figura 49 se ve una disminución clara en la parte central del mismo, coincidente con los meses de mayo, junio, julio y agosto. El punto máximo se alcanza en enero con 7945 kWh y el punto mínimo julio con 6215 kWh siendo una diferencia de aproximadamente 1500 kWh. Esta diferencia supone una pérdida energética muy importante que afecta a los beneficios económicos aportados por la venta de la energía eléctrica.

De la misma manera el gas natural consumido y la producción de energía térmica, se ven afectadas de la misma forma siendo inferiores para los meses mencionados.

La figura 50 y 51 verifican lo dicho:

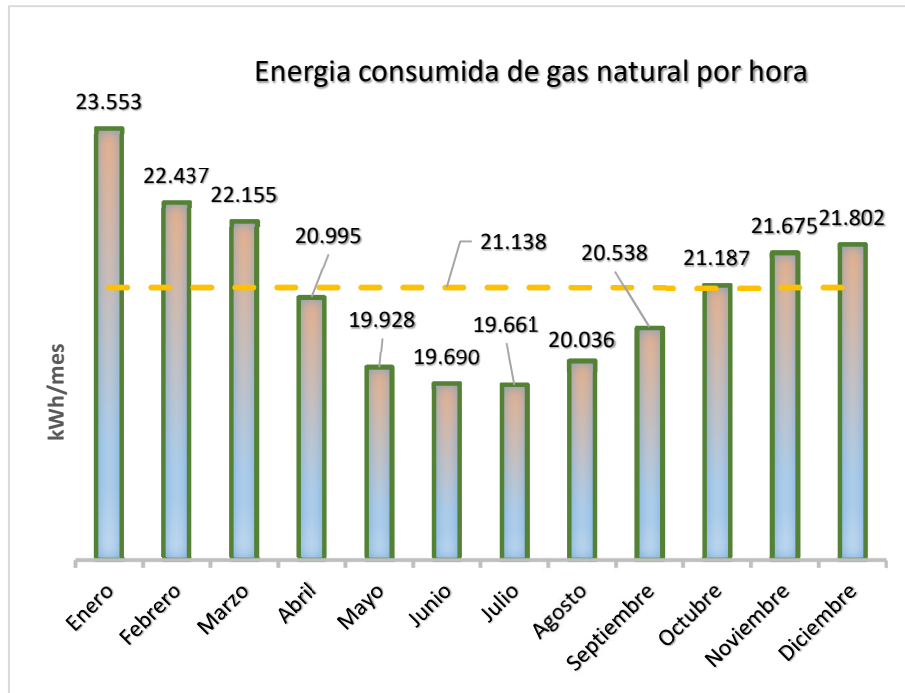


Figura 50. Grafica gas natural consumido por hora año 2015

Los meses mayo, junio, julio y agosto, se ve muy reducido el consumo de gas, estando en rangos relativamente altos por debajo de la media.

De la misma forma la figura 51 muestra la media horaria obtenida cada mes, adquiriendo un comportamiento idéntico a los dos parámetros anteriores y repercutiendo en importantes costes, traducidos en costes de gas natural para llegar a los requerimientos energéticos que demanda el sistema de atomizado.

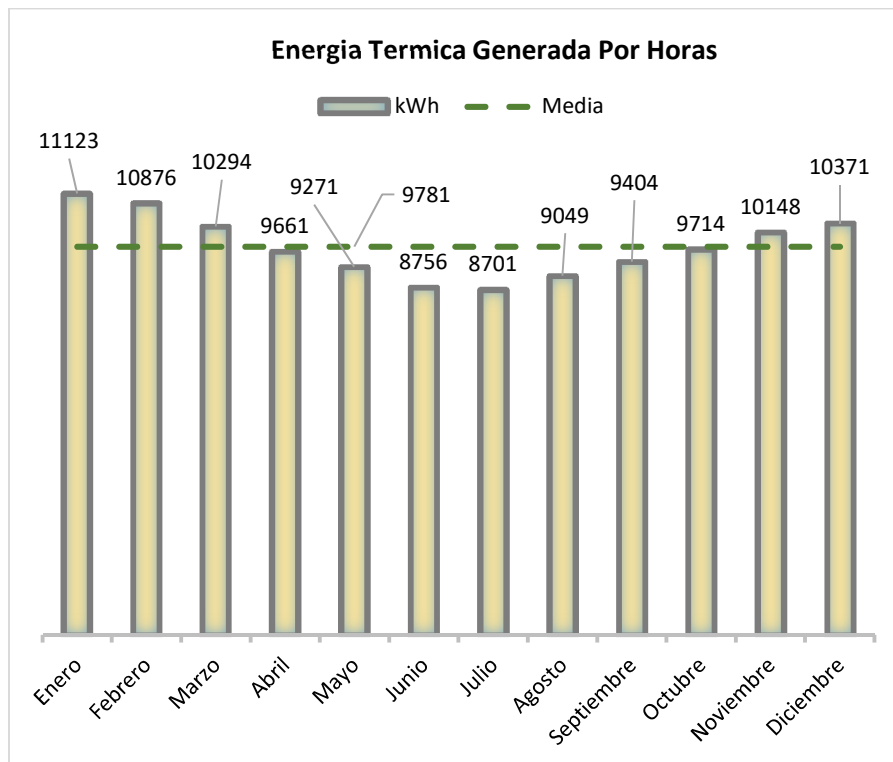


Figura 51. Grafica energía térmica media por horas

Como conclusión del estudio interno del año 2015, se obtuvo una media de 6.986 kWh eléctricos generados, una media de 9781 kWh térmicos generados y un consumo de 21.138 kWh de gas natural.



## 11 PROBLEMÁTICA EXISTENTE:

La planta de cogeneración respira aire del ambiente por lo que su desempeño y funcionamiento cambia con cualquier cosa que afecte el flujo de masa de aire de admisión antes de su paso por el compresor.

El funcionamiento de las turbinas varía significativamente con las condiciones atmosféricas de presión y temperatura del aire de admisión, aunque la presión se puede considerar constante, debido a que la turbina permanece fija en el mismo sitio.

A diferencia de la presión, la temperatura, es distinta para cada día (figura 52) o incluso hora, y afecta un exceso de esta de forma drástica sobre el funcionamiento de la turbina.

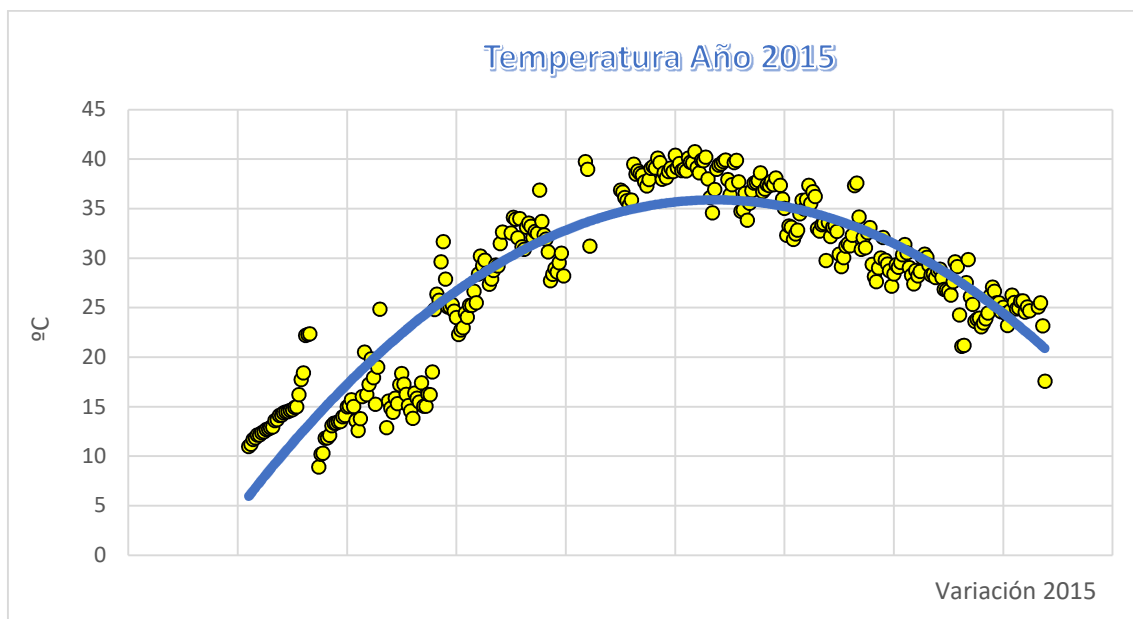


Figura 52. Grafica variación de temperatura año 2015

En el apartado 9.3 de parámetros de funcionamiento de la turbina taurus 70, el fabricante ya hacía especial mención a la temperatura del aire de admisión, vinculando los parámetros de trabajo más significativos al flujo de aire.

En el apartado 10, se ha hecho un análisis detallado del funcionamiento de la turbina en el periodo 2015. Repasando las gráficas, sobre todo las del apartado 10.5, se observa como el decremento de potencia para los meses de mayor temperatura ambiente es notable. Comparando el mes de enero y el mes de junio la media mensual por hora de energía eléctrica generada, se denota una diferencia de 1690.61 kWh generados, si suponemos que los dos meses trabaja las mismas horas, por ejemplo 480 horas (20 días) esto supondría una diferencia de 811.492,8 kWh/mes.

Vista la repercusión e influencia que tiene la temperatura del aire de admisión, en posteriores apartados se van a implantar soluciones estrictas y válidas para el aire de admisión, consiguiendo reducir su temperatura, lo cual repercutirá en un beneficio económico y energético importante para la empresa.





## 12 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO REALES:

La planta de cogeneración, como se ha demostrado en apartados anteriores, tiene un método de funcionamiento concreto según las condiciones ambientales. En el apartado número 9.3 de parámetros de funcionamiento de la turbina, el fabricante determina el funcionamiento de la turbina en unas condiciones ISO de funcionamiento de 15°C y sin considerar pérdidas carga, del mismo modo, los parámetros mostrados en las figuras no tenía en consideración las pérdidas de carga, por lo que se suponía que el funcionamiento era ideal.

La intención y objetivo del presente proyecto es de mejorar la situación actual planteando soluciones válidas y rentables sobre el proceso real de funcionamiento, aportando cantidades energéticas mayores, con la mejor rentabilidad posible, para ello se extraen del registro de datos del año 2015, las rectas de funcionamiento de los principales parámetros a tratar, en función de la temperatura del aire de admisión.

Dicho lo anterior, los parámetros de funcionamiento que se van analizar en función de la temperatura del aire de admisión son:

- Potencia eléctrica generada (kWe)
- Potencia térmica generada (kWt)
- Gas natural consumido (kWg)
- Caudal másico de salida (kg/s)

### 12.1 Energía eléctrica generada (kWh)

En la figura 53 se puede ver la variación real de energía eléctrica por horas en función de la temperatura ambiente. La tendencia es clara hacia “0” a medida que se registra un aumento de temperatura.

La función lineal que representa la energía eléctrica generada es  $y = -61,43x + 8704,2$  en donde “y” representa los kWh generados en función de la temperatura “x” en °C.

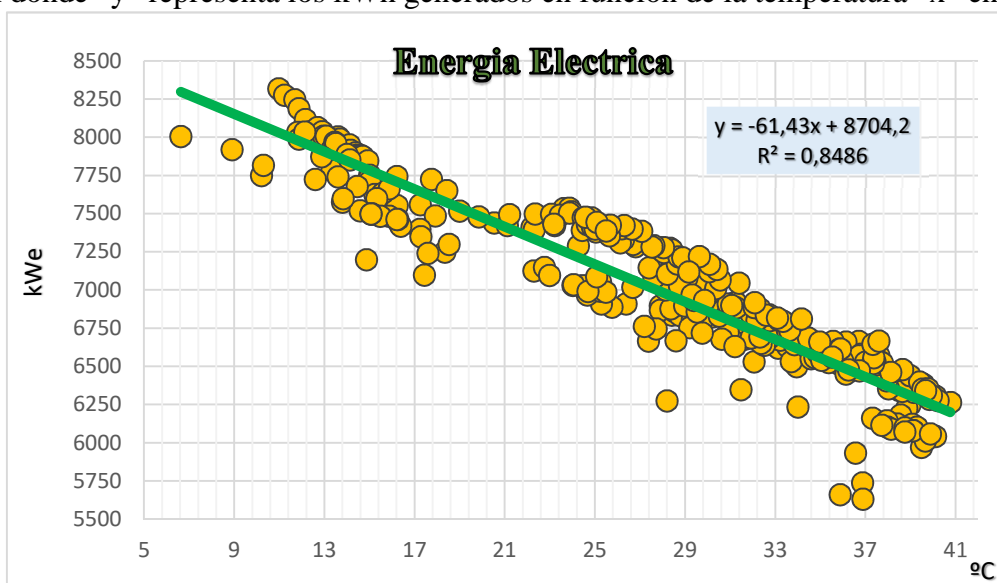


Figura 53. Grafica de tendencia de la energía eléctrica generada por horas

En posteriores apartados se determinaran las temperaturas del aire después de su tratamiento, las cuales se podrán aplicar directamente a la función lineal y obtener directamente las potencias generadas por horas.

### 12.2 Potencia Térmica Generada (kWh):

En la figura 54 se puede ver representada la función lineal en cuanto a energía térmica generada en función de la temperatura, apreciándose de forma clara la influencia directa de la temperatura.

Mediante la utilización de la función representativa, se adquirirán los incrementos de energía térmica una vez planteadas las mejoras:

$$y = -61,513x + 12407$$

Donde  $y$  = energía térmica generada (kWh)     $x$  = temperatura (°C)

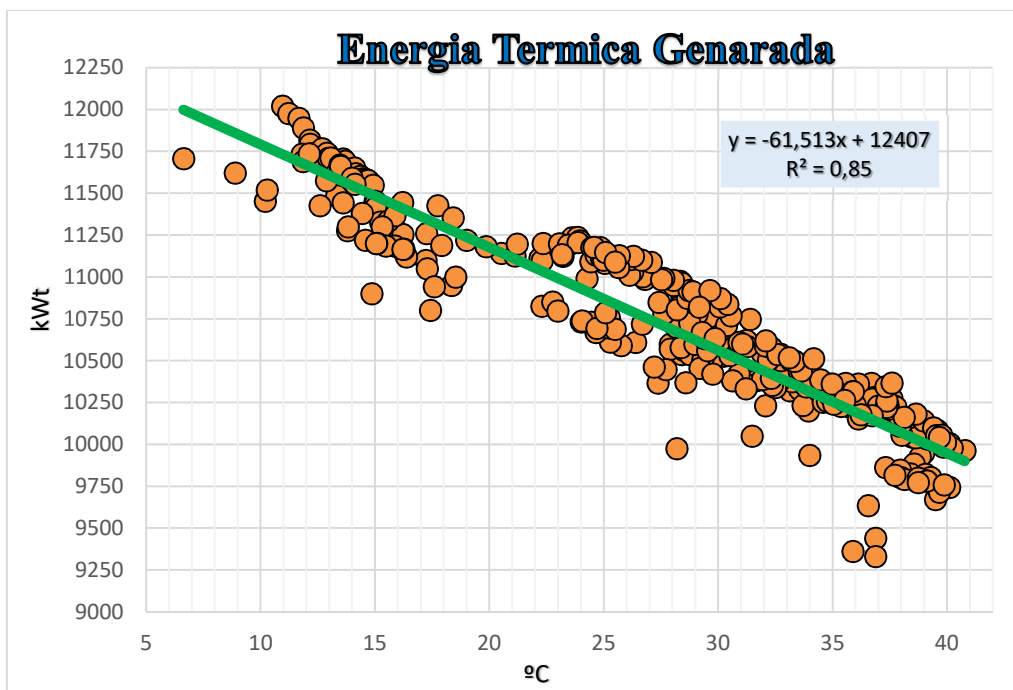


Figura 54. Grafica de tendencia de la energía térmica generada por horas

### 12.3 Energía Consumida (kWh):

Tal y como sucede en la producción energética, el consumo de gas también se ve reducido a partir de un aumento de la temperatura.

La función lineal que representa el consumo de gas en función de la temperatura es:

$$y = -173.65x + 25646$$

Donde  $y$  = energía consumida (kWh) y  $x$  = temperatura (°C)

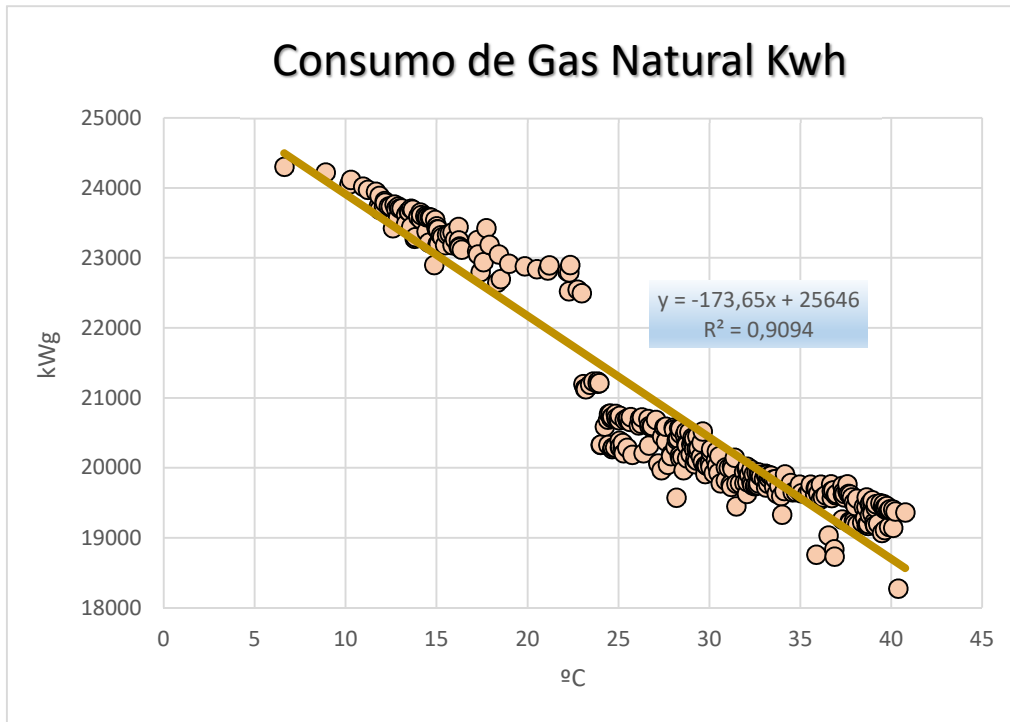


Figura 55. Grafica de tendencia de la energía consumida por horas

#### 12.4 Caudal másico (kg/s):

El caudal másico de los gases de escape hace referencia a la cantidad de calor que se reaprovecha para el proceso de atomizado, siendo la suma del caudal másico de aire de admisión y del gas natural.

$$ms = mentrada + mgas$$

$ms = \text{caudal masico de salida(gases calientes)}$

$me = \text{caudal masico de entrada(aire humedo)}$

$mg = \text{caudal masico de gas natural}$

En la figura 56 se hace notable la tendencia a disminuir cuando se produce un aumento de la temperatura ambiente, debido a que el caudal másico de entrada reduce por un aumento de la temperatura.

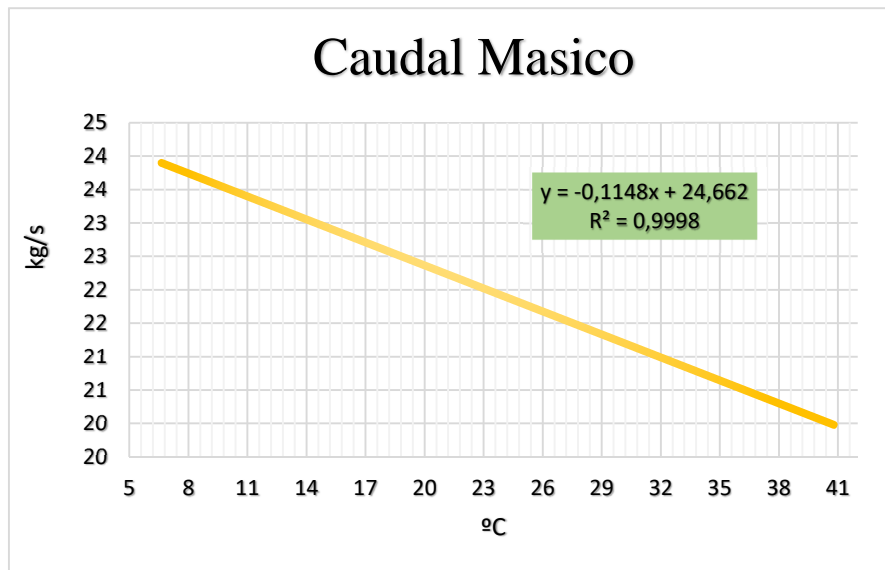


Figura 56. Caudal másico de los gases de escape

### 12.5 Conclusión parámetros de funcionamiento reales:

Para concluir el apartado 12 se van a detallar las funciones que se utilizaran en apartados posteriores una vez planteadas y analizadas las mejoras oportunas:

- Energía eléctrica (kWh)

$$y = -61,43x + 8704,2$$

y = energía eléctrica generada (kWh)    y    x = temperatura (°C)

- Energía térmica (kWh)

$$y = -61,513x + 12407$$

y = energía térmica generada (kWh)    y    x = temperatura (°C)

- Consumo de gas natural (kWh)

$$y = -173.65x + 25646$$

y = energía consumida (kWh)    y    x = temperatura (°C)

Mediante estas funciones ya se podrán determinar todos los parámetros de funcionamiento en función de la temperatura del aire de admisión. En los siguientes apartados, se plantearan y analizarán sistemas de enfriamiento en los que se reducirán las temperaturas del aire de admisión. Una vez realizados los pertinentes cálculos para saber que temperaturas se pueden alcanzar, se analizaran las mejoras utilizando las funciones lineales extraídas del registro de datos.

## 13 POSIBLES SOLUCIONES:

El acondicionamiento de un aire requiere de la modificación de su temperatura y de su humedad, por lo que son necesarias una serie de transformaciones denominadas transformaciones psicométricas.

Cuando se disminuye la temperatura ambiente, la capacidad y eficiencia de las turbinas de gas se incrementan, debido a que esta disminución induce un aumento en la densidad del aire, antes de su paso por el compresor. Este aumento de la densidad, para una velocidad constante del mismo, se traduce en un incremento del flujo másico.

La presión atmosférica también tiene un efecto importante sobre la capacidad de las turbinas de gas y sobre su eficiencia, aunque dada la poca variabilidad de la presión atmosférica (debido a que la máquina no cambia de sitio), el efecto de la presión es despreciable.

Después de comprobar en apartados anteriores la repercusión que tiene la excesiva temperatura del aire de admisión para la turbina, se va a trabajar con el fin de atenuar este exceso de temperaturas, actuando con sistemas de refrigeración del aire, de forma que el sistema de cogeneración se mantenga más estable durante todo el año y sobretodo los meses de mayor temperatura no descienda de una forma tan drástica la producción energética.

Los parámetros que se tendrán en cuenta para seleccionar el tipo de sistema de enfriamiento más conveniente estará basado, en el tipo de turbina que hay instalada, las condiciones climáticas, las horas de operación de la turbina, la relación entre flujo másico y potencia generada y el precio de la energía en el mercado.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se ha optado por los siguientes sistemas de refrigeración:

- a) Sistemas de enfriamiento por evaporación
- b) Sistemas de enfriamiento por generación de frío

### 13.1 Sistemas Evaporativos:

El aire expuesto en el ambiente, no tiene unas propiedades estables y permanentes en todo momento, si no, sufren una cierta variabilidad, según la situación geográfica y la temperatura.

Todos los constituyentes que conforman el aire se mantienen de forma aproximada, en la misma proporción y en estado gaseoso, a partir de una altura sobre la superficie terrestre de aproximadamente 10km, en las que no hay contenido de agua en el aire, debido a las altas temperaturas. Este aire es por tanto aire seco, debido a que no incorpora agua en su conjunto.

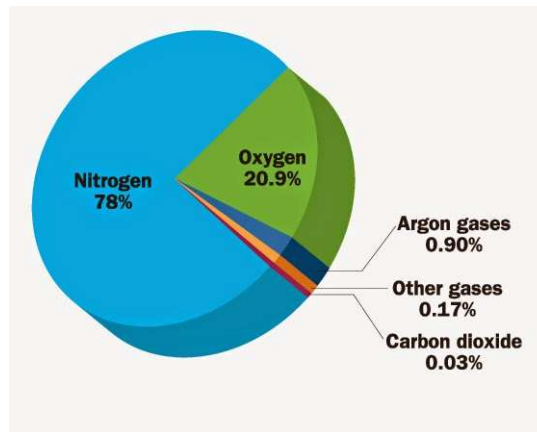


Figura 57. Componentes del aire

A partir de una altura inferior a 10km, y especialmente a nivel de la superficie terrestre, el contenido de vapor de agua en el aire, empieza a aumentar, denominándose a la mezcla de ambos, como aire húmedo. En esta mezcla el aire mantiene su composición y propiedades de aire seco, pero incorpora vapor de agua en su conjunto, denominado humedad.

$$\text{Aire Húmedo} = \text{Aireseco} + \text{Vapor de Agua (H}_2\text{O)}$$

Los equipos de enfriamiento por evaporación, son métodos de enfriamiento que ponen en contacto una corriente de aire con otra de agua, disminuyendo la temperatura del aire aprovechando la energía absorbida por el agua en su proceso de evaporación.

Si ponemos en contacto una corriente de aire con una de agua, dependiendo del estado psicrométrico del aire y de la temperatura del agua, conseguiremos que parte del agua en contacto se evapore y pase a formar parte de la corriente, consiguiendo con este método dos efectos, refrigerar el aire y humidificarlo.

La humedad relativa se puede definir como la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire respecto la fracción molar del vapor de agua.

Para utilizar los métodos evaporativos y que obtengan buenos resultados, es necesario que el aire de admisión tenga una humedad relativa baja ( $HR < 70\%$ ) ya que de ello depende la cantidad de vapor de agua que podrá admitir el aire, alcanzando su punto máximo en una HR del 100% (temperatura bulbo húmedo). La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura de equilibrio entre el calor ganado por radiación-convección con el entorno y el calor necesario para evaporar el agua que pasa de la gota al aire.

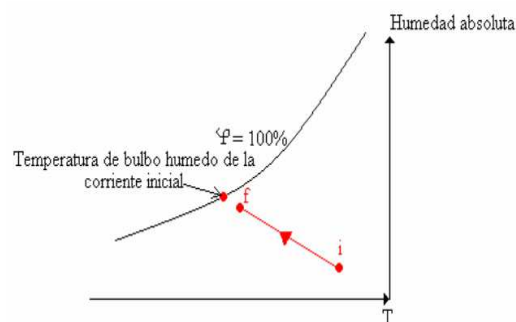


Figura 58. Diagrama psicrométrico

Se pueden encontrar diferentes tipos de instalaciones de enfriamiento evaporativo, pudiendo considerar desde el punto de vista de agua:

- Equipos con recirculación de agua
- Equipos sin recirculación de agua (agua perdida)

Considerando la forma en la que el sistema pone en contacto el agua con el aire, deberíamos considerar dos tipos sistemas:

- Sistema por superficie húmeda
- Sistema fogging

La principal desventaja de los sistemas evaporativos es que la temperatura mínima alcanzable está limitada por el ambiente, ya que al ser un proceso de temperatura de bulbo húmedo constante, cuando la corriente de aire se satura ya no se puede bajar más la temperatura.

La ventaja principal es que son los sistemas de enfriamiento más baratos y los costes de operación se mantienen bajos debidos a simpleza del sistema.

Para conocer la eficiencia de los sistemas de enfriamiento por evaporación, se puede aplicar la siguiente expresión:

$$Eficiencia(\%) = \frac{T_s - T_{s2}}{T_s - T_{bh}} \times 100$$

Los valores para el cálculo de la eficiencia son:

- $T_s$  → temperatura seca del aire ( $T_{ambiente}$ )
- $T_{s2}$  → temperatura salida (temperatura después del enfriamiento)
- $T_{bh}$  → temperatura bulbo húmedo (temperatura mínima alcanzable)

El valor de eficiencia vendrá referenciada según el fabricante, según la temperatura ambiente, la humedad relativa en condiciones iniciales, la temperatura de bulbo húmedo alcanzable y finalmente y mediante la expresión, se calcularía la temperatura real que alcanzará el flujo de aire de admisión antes de su paso por el compresor.

### 13.1.1 Sistema por superficie húmeda con recirculación de agua:

Los sistemas evaporativos por superficie húmeda, están constituidos por una carcasa en cuyas paredes tienen unos paneles de material poroso (figura 59), el cual tiene cierto contenido de agua en su interior.

El aire en condiciones iniciales pasa a través de los paneles porosos empapados, de forma que se evapore cierta cantidad de agua y pase a formar parte de la corriente de aire, consiguiendo una refrigeración y un aumento de humedad antes de su paso por el compresor.

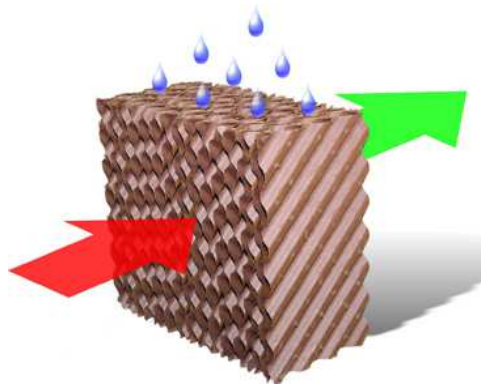


Figura 59. Ejemplo panel poroso

Uno de los materiales más utilizados para la fabricación del panel poroso es la celulosa o la fibra de vidrio.

La base del equipo actúa a modo de balsa de almacenamiento (figura 60) de una pequeña cantidad de agua que recircula constantemente por el interior del panel poroso, mediante una bomba que la impulsa a baja presión. Toda el agua que no ha sido evaporada, es depositada en la balsa, para empezar un nuevo ciclo.

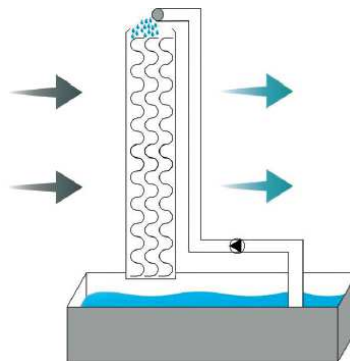


Figura 60. Balsa de agua

Toda el agua evaporada es agua consumida, la cual se tiene que reponer en la balsa, esto es posible gracias a un sistema de boya que permite el control de la cantidad de agua existente.

Para llevar a cabo este método es necesario disponer de eliminadores de gotas de agua ya que éstas pueden ser llevadas por la corriente de aire y provocar daños en los álabes del compresor.



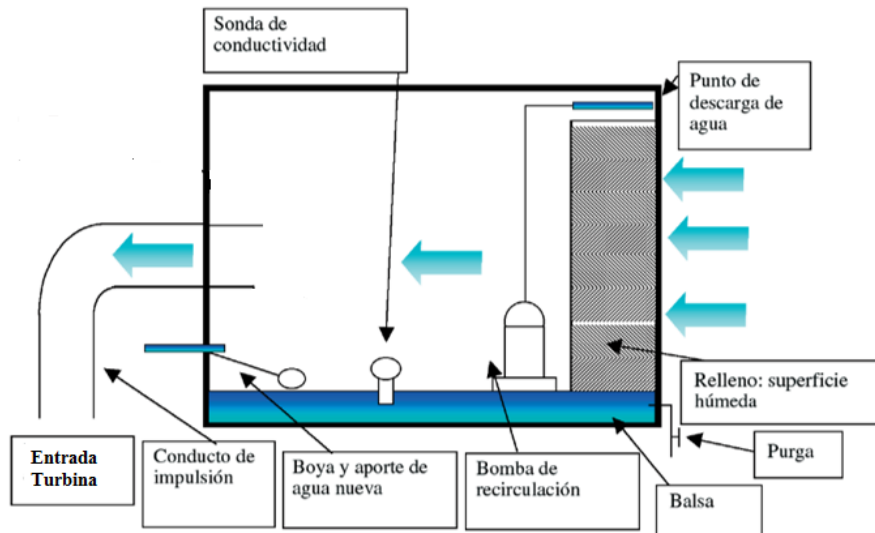


Figura 61. Conjunto sistema superficie húmeda

La figura 61 muestra el conjunto de elementos que forma un sistema de enfriamiento evaporativo por superficie húmeda el cual sigue el siguiente proceso:

Las tres flechas de la parte derecha de la imagen simulan el aire de admisión y por lo tanto aire a enfriar. Este aire pasa a través del relleno o panel poroso, el cual contiene agua en su interior. Esta agua ha sido depositada desde el punto de descarga y a través la bomba.

El contenido en agua que no se ha evaporado con el aire, es vertido de nuevo a la balsa, para ser recirculado al sistema.

El conjunto incorpora un sistema de boya encargado de tener en todo momento el control de la cantidad de agua, además de una sonda de temperatura y conductividad, exigiendo niveles bajos para evitar corrosión y obstrucción en el punto de descarga.

Por último, el aire ya frío, circula por el conducto de aspiración hasta su paso por el compresor. Con este sistema se consiguen temperaturas cercanas a las de bulbo húmedo, siendo la eficiencia del sistema del orden del 85% o 95%.

Ventajas sistema de enfriamiento por superficie húmeda:

- Bajo coste económico del equipo debido a su simplicidad
- Bajo coste energético
- Rápido montaje e instalación
- Necesita de personal poco capacitado para su control

Desventajas del sistema de enfriamiento por superficie húmeda:

- Temperatura de enfriamiento del aire se ve limitada a la temperatura de bulbo húmedo.
- Consumo de agua relativamente alto, debido a la evaporación.
- Pérdidas de carga altas, tras su paso por el panel poroso.

- Frecuencia alta de mantenimiento, para limpiar o cambiar los paneles porosos.
- Necesita de agua desmineralizada para evitar corrosión en el punto de descarga.

En la práctica, el valor de la eficiencia este valor oscila entre el 90 y 95 % siempre y cuando la temperatura alcanzada no esté por debajo de 7 °C en la entrada del compresor, ya que debido a la alta velocidad de entrada en el mismo la presión estática cae y se puede producir hielo a la entrada del compresor que puede tener un efecto destructivo sobre los álabes.

### 13.1.2 Sistema de enfriamiento fogging:

El método de enfriamiento por evaporación fogging, consiste en la adición de agua en forma de microgotas, al flujo de aire antes de su paso por el compresor, de forma que estas se evaporen rápidamente, pasando a formar parte de la corriente de aire y consiguiendo una disminución de la temperatura y un aumento de la humedad.

Por lo general se suele crear una neblina de agua de forma que las gotas no precipiten y el aire de baja humedad relativa, sea capaz de incorporar, produciendo un efecto de refrigeración y humectación en el aire.

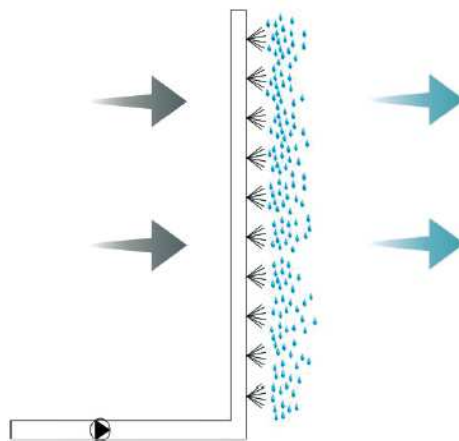


Figura 62. Neblina método fogging

Anteriormente esta tecnología estaba más en desuso debido a que muchas gotas de agua penetraban en el compresor provocando erosión y caídas de rendimiento en el compresor. Actualmente se ha convertido en el método más utilizado para el enfriamiento del aire de admisión de turbinas, debido a que los compresores tienen álabes con una aerodinámica muy avanzada.

El agua previamente desmineralizada es inyectada a presión, gracias a las bombas de ultra presión que incorpora el sistema, y mediante unas toberas especialmente preparadas, llamadas nebulizadores. Los nebulizadores son los encargados de inyectar el agua en forma de spray, las cuales se evaporan rápidamente con el aire.

La importancia que adquiere que sea agua desmineralizada es la de evitar la obstrucción de minerales en los nebulizadores, así como facilitar la evaporación del agua.

El tamaño de las gotas es menor a 40 micras y como media se encuentran gotas entorno a las 20 micras. El diseño de los nebulizadores es muy importante para una apropiada operación del sistema.



*Figura 63. Nebulizador*

Los nebulizadores deben estar distribuidos uniformemente en el interior del conducto de aire, consiguiendo que todo el caudal de aire este en contacto con las microgotas de agua y de esa manera conseguir una evaporación completa.



*Figura 64. Parrilla de nebulización*

La ventaja principal de este sistema es que el caudal de inyección está controlado mediante un software, el cual efectúa una medición de la temperatura y humedad relativa del aire de admisión en condiciones iniciales, procesando el cálculo de la temperatura de bulbo húmedo, de forma que en todo momento sea conocido el déficit de saturación del aire y por tanto la cantidad de agua a inyectar.

El cálculo determinará la presión de inyección de las bombas, de manera que se consiga una temperatura del aire de entrada al compresor, muy cercana a la de bulbo húmedo, siendo lo normal unas eficiencias del orden de 90% y 98%. A medida que el aire se va saturando, la evaporación lleva más tiempo.

El aire se mantiene un unos valores de humedad relativa aproximados a saturación y de esta forma evita que el aire se sobresature, lo cual formaría gotas en suspensión, que podrían ser aspiradas por el compresor, causando daños importantes a los álabes del

mismo. El sistema de bombas permite minimizar la sobresaturación del aire gracias a la propulsión de agua en diferentes cantidades para cada una de las bombas.

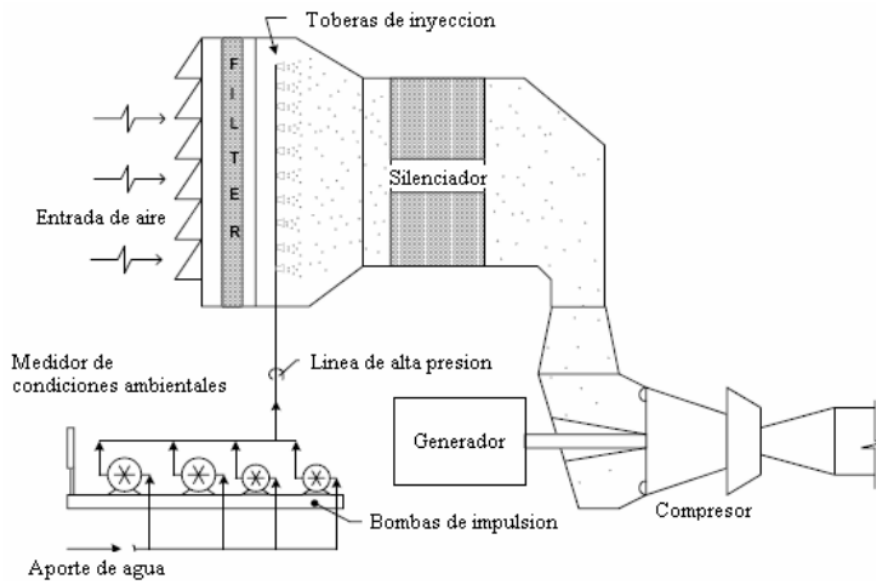


Figura 65. Conjunto sistema fogging

La necesidad de disponer de sistemas eliminadores de gotas dependerá de la posición que en la que se instalen los nebulizadores, solo siendo necesarias en el caso en que se instalen antes de los filtros del aire.

El agua tiene un carácter importante para este sistema de acondicionamiento del aire, necesitando de agua desmineralizada, de forma que los minerales no se acumulen en los nebulizadores, provocando corrosión y desgaste.

Ventajas sistema de enfriamiento fogging:

- Bajo coste económico del equipo
- Bajo coste energético ya que solo tiene que accionar tres bombas de alta presión
- Aumenta el rendimiento de la turbina
- Montaje e instalación rápido y sencillo
- Perdidas de carga prácticamente despreciables
- Suele conseguir mejor rendimiento que el sistema por superficie húmeda

Desventaja sistema de enfriamiento fogging:

- Temperatura de enfriamiento limitada a la de bulbo húmedo
- Consumo energético superior al sistema de enfriamiento por superficie húmeda
- Necesita de una planta de tratamiento de agua para su desmineralización

La principal desventaja frente al sistema anterior es que tiene un mayor consumo energético a causa de que las bombas no son de recirculación si no, de alta presión.

El mantenimiento es menos riguroso que en el sistema por superficie húmeda debido a la larga vida útil que tienen los nebulizadores.

### 13.2 Sistemas de generación de frío:

Los sistemas de enfriamiento por generación de frío, son sistemas que consiguen el enfriamiento del aire de admisión, a partir del intercambio de calor en un evaporador de tubos de flujo cruzado. Este intercambiador está colocado después de los filtros del aire de la turbina, de forma que cuando el aire lo atraviese, intercambie calor con el refrigerante que circula en su interior a una menor temperatura, cediendo calor y por lo tanto reduciendo la temperatura.



Figura 66. Intercambiador de tubos aleteados

Este intercambiador nombrado evaporador, está posicionado después de los filtros del aire, provocando un proceso de enfriamiento sensible, si el aire no llega a saturarse, o sensible y latente si el aire está saturado, con posterior pérdida de agua por condensación.

El calor sensible se puede definir como la potencia encargada de alterar la temperatura seca del aire seco y del vapor de agua contenido en el aire. El calor latente es la potencia asociada a la modificación del contenido de vapor de agua en el aire húmedo.

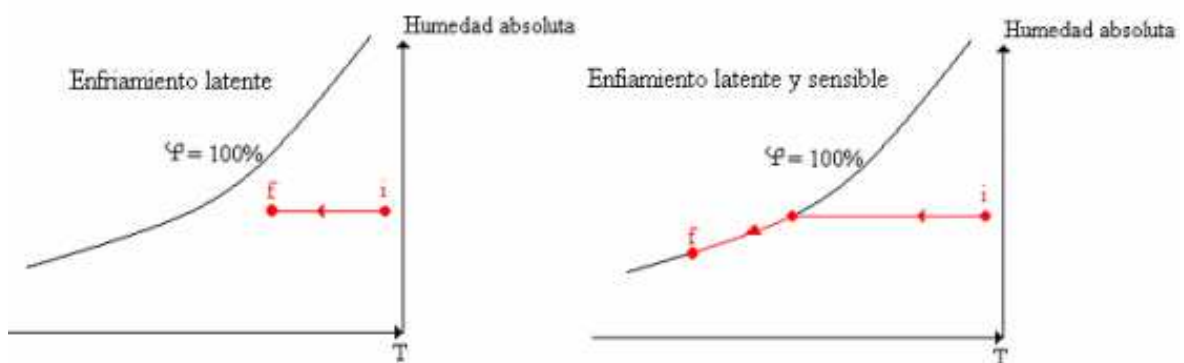


Figura 67. Enfriamiento latente y sensible

Si se alcanza la temperatura de saturación, siempre llegara al punto de rocío, lo que no se podrá alcanzar (salvo superficie infinita) es la temperatura del refrigerante circulante por el evaporador, por ineficiencia de la misma.

La diferencia principal de los sistemas de generación de frío respecto a los evaporativos, es que no ven limitada su temperatura de enfriamiento a la temperatura de bulbo húmedo, por lo tanto pueden dar lugar a temperaturas mucho más bajas.

Para los sistemas de generación de frío se van a estudiar los dos métodos más utilizados:

- a) Refrigeración por compresión
- b) Refrigeración por absorción

### 13.2.1 Refrigeración por compresión

El sistema consiste en unos intercambiadores (generalmente una batería de tubos aleteados) que se colocan a la salida de los filtros del aire, para que el aire ambiente los atraviese y entre al compresor con una menor temperatura y por tanto con un mayor flujo másico.

El proceso de enfriamiento por compresión consistente en un circuito cerrado, en el que se somete un refrigerante a sucesivas situaciones de cambios de estado, mediante compresión y expansión, transmitiendo y absorbiendo el calor producido con el ambiente y el aire a refrigerar.

Las cuatro fases que conforman el circuito frigorífico son:

- 1- Condensación
- 2- Expansión
- 3- Evaporación
- 4- Compresión

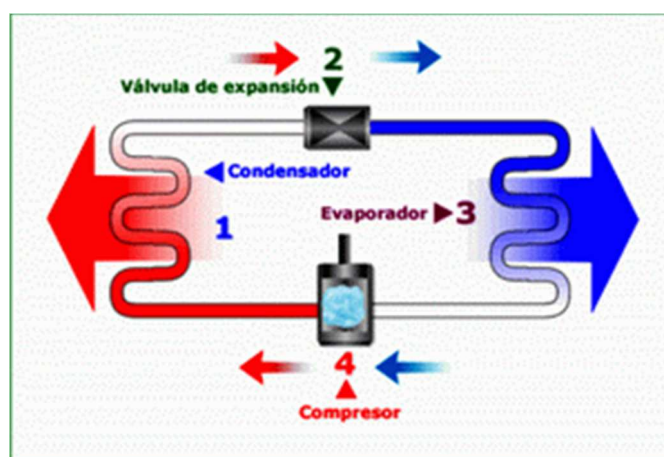


Figura 68. Proceso enfriamiento por compresión

El refrigerante en estado gaseoso, es comprimido a alta presión elevando su temperatura. Después el refrigerante es dirigido a un intercambiador de calor denominado condensador

para que ceda su energía a otro fluido como el que pueda ser el aire, provocando un cambio de estado del refrigerante, pasando a ser líquido a alta presión y temperatura.

El refrigerante a una temperatura elevada se fuerza a pasar a través de un dispositivo denominado válvula de expansión en el que deja parte de la energía que contiene, debido a una disminución drástica de la presión, la cual provoca en el refrigerante una reducción de la temperatura antes de su paso por el evaporador.

El evaporador es el intercambiador posicionado en la entrada de la turbina y encargado de acondicionar el flujo de aire, debido al salto de temperatura existente entre el aire a enfriar y la temperatura del refrigerante. A la temperatura del refrigerante se le denominada temperatura de la batería o temperatura de evaporación.

Este sucesivo cambio de presiones, a las que el refrigerante se encuentra, origina la evaporación parcial del refrigerante, que toma el calor latente de cambio de estado, enfriando hasta la temperatura de saturación.

Este sistema permite alcanzar temperaturas menores que los sistemas evaporativos aunque como se ha dicho con anterioridad, la temperatura del aire en ningún momento debe de ser menor de 7°C, ya que a una velocidad tan alta del flujo de aire a la entrada del compresor, produciría una caída de presión estática de la corriente y esto puede producir condensación del agua y seguidamente una congelación de la misma, lo cual puede suponer desastroso para los álabes del compresor.

El ciclo de refrigeración surge del modelo ideal de ciclo de Carnot inverso. La eficiencia con la que el ciclo de refrigeración produce frío es conocida por coefficient of performance (COP) o coeficiente de eficiencia energética (CEE):

$$COP = \frac{Q_{extraido}}{W_{aportado}}$$

$Q_{extraido}$  = potencia frigorífica (kWh)

$W_{aportado}$  = potencia consumida por el compresor (kWh)

El término de COP en acondicionamiento de aire, es sinónimo de eficiencia energética y se define como la relación entre la cantidad de refrigeración obtenida y la cantidad de energía que se requiere aportar para conseguir esta refrigeración.

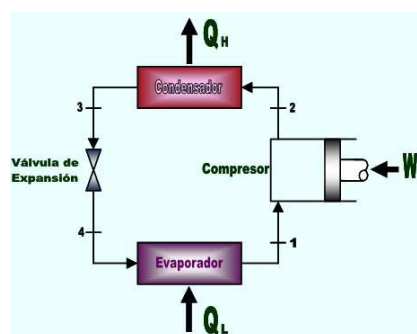


Figura 69. Partes del sistema de enfriamiento por compresión

Ventajas sistema de enfriamiento por compresión:

- Mayor reducción de la temperatura del aire
- Consigue buenos rendimientos

Desventajas sistema de enfriamiento por compresión:

- Coste económico del equipo muy alto
- Coste de mantenimiento alto
- Personal adaptado para su control
- Coste energético alto ya tiene que accionar el compresor o compresores
- Tiempos de instalación relativamente altos

**13.2.2 Ciclo de enfriamiento por absorción**

Los ciclos de absorción se basan en la capacidad que tienen algunas sustancias para absorber en fase líquida vapores de otras sustancias. En el método de refrigeración por absorción, el compresor mecánico utilizado en el método de compresión, es sustituido por un compresor químico o térmico, sustituyendo de esta forma, demanda eléctrica por demanda de energía térmica en forma de calor.

El refrigerante en forma de vapor y de baja presión procedente del evaporador, no es comprimido por un compresor mecánico, sino que es absorbido por una solución diluida en el absorbedor. Al igual que para el sistema de enfriamiento por compresión, una planta de este tipo está formada principalmente por intercambiadores de calor.

Los dos soluciones disueltas más usadas son la combinación de agua-bromuro de litio, para obtener refrigeración a temperatura de hasta 6°C y el amoníaco-agua que es capaz de obtener temperaturas negativas por debajo de -60°C.

El vapor procedente del evaporador, es dirigido al absorbedor en donde se encuentra la solución disuelta, la cual se mezcla con los vapores y es dirigida al generador.

La solución diluida se bombea hasta el generador, donde se aporta calor para volver a separar el refrigerante de la solución, y redireccionar el refrigerante al condensador.

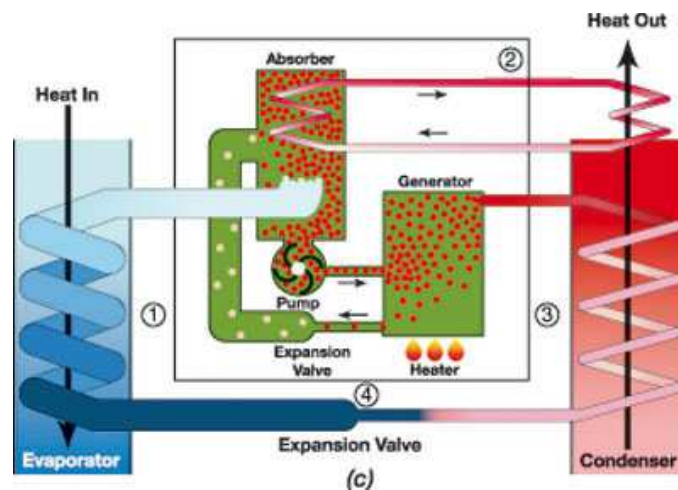


Figura 70. Esquema enfriamiento por absorción



Después de su paso por el condensador, el refrigerante ya en fase líquida y a una elevada temperatura se hace pasar por la válvula de expansión de forma que su presión baje rápidamente, produciendo una disminución de temperatura en el refrigerante.

El refrigerante en una temperatura de aproximadamente entre 0 y 5 °C, se hace pasar por el evaporador en donde es puesto en contacto con el aire a enfriar. El calor producido por en el condensador y en el absorbedor es disipado por torres de refrigeración.

El principal atractivo de estos equipos es su capacidad para aprovechar el calor residual de otros procesos industriales, utilizando el calor de los gases de escape para proporcionar la energía térmica necesaria en el generador.

#### Ventajas de los sistemas por absorción:

- Consigue reducir en más medida la temperatura del aire de admisión que los sistemas evaporativos, ya que no depende de la temperatura de bulbo húmedo
- Requiere de una baja carga eléctrica ya que se acciona con energía térmica residual
- Coste de funcionamiento reducido.

#### Desventajas de los sistemas por absorción:

- Alto coste económico del equipo
- Coste de mantenimiento elevado en comparación de los métodos evaporativos
- Tiempos de instalación relativamente altos
- Necesita de la instalación de una torre de refrigeración
- La manutención y control de la instalación de absorción, requiere de personal preparado
- Temperaturas de accionamiento del equipo relativamente altas



## 14 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN:

Para poder elegir una solución válida y precisa, primero hay que estudiar los requisitos y necesidades que tiene la turbina, así como el alcance que tienen las mejoras planteadas. Para ello se analizará con detenimiento cada uno de los sistemas propuestos con el fin de proporcionar a la turbina un acondicionamiento del aire adecuado, mediante el cual la tasa de producción energética se vea aumentada.

### -Sistemas evaporativos:

En apartados anteriores se ha mencionado que el aire del ambiente no es únicamente aire seco, sino que contiene una cierta cantidad de vapor de agua, el cual varía según la zona geográfica, la presión y la temperatura. El rango de humedades medias al día en %, oscila entre [57-69] % en la zona geográfica de Nules, es por ello que se ha visto oportuno plantear la posibilidad de instalar sistemas de enfriamiento del aire por evaporación.

Los sistemas evaporativos, están basados en un aporte de vapor de agua al aire de admisión. El grado de humedad que aporte va a depender de la humedad relativa del aire en condiciones iniciales, de la eficiencia del equipo evaporativo que instalemos, así como de la temperatura, alcanzando el máximo con un 100% de humedad relativa (tbh).

### -Sistemas de generación de frío:

Para los sistemas de generación de frío, la humedad relativa inicial no aporta limitaciones de enfriamiento, aunque sí que influye en las presiones parciales del aire modificando sus propiedades, especialmente la entalpía y el caudal másico. Dependiendo del estado psicrométrico del aire antes y después del proceso de enfriamiento, la potencia a intercambiar deberá de aportarse en mayor o menor cantidad.

Antes de empezar a realizar los cálculos pertinentes, hay que conocer las características y parámetros necesarios para la elección del equipo de enfriamiento. Es por ello que hay que recurrir a los proveedores para que faciliten información y te detallen que parámetros hay que calcular para la correcta elección del equipo.

### 14.1 Superficie húmeda:

Después de buscar información sobre sistemas evaporativos por superficie húmeda, la empresa planteada para acondicionamiento del aire de admisión, es Munters. Munters es una empresa dedicada a la fabricación, confección y montaje de los sistemas por superficie húmeda, teniendo una gran experiencia en este tipo de instalaciones.

La empresa Munters indica de su equipo de enfriamiento los siguientes beneficios:

- Mayor potencia de salida
- Mejor protección del medioambiente
- Mayor duración de la turbina de gas
- Menores costes de funcionamiento y mantenimiento de los filtros de aire
- Capacidad de filtrado

- Control del ruido
- Baja caída de presión
- Eficiencia del 90%

La figura 71 muestra la parte exterior del sistema de enfriamiento por superficie húmeda de Munters. En él se puede apreciar los paneles porosos, así como los conductos de aspiración de una turbina.



*Figura 71. Sistema de enfriamiento por superficie húmeda de Munters*

Los paneles que se observan en la figura 71 incorporan un sistema de eliminación de gotas ya que un exceso de adición de agua, podría sobresaturar el aire, arrastrando este consigo, partículas que podrían causar graves problemas para los álabes de la turbina.

Del mismo modo el panel contiene uniformemente agua en su interior para que se evapore la mayor cantidad posible y pase a formar parte de la corriente de aire.

Como se puede ver en la figura 71 el conjunto requiere de un espacio ampliamente adaptado para su instalación.

La figura 72 muestra la parte interior del sistema, mostrando el montaje del mismo así como los conductos del agua.



*Figura 72. Interior sistema de enfriamiento por superficie húmeda de Munters*

El sistema de enfriamiento evaporativo para turbinas de gas, está equipado de un panel poroso con una gran eficacia de enfriamiento. Es un sistema automático en cuanto a recirculación de agua y el único requisito imprescindible es el agua.

El equipamiento que incorporaría el montaje del sistema es:

- Estructura de acero fabricada en acero inoxidable y/o galvanizado
- Módulos adaptados a las necesidades de cada aplicación
- Incluye un sistema de distribución de agua
- Tratamiento biocida
- Sistema de alimentación y desagüe de agua

En posteriores apartados se compararan los beneficios y los costes que proporcionaría este sistema de enfriamiento, frente a los demás sistemas de acondicionamiento del aire.

Para obtener el máximo rendimiento, las condiciones del agua debe ser de desmineralización, esto ayudara a la evaporación de la misma, así como, evitará corrosiones sobre el punto de descarga, ya que se trata de un elemento compuesto por material metálico.

#### **14.2 Fogging Humifrio:**

Para el sistema de enfriamiento fogging, se ha optado por la empresa Humifrio, la cual incorpora en su producto, el diseño y montaje adaptado a tu instalación, además de constar de una gran experiencia en la implantación del sistema fogging para turbinas.

Humifrio es una empresa innovadora en el fogging para turbinas, consiguiendo el máximo enfriamiento posible en cada momento, gracias al diseño de su software, a la presión de trabajo 2.000 psi (140 bares) y al diseño de sus nebulizadores de aguja de impacto.

El enfriamiento evaporativo es el medio termodinámicamente más eficiente para restituir esa pérdida de potencia en las turbinas y es el sistema ideal para mejorar su rendimiento.

Puesto que trabaja de una forma similar al método por superficie húmeda, con este sistema de trabajo también se conseguirá:

- Mayor potencia de salida
- Mejor protección del medioambiente
- Mayor duración de la turbina
- Menores costes de funcionamiento y mantenimiento de los filtros de aire
- Capacidad de filtrado
- Control del ruido
- Baja caída de presión
- Eficiencia del 95%

El equipamiento de esta maquinaria incorporaría:

- Las bombas que trabajan a 140 bar de presión
- Nebulizadores especiales y adaptados
- Sistema de distribución de agua tales como bombas
- Sistema de alimentación de agua
- Panel de control

Este sistema, permite diferentes tipos de montajes:

- Detrás de los filtros de aire y antes de los silenciadores (figura 73): es el sistema más utilizado a causa de que la humedad no afecta en ningún momento a los filtros del aire ni a los álabes del compresor.

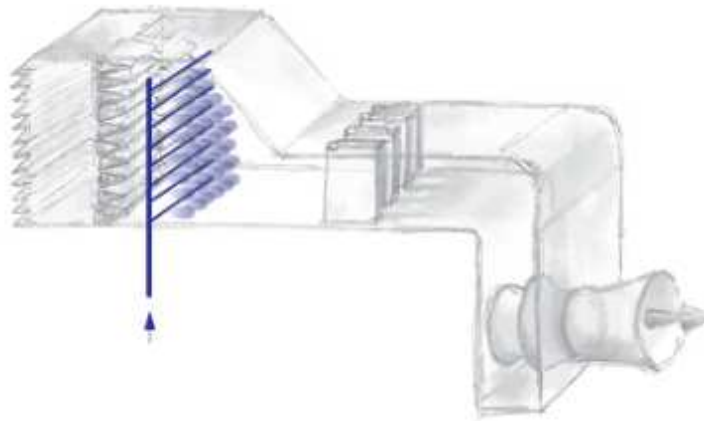


Figura 73. Montaje del sistema fogging después de los filtros del aire

- Detrás de los silenciadores (figura 74): este método de trabajo también sería un método válido, pero habría que regular muy estrictamente la cantidad de vapor de agua que inyectan los nebulizadores para que en ningún momento estos llegaran a penetrar en los álabes del compresor.

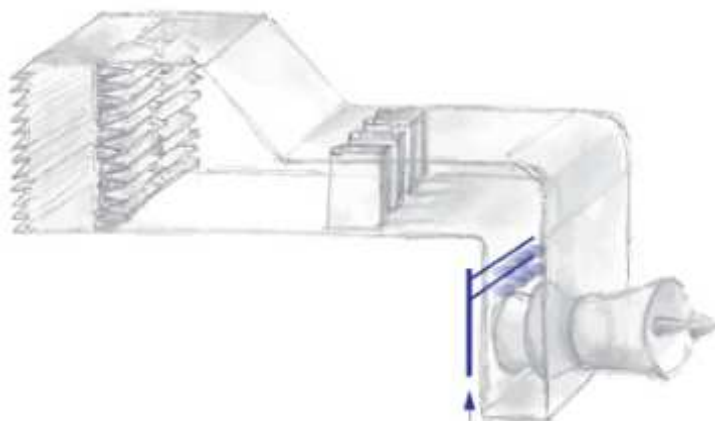


Figura 74. Montaje del sistema fogging antes del compresor

- Antes de los filtros (imagen 14.1.4): esta configuración está más en desuso debido a que las partículas de vapor tienden a retenerse en los filtros y obligaría a instalar sistemas de eliminación de gotas antes de los filtros. Además habría que construir una estructura metálica que prolongara el conducto del aire.

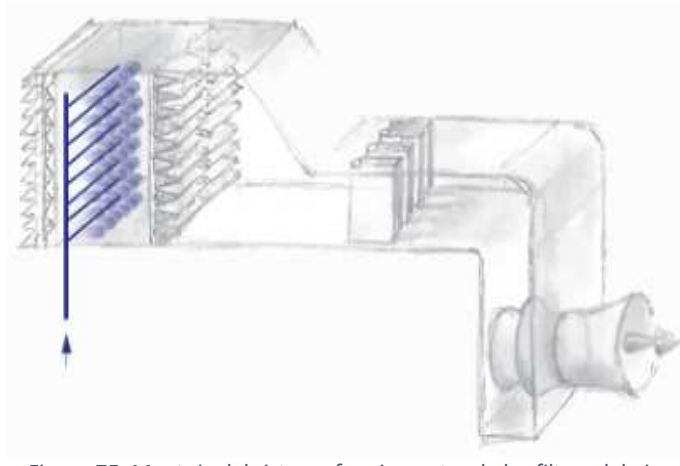


Figura 75. Montaje del sistema fogging antes de los filtros del aire

El software instalado mide la temperatura y la humedad relativa del aire y continuamente calcula el déficit de saturación del aire, es decir, conoce en todo momento cuántos gramos de agua le caben a cada  $m^3$  de aire para llegar a saturación (100% de HR) con lo que su temperatura final será cercana a la temperatura de bulbo húmedo  $T_{bh}$ .

El software del equipo hace que las bombas dosifiquen en cada momento la cantidad de agua en forma de niebla, por lo que el enfriamiento conseguido variará en cada momento según sea la  $T_{bh}$ .

Un requisito esencial para el buen funcionamiento y duración del equipo es que el agua tenga condiciones de desmineralización, lo cual no supone ningún problema debido a que en STN Cerámica ya hay instalada una planta de nanofiltración tal y como muestra la figura 76 la cual efectúa el tratamiento necesario al agua para su correcta utilización:



Figura 76. Planta de nanofiltración

### 14.3 Sistema por compresión:

La empresa seleccionada para proporcionar el conjunto elementos encargados de generar frío por compresión es la empresa Pecomark. El motivo de la selección es por que incorpora una gran variedad de productos destinados al acondicionamiento del aire, lo que permite una cierta facilidad para la elección del equipo de enfriamiento.



*Figura 77. Banco de compresores y depósito del refrigerante*

Comparando con los sistemas anteriores, se tiene:

- Menor temperatura del aire de admisión, lo que se traduce en un aumento en la producción de energía.
- No se necesita de equipo de tratamiento de agua, puesto que lo que utiliza es un refrigerante y en ningún momento está en contacto directo con el aire.

Todo esto también contribuiría a:

- Proteger el medio ambiente.
- Tener una mayor duración de la turbina.

El sistema de producción de frío por compresión está compuesto por los siguientes elementos principales:

- Compresor/ compresores
- Un intercambiador de tubos aleteados de flujo cruzado, llamado evaporador
- Un intercambiador de tubos aleteados de flujo cruzado, llamado condensador
- Válvula/ Válvulas de expansión
- Complementos adicionales (controladores, sondas, depósito de refrigerante etc)

Para la elección de cada uno de los elementos que conforman el conjunto, habrá que calcular la energía a intercambiar según el salto térmico deseado.

Para estandarizar el pedido y que pueda facilitar la adquisición, todos los elementos serán de la casa Pecomark.

En la sección de cálculos, se explica detalladamente todos los cálculos realizados, así como a través del catálogo de Pecomark, se explica cómo y porque se han seleccionado cada uno de los elementos.



### 14.4 Sistema por absorción:

La empresa seleccionada para la producción de frío por absorción es la empresa Thermax. La elección es debida al igual que el caso anterior, por la gran gama de productos que incorpora.



Figura 78. Sistema de enfriamiento por absorción

El sistema de enfriamiento por absorción, funciona de una forma muy parecida al método de enfriamiento por compresión, la única diferencia es que la energía de aporte en lugar de ser el compresor, serán los gases de escape que se aprovechan de otro sistema generador de calor.

Un inconveniente muy importante que se tiene para el método de enfriamiento por absorción y que obliga al descarte del mismo, es que los gases calientes que accionan la máquina de absorción, requieren de una temperatura del orden de [250°C; 300°C], los cuales no se pueden proporcionar a través del calor que excede de ningún proceso de la instalación. Tal y como muestro en la figura 79, los requerimientos energéticos de temperatura que se necesitan para accionar la máquina de absorción adquieren un valor mínimo de 250°C

GASES DE ESCAPE	MODELO NUMERO ED 10A CU	MODELO NUMERO ED 10B CU	MODELO NUMERO ED 10C CU
CAPACIDAD			
Frigorifica	169 KW	260 KW	359 KW
AGUA REFRIGERADA			
Caudal	26.3 m <sup>3</sup> / Hr	40.6 m <sup>3</sup> / Hr	55.9 m <sup>3</sup> / Hr
Entrada / Salida Temperatura	12.2/6.7 ° C	12.2/6.7 ° C	12.2/6.7 ° C
Perdida de carga	22.6 Kpa	37.3 Kpa	39.2 Kpa
AGUA ENFRIAMIENTO			
Caudal	48 m <sup>3</sup> / Hr	74 m <sup>3</sup> / Hr	102 m <sup>3</sup> / Hr
Entrada / Salida Temperatura	29.4/34.9 ° C	29.4/34.9 ° C	29.4/34.9 ° C
Perdida de carga	36.3 Kpa	55.9 Kpa	65.7 Kpa
CIRCUITO DE GASES			
Entrada	275 - 600 ° C	275 - 600 ° C	275 - 600 ° C
Salida	170 - 200 ° C	170 - 200 ° C	170 - 200 ° C

Figura 79. Catalogo Thermax

De igual modo la figura 80 indica las temperaturas de los gases calientes que exceden del sistema de secado, que sería el encargado de proporcionar el calor necesario a la máquina de absorción.

Foco emisor :	(FOCO Nº 03/004) (S4) SECADERO 19
Combustible :	MARCA: IMAS
Tipo de proceso :	Nº DE FABRICACION: 328/13
Denom. producto en proceso :	MODELO: SFD/6/7PL
Capacidad de producción total :	GAS NATURAL
Producción durante el muestreo:	ATOMIZADO DE ARCILLAS
Presión barométrica ( kPa ) :	POROSA 25 x 40
Diámetro de chimenea ( m ) :	7020 pzas/h
Nº puntos muestreados :	7020 pzas/h
Humedad gas de chimenea ( kg/m3N ) :	103,17
Diámetro boquilla utilizada ( mm ) :	0,90
Tiempo total de los 3 muestreos ( seg. ) :	2
	0,0385
	6,0
	10800

Muestreo nº	1	2	3
Fecha :	11/12/2015	11/12/2015	11/12/2015
Hora de inicio:	08:11	10:32	12:42
Tiempo muestreo ( seg. ) :	3600	3600	3600
Tiempo muestreo / punto ( seg. ) :	1800	1800	1800
Presión total en conducto ( kPa ) :	103,058	103,110	103,111
Tª media gas chimenea ( ° C ) :	132	134	136
Volumen seco gas muestreado ( m3N ) :	1,300	1,307	1,306
Velocidad media gas chimenea ( m/s ) :	19,8	19,8	20,0
Isocinetismo ( % ) :	99,2	99,4	99,3
Caudal medio seco gas chimenea ( m3N/h ) :	29470,4	29565,5	29558,2
Peso partículas recogidas ( mg ) :	1,0	1,0	1,0
Conc. media partículas ( mg/m3N ) :	0,8	0,8	0,8
*Emisión media partículas ( kg/h ) :	0,023	0,023	0,023
Conc. media O2 ( % ) :	18,3	18,1	18,0

Figura 80. Medición de los gases de escape del secadero 19

Como muestra la figura 80, la temperatura de los gases de escape del secadero, están muy por debajo de la requerida para accionar una máquina por absorción. Aunque el proceso productivo también incorpora hornos de cocción que tienen unas temperaturas de trabajo muy superiores a los secaderos, estos gases calientes no pueden ser utilizados por los mismos debido a que ya están siendo aprovechados a través de la recuperación de calor.

Por lo tanto y para concluir, el sistema de absorción no se tendrá en consideración como una posible mejora para el acondicionamiento del flujo de aire dirigido al compresor de la turbina, debido a que es imposible su accionamiento con las temperaturas disponibles.

### 14.5 Planteamiento Inicial:

Antes de empezar a realizar los cálculos, se van a plantear según el sistema de enfriamiento, los parámetros que se necesitan calcular para la elección del equipo de enfriamiento. De esta forma sabremos la reducción de temperatura que proporciona cada uno de los tres sistemas de enfriamiento planteados. Con esto se hará un análisis con profundidad de todos los beneficios y costes de la maquinaria a implantar, seleccionando el equipo de enfriamiento que mejor se adapte a las necesidades.

Los sistemas de enfriamiento por evaporación que se han comentado en el apartado anterior, son sistemas preparados para el enfriamiento de aire para turbinas, por lo que no hace falta dimensionar ningún elemento del conjunto, siendo fácil su adaptación, simplemente hay que realizar el cálculo de la temperatura de bulbo húmedo y aplicarle la

eficiencia que determine el fabricante, para saber cuánta cantidad de °C podremos enfriar al año.

$$Eficiencia(\%) = \frac{T_e - T_s}{T_e - T_{bh}} \times 100$$

- $T_e \rightarrow$  temperatura entrada (ambiente)
- $T_s \rightarrow$  temperatura salida (temperatura después del enfriamiento)
- $T_{bh} \rightarrow$  temperatura bulbo húmedo (temperatura mínima alcanzable)

Dicho lo anterior, para el caso de los sistemas de evaporativos el fabricante garantiza la siguiente eficiencia:

- a) 90% para el sistema por superficie húmeda
- b) 95% para el sistema fogging

La temperatura del aire después de su paso por el evaporador, dependerá de la temperatura y humedad relativa del aire en las condiciones iniciales, la temperatura de bulbo húmedo (máxima alcanzable) y la eficiencia del equipo. Que un equipo evaporativo tenga una eficiencia alta significará que la temperatura alcanzada después del enfriamiento será cercana a la temperatura de bulbo húmedo.

Por otra parte los sistemas de generación de frío, son sistemas que a partir de un salto de temperatura planteado por el usuario, se calculan las potencias frigoríficas necesarias para posterior elección del conjunto de elementos. Según las condiciones iniciales del aire de admisión y según el salto de temperatura planteado, las potencias requeridas serán en mayor o menor cantidad. Si la potencia frigorífica a intercambiar, alcanzara valores excesivos, habría que plantear un salto de temperatura menor.

En este caso se han planteado los siguientes saltos de temperaturas diferenciándose según el sistema de enfriamiento:

- a)  $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  para el sistema de compresión

A partir de este momento, para realizar los cálculos por días debido a la poca variabilidad de temperatura durante un día, tal y como muestra el apartado 9.4 y considerando que la planta de cogeneración va a estar trabajando los mismos días y horas que el año 2015.

Con esto se hará un buen ajuste considerando un total de 331 días de funcionamiento de la planta de cogeneración.



## 15 TEMPERATURAS ALCANZABLES SISTEMAS EVAPORATIVOS:

Antes de empezar con datos más concretos y con el fin de justificar los cálculos que se van a realizar, voy a hacer un breve resumen de las transformaciones psicrométricas que sufre el aire cuando está en contacto con el agua.

Suponiendo una corriente de aire que atraviesa un túnel en el cual hay una cortina de agua en su interior constantemente a una temperatura  $T_{\text{agua}}$ , tal y como muestra la figura 81.

$T_{\text{agua}}$  → temperatura del agua

$T_s$  → temperatura del aire seco antes del enfriamiento (punto 1)

$T_h$  → temperatura de bulbo húmedo

$T_r$  → temperatura de rocío del aire

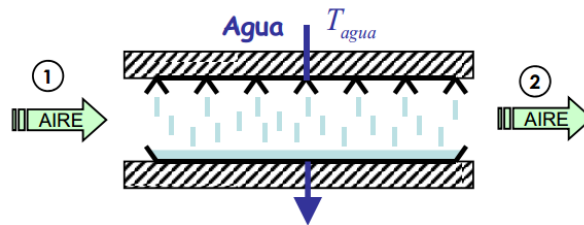


Figura 81. Cortina agua - aire

En función de la temperatura del agua ( $T_{\text{agua}}$ ) se van a diferenciar las siguientes situaciones:

- a)  $T_{\text{agua}} > T_s$  → en este caso el aire se calienta ( $\uparrow T$ ) y se humecta ( $\uparrow W$ )
- b)  $T_s > T_{\text{agua}} > T_h$  → en este caso el aire se enfría ( $\downarrow T$ ) y se humecta ( $\uparrow W$ )
- c)  $T_{\text{agua}} = T_h$  → en este caso el aire se enfría ( $\downarrow T$ ) y se humecta ( $\uparrow W$ )
- d)  $T_h > T_{\text{agua}} > T_r$  → en este caso el aire se humecta ( $\uparrow W$ ) y se enfría ( $\downarrow T$ )
- e)  $T_r > T_{\text{agua}}$  → el aire se deshumecta ( $\downarrow W$ ) y se enfría ( $\downarrow T$ )

En la figura 81 vienen representados cada uno de los puntos sobre un diagrama psicrométrico, siendo diferente la temperatura alcanzada para cada una de las situaciones:

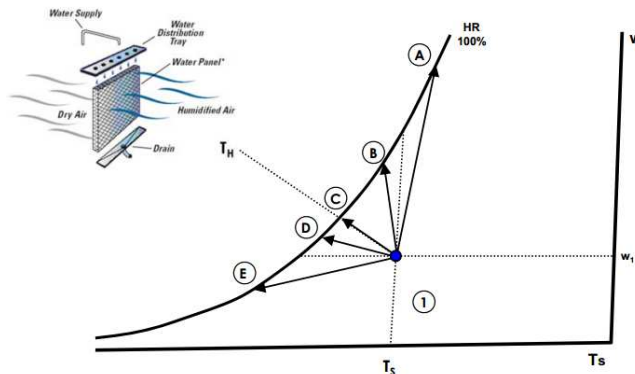


Figura 81. Transformaciones psicrométricas del aire

Para el método de enfriamiento por superficie húmeda, se tiene agua en recirculación, por lo que el agua y el aire, llegan a un equilibrio de temperaturas coincidente con el caso “c” consiguiendo así, un enfriamiento y un aumento de humedad en el aire.

El proceso fogging consiste en añadir vapor de agua directamente sobre la corriente de aire húmedo. Aunque el agua no esté en recirculación, el agua no tiene ningún tratamiento de enfriamiento, es decir, estará almacenado en un depósito, expuesto a las condiciones ambientales, por lo tanto las temperaturas del aire de entrada y del agua van a ser iguales, coincidiendo también, con el punto “c”.

En la figura 82 se puede ver un ejemplo para una temperatura de 13,36 °C de cómo se obtiene la temperatura de bulbo húmedo a partir del diagrama psicrométrico.

Dependiendo de la eficiencia del equipo de enfriamiento, alcanzará con mayor o menor medida este objetivo (Tbh).

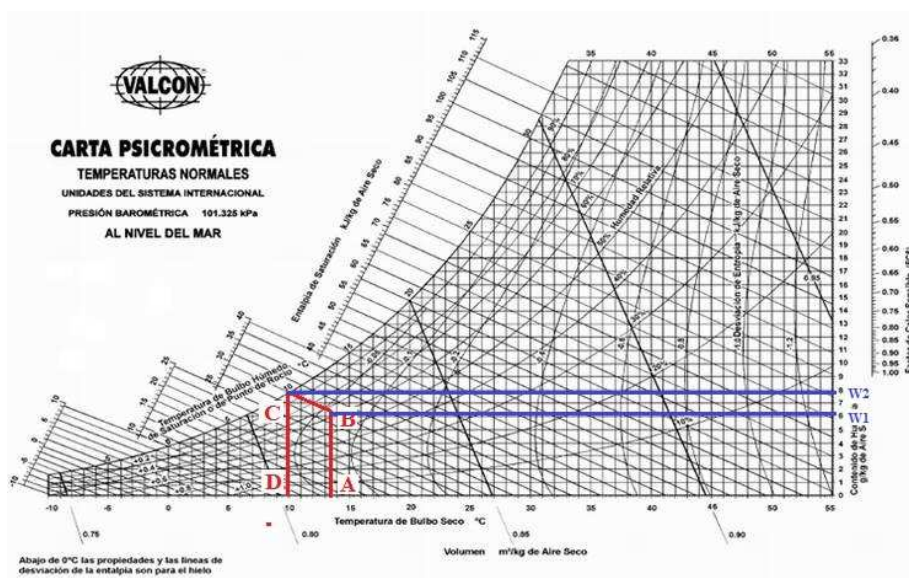


Figura 82. Ejemplo de cálculo con diagrama psicrométrico para sistema evaporativo

- a) Marcar en el diagrama el punto A según la temperatura del aire en condiciones iniciales (13,36°C)
- b) Trazar la vertical hasta llegar al punto B que coincide con la HR que tiene el aire (64%)
- c) Trazar una paralela a la línea de entalpia hasta llegar a la curva de saturación(100% HR) que coincidente con el punto C
- d) Finalmente trazar una vertical para saber la temperatura de bulbo húmedo coincidente con el punto D

En el diagrama psicrométrico también se pueden ver dos líneas horizontales de color azul que parten del punto B y C, finalizando en el eje vertical del diagrama. Este eje vertical determina la humedad específica del aire antes (punto B) y después (punto C) de su enfriamiento.

En el caso de los sistemas evaporativos, puesto que se añade vapor de agua al aire para llevarlo a condiciones de saturación, la humedad específica del aire se verá aumentada:

$$W2 > W1$$

La figura 83, muestra de forma gráfica como obtener la temperatura de bulbo húmedo así como las húmedas específicas a partir de las condiciones iniciales. Este es un método valido para hacer cálculos puntuales pero resulta poco práctico para analizar una mayor cantidad de datos.

Es por eso, que el cálculo de la temperatura de bulbo húmedo y por tanto la temperatura del aire de admisión después de su paso por el evaporador, se hará siguiendo los pasos que muestra la figura 83, y a partir del dato de temperatura del aire  $T_s$ , y de la humedad relativa  $\phi$  registrado el año 2015:

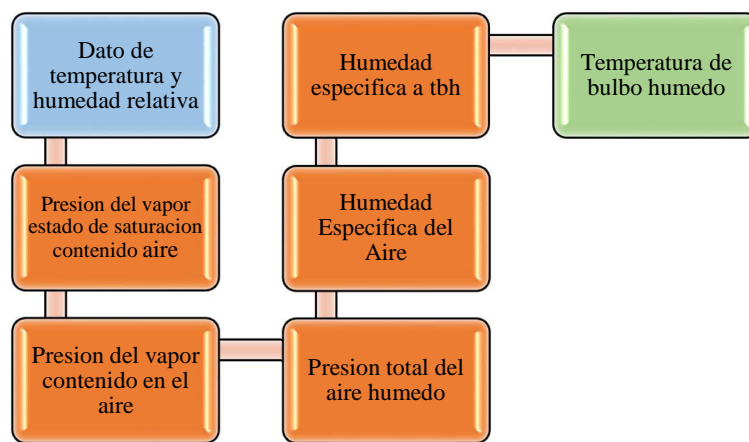


Figura 83. Proceso de cálculo temperatura de bulbo húmedo

### 15.1 Calculo temperatura de bulbo húmedo:

- Conversión Celsius / Kelvin:

Para ciertos cálculos se hará necesario utilizar la temperatura en grados Kelvin:

$$K = ^\circ C + 273$$

- Calculo de presión del vapor saturado ( $P_{vs}$ ):

$$\log P_{vs} = \frac{7,5 \times (T_s - 273,159)}{T_s - 35,85} + 2,7858$$

$T_s =$  Temperatura seca en condiciones iniciales (K)

$P_{vs}$  = presión parcial del vapor en condiciones de saturación (Pa)

- Cálculo de la presión parcial del aire húmedo ( $P_v$ ):

Una vez obtenida la presión parcial del vapor en condiciones de saturación, ya se puede conocer la presión del vapor de agua contenido en el aire, para las condiciones de humedad relativa registradas:

$$\phi = 100 \times \frac{P_v}{P_{vs}}$$

$\phi$  = humedad relativa (%)

$P_v$  = presión parcial del vapor contenido en el aire (Pa)

$P_{vs}$  = presión parcial del vapor en condiciones de saturación (Pa)

- Cálculo de la presión total ( $P_t$ ):

La presión total del aire viene determinada, según la altura geográfica en la que está instalada la turbina. Puesto que la turbina está instalada en la población de Nules, la altura geográfica es de 13m sobre el nivel del mar:

$$P_t = 101325 \times (1 - 2,255692 \times 10^{-5} \times H)^{5,2561}$$

$H$  = altitud de la población Nules = 13 m

$P_t$  = presión total del aire húmedo (Pa)

La presión total del aire también se podría calcular a partir de la suma parcial de cada una de sus presiones, es decir, la presión del vapor de agua contenido en el aire y la presión del aire, considerando que es única y exclusivamente aire seco.

$$P_t = P_v + P_s$$

- Humedad específica ( $W$ ):

Una vez obtenidas las presiones parciales y totales tanto del aire como del vapor que lo conforma, ya se puede calcular la humedad específica, la cual expresa la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en condiciones iniciales:

$$W = \frac{m_v}{m_{as}}$$

$m_{as}$  = masa de aire seco (kg)



$mv = \text{masas de vapor de agua (kg)}$

$$W = \frac{Mv \times Pv}{Mas \times Pas}$$

$Mas = \text{masa molecular de aire seco (g/mol)}$

$Mv = \text{masa molecular del vapor de agua (g/mol)}$

$$W = \frac{Mv}{Mas} \times \frac{Pv}{Pt - Pv}$$

$$W = \frac{18,015268}{28,9651} \times \frac{Pv}{Pt - Pv}$$

$$W = 0,621945 \times \frac{Pv}{Pt - Pv}$$

$W = \text{humedad especifica en condiciones iniciales} \left( \frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg aire}} \right)$

$Pv = \text{presion parcial del vapor contenido en el aire (Pa)}$

$Pt = \text{presion total del aire humedo (Pa)}$

- Temperatura de bulbo húmedo ( $Th$ ):

La ecuación para el cálculo de la temperatura de bulbo húmedo, es una ecuación implícita, es decir, es necesario la humedad específica  $Ws^*$ .

La  $Ws^*$  hace referencia a la humedad específica del aire para la temperatura de bulbo húmedo.

$$Th = \frac{Ts \times (1 + 1,86 \times W) + 2501 \times (W - Ws^*)}{1 + 4,186 \times W - 2,381 \times Ws^*}$$

Puesto que se necesita la temperatura de bulbo húmedo para calcular la humedad específica y viceversa, se hace necesaria la ayuda de un programa como es el “E+E Humidity Calculator” de forma que a partir de una humedad relativa y de la temperatura del aire seco, pueda calcular la temperatura de bulbo húmedo tal y como muestra la figura 84:

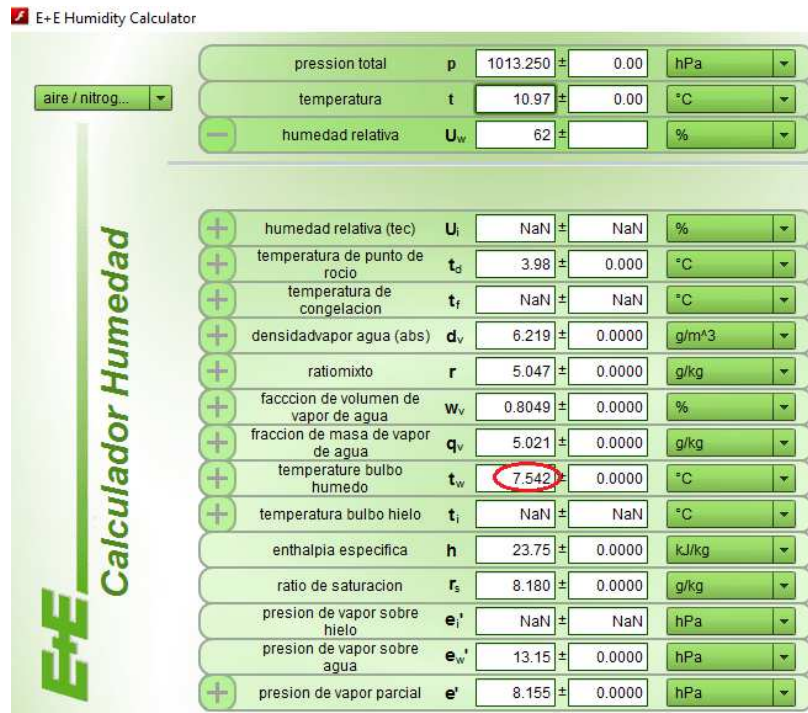


Figura 84. Programa de cálculo "Humidity Calculator"

De esta forma conoceremos la relación que tiene la temperatura del aire seco con la temperatura de bulbo húmedo de forma aproximada y para unas condiciones determinadas.

A partir de la función obtenida, y a partir del registro de temperaturas diario, ya se puede obtener una primera temperatura de bulbo húmedo.

Con la temperatura de bulbo húmedo ya se puede obtener la humedad específica Ws\* en estas condiciones y finalmente y mediante la siguiente expresión, se calculara la temperatura de bulbo húmedo:

$$Th = \frac{Cpas \times Ts + W \times (Clv + Cpv \times Ts) - Ws \times Clv}{Cpas + Cpv \times Ws + Cpag \times W - Cpag \times W}$$

$$Cpas = \text{Calor especifico a presion constante del aire seco} \left( \frac{1,006 \text{ kJ}}{\text{KgasK}} \right)$$

$$Clv = \text{Calor latente de cambio de fase del agua} \left( \frac{2501 \text{ kJ}}{\text{kgagua}} \right)$$

$$Cpv = \text{Calor especifico del vapor de agua a presion constante} \left( \frac{1,86 \text{ kJ}}{\text{kgvK}} \right)$$

$$Th = \frac{Ts \times (1 + 1,86 \times W) + 2501 \times (W - Ws)}{1 + 4,186 \times W - 2,381 \times Ws}$$

Ts = temperatura seca del aire (°C)

$T_h = \text{temperatura de bulbo humedo en } (^{\circ}\text{C})$

$W = \text{humedad especifica en condiciones iniciales } \left( \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire}} \right)$

$W_s = \text{humedad especifica en condiciones de saturacion } \left( \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire}} \right)$

Cuando la temperatura de bulbo húmedo1 y la calculada a partir de la expresión coincidan, el proceso iterativo habrá llegado a su finalización, siendo la temperatura obtenida, la temperatura de bulbo húmedo final.

La temperatura de bulbo húmedo alcanzada, será igual para ambos sistemas evaporativos aunque por diferencia de eficiencia, la temperatura final del aire de admisión será menor para el sistema de enfriamiento fogging. En posteriores apartados se analizara energéticamente de qué forma afectan las temperaturas alcanzadas.

En el anexo1 vienen adjuntas las tablas de los resultados obtenidos en función de cada temperatura seca del aire.

La figura 85 muestra variación de la temperatura seca y la variación de la temperatura de bulbo húmedo.

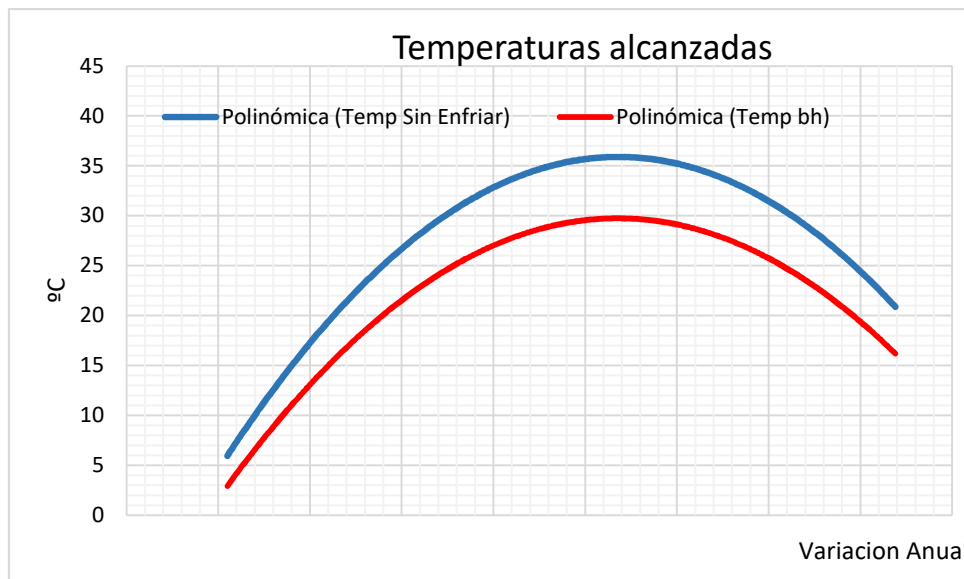


Figura 85. Grafica variación temperatura seca y temperatura de bulbo húmedo

Aplicando la eficiencia que dictamina el proveedor, se obtendría esta variación de temperatura existiendo una ligera diferencia entre el sistema de enfriamiento por superficie húmeda y el sistema fogging:

$$\text{Eficiencia}(\%) = \frac{T_e - T_s}{T_e - T_{bh}} \times 100$$

*Eficiencia sistema superficie humeda = 90%*

*Eficiencia sistema superficie humeda = 95%*

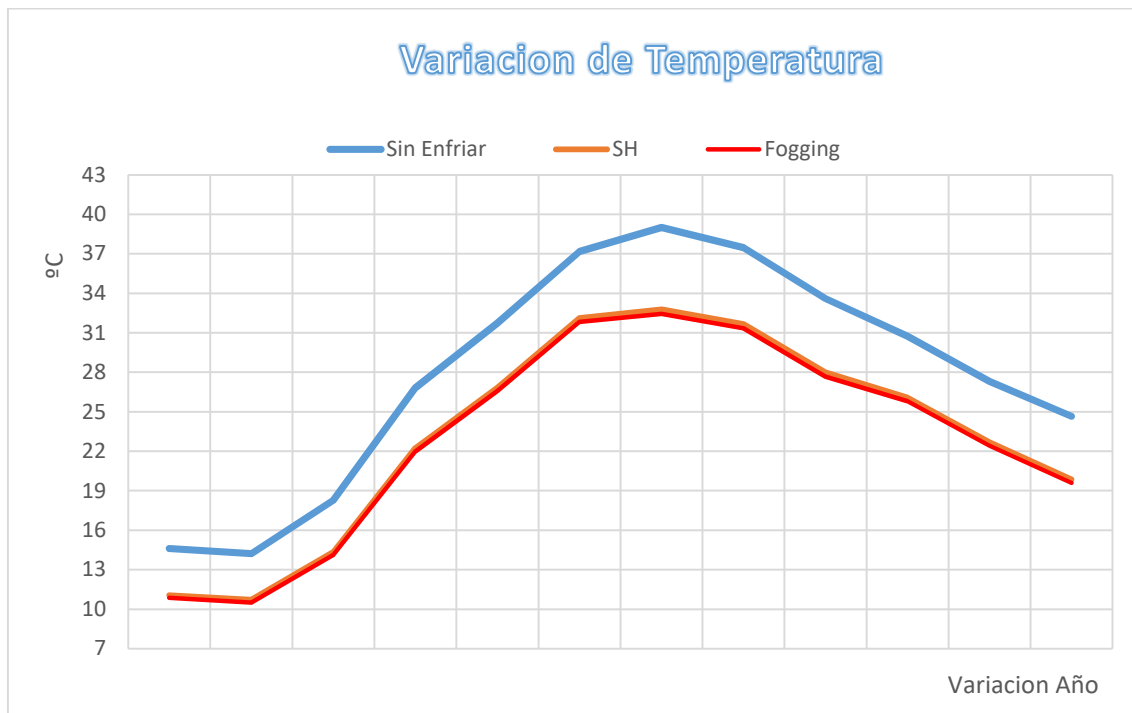


Figura 86. Grafica medias mensuales de temperatura antes y después del enfriamiento

Cuanto mayor es la temperatura del aire seco y con una humedad relativa similar, mayor será el salto de temperatura obtenido entre la temperatura del aire, antes y después de su paso por el evaporador.

En el anexo 2, vienen representados las temperaturas alcanzadas para los sistemas evaporativos.

En posteriores apartados se comparan todos los sistemas para elegir finalmente el que mejor se adapte a las necesidades teniendo en cuenta los beneficios, los costes del equipo y los costes de funcionamiento.

### 15.2 Temperaturas sistemas de generación de frio:

Para tratar un aire y llevarlo a las condiciones de temperatura y humedad deseadas, se deben de realizar una serie de transformaciones, las cuales se denominan transformaciones psicométricas. Cuando son los sistemas de generación de frio los encargados de provocar esta transformación, significa que la transformación psicométrica se está llevando a cabo en un intercambiador que generalmente es un intercambiador de tubos aleteados.

El acondicionamiento del aire, viene determinado según las condiciones iniciales, de humedad y temperatura del aire, así como la temperatura del refrigerante a su paso por el intercambiador de tubos.

En función de la temperatura superficial de la batería, la temperatura seca y la temperatura de rocío del aire se distinguen diferentes casos:

- $T_{\text{batería}} > T_{\text{seca del aire}}$  (figura 87)

Si la temperatura superficial de la batería es superior a la temperatura seca del aire húmedo, se tendrá un proceso de calentamiento sensible, es decir, aumentará la temperatura del aire húmedo sin cambiar su contenido total de vapor de agua. Por tanto el caudal de aire seco circulante será idéntico y la humedad específica ( $W$ ) también, aun así, la temperatura de salida del aire será, por lo general, inferior a la temperatura de la batería, por ineficiencia de la misma.

La figura 87, muestra esquemáticamente lo mencionado. Si el aire que entra en condiciones de temperatura y humedad '1', sale de la batería con la temperatura de la batería ' $T_b$ ', se estaría considerando que la batería de tubos es ideal, sin embargo, no consigue salir de la batería en condiciones ideales, sino en un punto intermedio '2'.

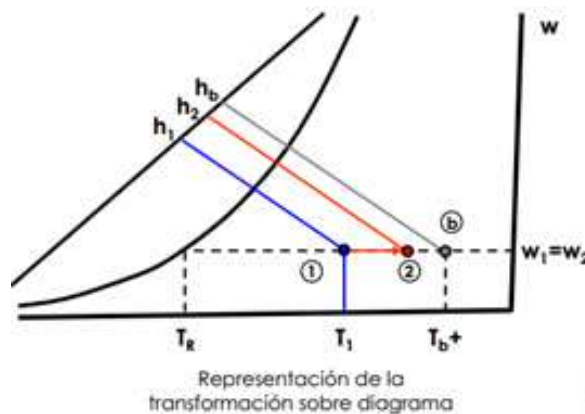


Figura 87. Comportamiento del aire cuando  $T_b > T_s$

- $T_{\text{rocío}} < T_{\text{batería}} < T_{\text{seca del aire}}$  (figura 88)

En este caso, puesto que la temperatura de la batería es superior a la temperatura de rocío del aire húmedo, no se produce condensación de humedad, y por tanto no se ve modificado el contenido de agua del aire. Además, puesto que la temperatura de la batería es inferior a la temperatura seca del aire, se produce un enfriamiento sensible.

$$W_1 = W_2$$

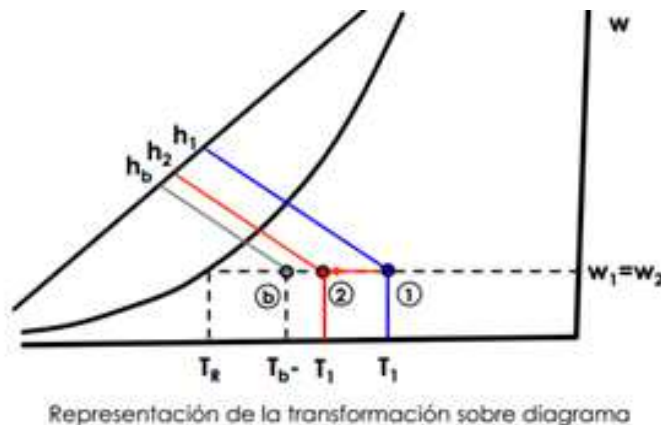


Figura 88. Comportamiento del aire cuando  $T_r < T_b$

De igual modo, la temperatura alcanzada, salvo intercambiador ideal, nunca sería la temperatura de la batería, si no que sería ligeramente superior.

- $T_{\text{batería}} < T_{\text{rocío}}$  (figura 89)

En este caso, puesto que la temperatura superficial de la batería es inferior a la temperatura de rocío del aire, se produce condensación del vapor contenido en el aire y por lo tanto pérdida de agua. Además también se produce un enfriamiento sensible en el aire.

$$W1 \neq W2$$

En condiciones ideales, el aire se disminuiría la temperatura hasta la temperatura de la batería 'Tb', perdiendo todo el vapor de agua que no es capaz de retener, saliendo de la batería en condiciones de saturación. Sin embargo, como en los procesos anteriores, no se alcanzan las condiciones ideales, sino que el aire de salida presenta unas propiedades intermedias '2' en condiciones de temperatura y humedades específicas diferentes al inicio.

Como se observa en el diagrama existe un cambio de humedad ( $w_1 \rightarrow w_2$ ) y un cambio de temperatura ( $T_1 \rightarrow T_2$ ), por tanto tenemos dos potencias asociadas, una latente y otra sensible.

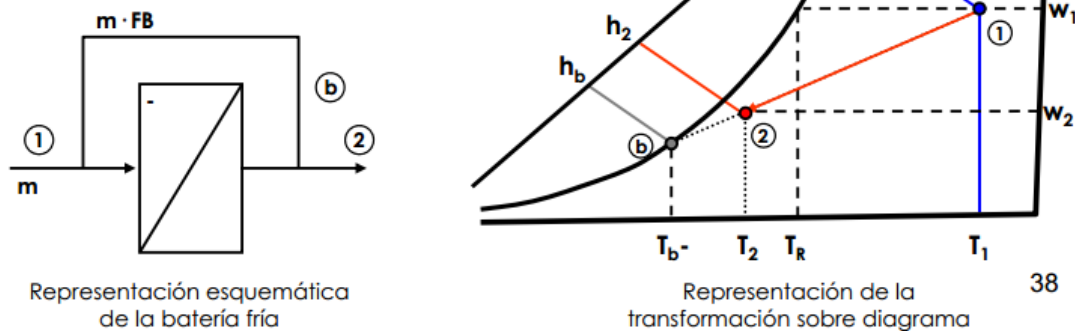


Figura 89. Comportamiento del aire cuando  $T_b < T_r$

Puesto que lo que se quiere conseguir es enfriar el aire de entrada en la turbina, en ningún momento la temperatura de la batería se encontrará a una temperatura mayor que la temperatura del aire, por lo tanto la transformación psicrométrica que sufrirá, dependerá de las condiciones iniciales, diferenciándose dos posibles situaciones:

- $T_{\text{rocío}} < T_{\text{batería}} < T_{\text{seca del aire}}$
- $T_{\text{batería}} < T_{s2} < T_{\text{rocío}}$

Una vez conocidas las propiedades psicrométricas que sufre el aire cuando está intercambiando calor en una batería de tubos, y a partir del salto de temperatura establecido, ya se pueden determinar los siguientes parámetros:

- Temperatura del aire después del enfriamiento (°C)
- Temperatura de la batería:
  - Temperatura de evaporación (°C)
  - Temperatura de condensación (°C)
- Potencia frigorífica necesaria:
  - Cuando  $T_r < T_b \rightarrow Q(kWh) = m \times (h_1 - h_2)$
  - Cuando  $T_b < T_{s2} < T_r \rightarrow Q(kWh) = mas \times (h_1 - h_2) + magua \times clv$
- Volumen geométrico
- Elección del refrigerante
- Elección del equipo de enfriamiento:
  - Compresor
  - Evaporador
  - Condensador
  - Válvula de expansión
  - Complementos adicionales

Para hallar las potencias frigoríficas, es necesario conocer las entalpías y las humedades específicas. La obtención de estos parámetros se podría realizar de forma gráfica tal y como se detalla en la figura 90 y para el caso en el que la temperatura de la batería fuera inferior a la temperatura de rocío del aire:

$T_b \rightarrow$  temperatura batería de tubos (°C)

$T_a \rightarrow$  temperatura alcanzable del aire (°C)

$T_i \rightarrow$  temperatura inicial del aire (°C)

$W_1 \rightarrow$  humedad específica inicial (g de vapor de agua / kg de aire)

$W_2 \rightarrow$  humedad específica objeto de alcance (g de vapor de agua / kg de aire)

$h_1 \rightarrow$  entalpia inicial del aire (kJ/kg)

$h_2 \rightarrow$  entalpia objeto de alcance (kJ/kg)

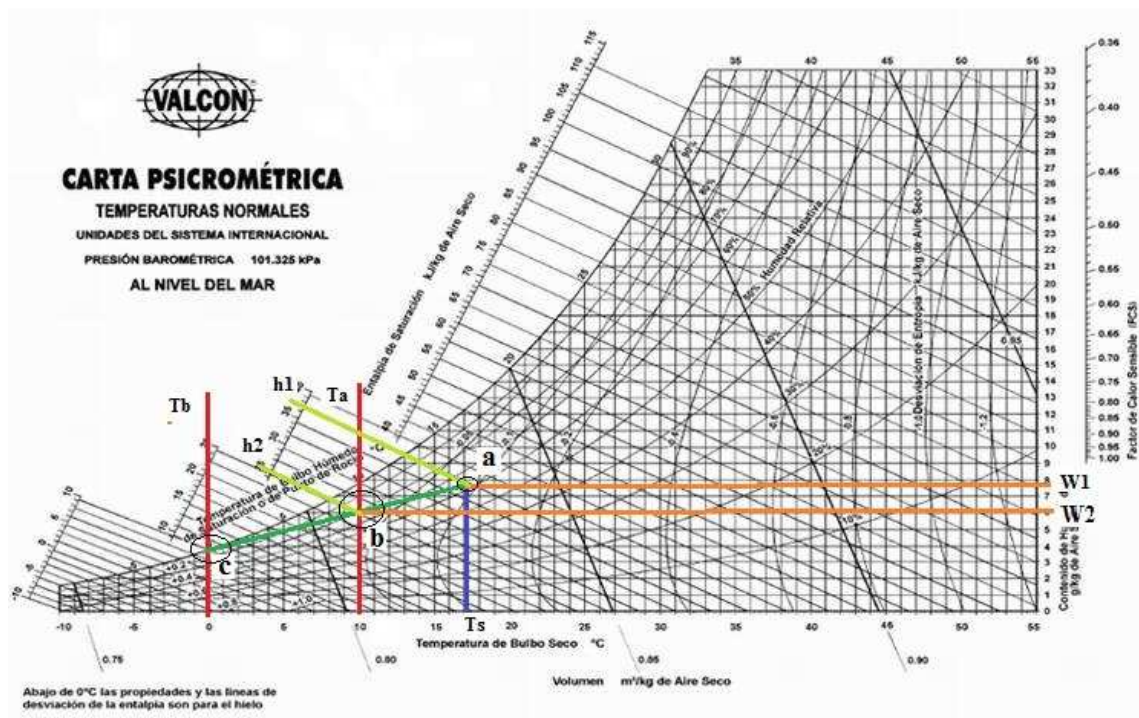


Figura 90. Transformación psicrométrica cuando  $T_b < T_r$

Ejemplo para sacar las entalpias y las humedades específicas de forma gráfica:

- Se traza una línea vertical con la temperatura de la batería de tubos ( $T_b=0^\circ\text{C}$ )
- Se traza la línea vertical con la temperatura que se quiere alcanzar para el aire de admisión, ( $T_a=10^\circ\text{C}$ )
- Trazar la vertical, con las condiciones iniciales del aire sin enfriar ( $T_s = 17^\circ\text{C}$  y  $HR = 64\%$ ), el punto alcanzado sería el punto (a)
- Trazar la línea verde desde el punto (a) hasta el punto (c) (temp batería)
- Desde el punto a y b trazar la horizontal (línea naranja) para saber la humedad específica del aire antes y después de su paso por el intercambiador.
- Finalmente, desde el punto a y b trazamos las líneas verdes claro, con sentido paralelo a las líneas entálpicas. De esta forma conoceremos la entalpia antes y después de su paso por el intercambiador de tubos.

Aunque el método gráfico, es un método válido, puede resultar engorroso cuando el número de datos a conocer es muy alto, es por eso que se van a realizar los cálculos pertinentes, para conocer cada uno de los parámetros a partir de las condiciones iniciales del sistema.



Conocidos del apartado 14.3:

- $P_{vs}$  ( $P_a$ ) = presión de vapor en estado de saturación en condiciones iniciales
- $P_v$  ( $P_a$ ) = presión parcial del vapor
- $P_t$  ( $P_a$ ) = presión total del aire húmedo
- $W$  = humedad específica del aire en condiciones iniciales

Faltaría por calcular:

- $W_s$  = humedad específica del aire en estado de saturación
- $h_1$  = entalpia del aire en condiciones iniciales
- $T_r$  = temperatura de rocío del aire
- $T_{s2}$  = temperatura del aire después del enfriamiento
- $T_b$  = temperatura de la batería
- $P_{ah1}$  = densidad del aire en condiciones iniciales
- $P_{ah2}$  = densidad del aire después del enfriamiento
- $m_1$  = caudal másico de aire en condiciones iniciales
- $m_2$  = caudal másico del aire después del enfriamiento
- $P_{vsi} = P_{vsi}$  = presión del vapor del aire en condiciones de saturación para temperatura alcanzada ideal
- $W_i$  = humedad específica para situación ideal
- $W_2$  = humedad específica después del enfriamiento
- $h_2$  = entalpia después del enfriamiento
- $Q_i$  = potencias frigoríficas a intercambiar

### 15.3 Cálculo potencia requerida ( $Q_i$ ):

La potencia requerida es la potencia necesaria para provocar el salto térmico deseado en el flujo de aire de admisión en la turbina.

Para poder realizar dicho cálculo se va a tener que realizar la siguiente sucesión de pasos:

- **Humedad específica del aire en condiciones de saturación  $W_s$ :**

Antes de calcular la humedad específica del aire en condiciones de saturación, hay que conocer el grado de saturación:

$$G_s = \frac{\phi}{100}$$

$\phi$  = humedad relativa (%)

$GS = \text{grado de saturacion, adimensional}$

Una vez obtenido el valor del grado de saturación, ya se puede despejar de la siguiente expresión, la humedad específica en condiciones de saturación:

$$Gs = \frac{W}{Ws}$$

$W = \text{humedad específica en condiciones iniciales} \left( \frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg aire}} \right)$

$Ws = \text{humedad específica en condiciones de saturacion} \left( \frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg aire}} \right)$

- **Entalpia del aire en condiciones iniciales:**

La entalpia de un fluido a presión constante se puede definir como la cantidad de energía que hay que comunicar a la unidad de masa para pasarla de unas condiciones, a otras cualesquiera.

$$has = Cpas \times (Ts - Tsr) = Cpas \times Ts$$

$has = \text{entalpia específica del aire seco} \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kgas}} \right)$

$Cpas = \text{calor específico del aire seco a presión constante} \left( 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kgas K}} \right)$

$Ts = \text{temperatura seca del aire (}^\circ\text{C)}$

$Tsr = \text{temperatura seca de referencia que se supone } 0^\circ\text{C}$

$$hv = Clv(Tsr) + Cpv \times (Ts - Tsr) = 2501 + 1,86 \times Ts$$

$$h1 = hv + has$$

$$h1 = 1,024 \times Ts + 2501 \times W$$

$Ts = \text{temperatura del aire en condiciones iniciales en } ^\circ\text{C}$

$W = \text{humedad específica del aire humedo} \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg aire}}$

$h1 = \text{entalpia del aire en condiciones iniciales} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

- **Densidad del aire en condiciones iniciales ( $\rho$ ):**

La densidad del aire se puede definir, como la cantidad de masa de aire por unidad de volumen, siendo también, la suma de las densidades parciales:

$$\rho_{ah} = \rho_{as} + \rho_v$$

$\rho_{as}$  = densidad del aire seco

$\rho_v$  = densidad del vapor contenido en el aire

$$\rho_{ah} = \frac{Pt}{287 \times Ts} - 1,32 \times 10^{-3} \times \frac{Pv}{Ts}$$

$\rho_{ah}$  = densidad del aire humedo  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

$Pv$  = presión parcial del vapor contenido en el eaire (pa)

$Ts$  = temperatura del aire en condiciones iniciales ( $^{\circ}C$ )

- **Caudal másico ( $m1$ ):**

El caudal másico 1 se puede definir como la cantidad de masa por unidad de tiempo en condiciones iniciales de presión y temperatura, antes de su paso por la batería de tubos:

Puesto que el caudal de aspiración de la turbina es constante:

$$Q = 80.000 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = \frac{80.000m^3}{3600s}$$

$$m1 = Q \times \rho_{ah1}$$

$m1$  = caudal masico del aire en condiciones iniciales  $\left(\frac{kg}{s}\right)$

$\rho_{ah1}$  = densidad aire humedo condiciones iniciales  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

- **Temperatura de rocío del aire (°C):**

La temperatura de rocío se puede definir, como la temperatura mínima a partir de la cual el aire empezaría a condensar y por tanto perdería contenido de vapor de agua:

$$Tr = \frac{35,85 \times \log(Pv) - 2148,496}{\log(Pv) - 10,2858} - 273,15$$

*Tr = temperatura de rocío del aire expresada (°C)*

*Pv = presión parcial del vapor contenido en el aire (pa)*

- **Temperatura del aire después del enfriamiento (Ts2):**

Temperatura Ts2 es la temperatura del aire después del proceso de enfriamiento. Para ello se plantea un salto de temperatura determinado:

$$Ts2 = Ts - \Delta T$$

*Ts = temperatura del aire en condiciones iniciales (°C)*

*Ts2 = temperatura del aire después del proceso de enfriamiento en (°C)*

*ΔT = salto de temperatura (°C)*

- **Temperatura de la batería (Tb):**

La temperatura de la batería, se puede aproximar a la temperatura del refrigerante circulante por la batería y encargada de llevar el aire a condiciones de Ts2, a partir de un valor de “approach” que por lo general se considera de 5K:

$$Tb = Ts2 - \Delta P$$

*Tb = temperatura de la batería (K)*

*Ts2 = temperatura del aire después del proceso de enfriamiento (K)*

*ΔP = salto de temperatura entre la batería y el aire enfriado (K)*

**Condiciones:**

Hasta este punto, los parámetros calculados son los mismos, independientemente de las temperaturas del aire alcanzadas y de las temperaturas de rocío, pero como se ha explicado con anterioridad los cambios psicométricos sufridos por el aire, dependerán de una serie de condiciones:

- **Si  $Ts2 > Tr1$**

Si la temperatura del aire a alcanzar, es mayor que la temperatura de rocío, no se producirá condensación y por tanto no habrá pérdida de vapor de agua contenido en el aire, por lo tanto:

$$W1 = W2$$

Aunque no se tenga variación de la humedad específica, sí que hay una diferencia entálpica debido al enfriamiento sensible que se produce:

$$h1 \neq h2$$

$$h2 = 1,024 \times Ts2 + 2501 \times W1$$

*Ts2 = temperatura del aire después del proceso de enfriamiento (°C)*

*W1 = humedad específica del aire en condiciones iniciales  $\left(\frac{kg \text{ vapor}}{kg \text{ aire}}\right)$*

*h2 = entalpía del aire enfriado  $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$*

**Densidad del aire a temperatura Ts2 ( $\rho$ ):**

Puesto que la temperatura del aire sí que disminuye, también hay variación en la densidad del mismo y por tanto en el caudal másico:

$$\rho_{ah2} = \frac{Pt}{287 \times Ts2} - 1,32 \times 10^{-3} \times \frac{Pv}{Ts2}$$

*$\rho_{ah}$  = densidad del aire húmedo  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$*

*Pv = presión parcial del vapor contenido en el aire (pa)*

*Ts = temperatura del aire en condiciones iniciales (°C)*

**Caudal másico 2 (m2):**

Conocida la densidad del aire después de su paso por la batería de tubos y conocido el caudal de aire:

$$m2 = Q \times \rho_{ah2}$$

$\rho_{ah2}$  = densidad aire humedo despues enfriamiento (kg/m<sup>3</sup>)

$m2$  = caudal masico del aire despues del enfriamiento  $\left(\frac{kg}{s}\right)$

$Q$  = caudal de aspiracion de la turbina  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

**Potencia intercambiada (Qi):**

Conocidos todos los parámetros, ya se puede calcular la potencia a intercambiar. Puesto que no hay pérdida por condensación, las potencias frigoríficas necesarias, se calculan con los caudales másicos antes y después del enfriamiento, así como las entalpias propias:

$$Qi = h1 \times m1 - h2 \times m2$$

$h2$  = entalpia del aire enfriado  $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

$h1$  = entalpia del aire en condiciones iniciales  $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

$m1$  = caudal masico del aire en condiciones iniciales  $\left(\frac{kg}{s}\right)$

$m2$  = caudal masico del aire despues del enfriamiento  $\left(\frac{kg}{s}\right)$

$Qi$  = potencia frigorifica intercambiada (kWh)

- Si  $T_{s2} < T_{r1}$ :

Cuando la temperatura del aire después del enfriamiento es inferior a la temperatura de rocío, habrá una condensación del aire y por tanto una disminución de la humedad específica:

$$W1 \neq W2$$

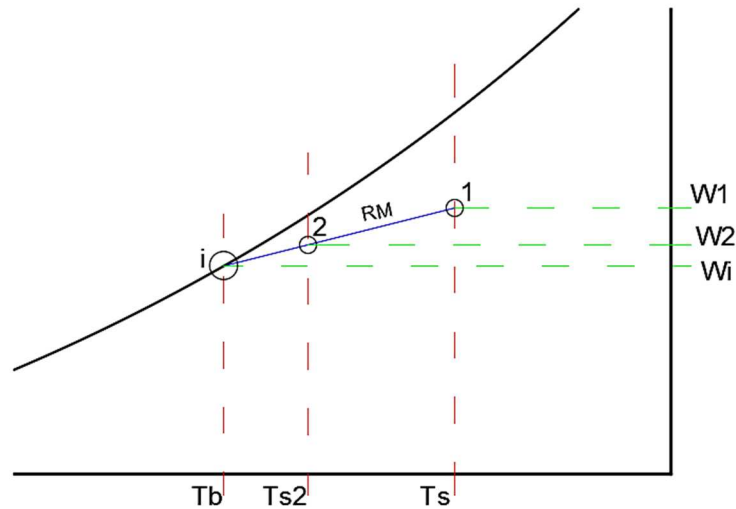


Figura 91. Recta de maniobra

Para conseguir la  $W_2$  es necesario disponer del dato de  $H_r$  y  $T_{s2}$ , puesto que estos datos se desconocen, se calculará la humedad específica ( $W_i$ ) en condiciones ideales, es decir, como si el aire alcanzara la temperatura de la batería ( $T_b$ ) y a partir de la recta de maniobra se calculara la  $W_2$ .

$$RM = \text{recta de maniobra (figura 91)}$$

Si se considera que el aire alcanza la temperatura de la batería, se está haciendo referencia a que alcanza la temperatura ideal, para alcanzar este punto, el aire tiene que llegar en condiciones de saturación (figura 91), es por eso que la  $W_i$  se calcula en función de:

$$W_i = W(100\% H_r, T_b)$$

A partir de una humedad relativa del 100% y de la temperatura de la batería previamente calculada, hay que recalculer las presiones parciales del aire,  $P_{vsi}$  y  $P_{vi}$ , para ello se pueden aplicar las fórmulas utilizadas en el apartado 14.3.

$$\log P_{vsi} = \frac{7,5 \times (T_b - 273,159)}{T_s - 35,85} + 2,7858$$

$$\Phi = 100 \times \frac{P_{vi}}{P_{vsi}}$$

Conocidas las presiones parciales ya se puede calcular la humedad especifica del aire en condiciones ideales, tal y como se ha calculado al inicio de este mismo apartado.

$$W_i = 0,621945 \times \frac{P_{vi}}{P_t - P_{vi}}$$

Una vez conocida la  $W_i$  y a partir de la recta de maniobra ya se puede calcular la  $W_2$ :

$$y = ax + b$$

$$y = W \left( \frac{\text{kg vapor agua}}{\text{kg aire}} \right)$$

$$x = \text{temperatura } (^{\circ}\text{C})$$

$$a = \frac{W_i - W_1}{T_b - T_s}$$

$$b = W_1 - a \times T_s$$

Conocidos “a” y “b” y la  $T_{s2}$  ya se puede determinar la  $W_2$  a partir de la ecuación de la recta.

Dicho esto, ya se tienen los parámetros necesarios para calcular la  $h_2$ :

$$h_2 = 1,024 \times T_{s2} + 2501 \times W_2$$

$$T_{s2} = \text{temperatura del aire despues del proceso de enfriamiento en } ^{\circ}\text{C}$$

$$W_2 = \text{humedad especifica del aire despues del enfriamiento} \left( \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg aire humedo}} \right)$$

Puesto que hay pérdida de agua tras la condensación, hay que tener en cuenta el caudal másico del aire seco, y la cantidad de agua condensada.

### **Caudal másico de aire seco (ms):**

Conocidas las presiones parciales del aire húmedo y la temperatura del aire seco se puede conocer el volumen específico:

$$v_e = 287,055 \times \frac{T_s}{P_t - P_v}$$



$T_s = \text{temperatura del aire seco (K)}$

$P_t = \text{presion total del aire (Pa)}$

$P_v = \text{presion parcial del vapor contenido en el aire (Pa)}$

$ve = \text{volumen especifico del aire } \left( \frac{m^3}{kgas} \right)$

Una vez conocido el volumen especifico del aire para cada una de las temperaturas y presiones, a partir del caudal de aspiración que tiene la turbina, ya se puede calcular el caudal másico de aire seco:

$$mas = \frac{Q}{ve}$$

$Q = \text{caudal de aire humedo aspirado por la turbina } \left( \frac{m^3}{s} \right)$

$ve = \text{volumen especifico del aire } \left( \frac{m^3}{kgas} \right)$

$mas = \text{caudal masico de aire seco } \left( \frac{kg \text{ aire seco}}{s} \right)$

**Caudal másico de vapor de agua en el aire (mw):**

La expresión que define el caudal másico de agua contenido en el aire:

$$mw = mas \times (W1 - W2)$$

$mas = \text{caudal masico de aire seco } \left( \frac{kg \text{ aire seco}}{s} \right)$

$mw = \text{caudal masico agua en el aire } \left( \frac{kg \text{ agua}}{s} \right)$

**Potencia intercambiada  $T_{s2} < T_r$  ( $Q_i$ ):**

Después de calcular todos los parámetros requeridos, ya se puede conocer la potencia intercambiada cuando la temperatura del aire, después del proceso de enfriamiento, se encuentra a una temperatura menor que la de rocío:

$$Q_i(kWh) = mas \times (h1 - h2) + mw \times clv$$

$$mas = \text{caudal masico del aire seco} \left( \frac{kg}{s} \right)$$

$$h1 = \text{entalpia del aire en condiciones iniciales} \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

$$h2 = \text{entalpia del aire enfriado} \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

$$mw = \text{caudal masico de agua} \left( \frac{kg}{s} \right)$$

$$clv = \text{calor latente de cambio de fase} \left( \frac{2501 \text{ kJ}}{kg \text{ agua}} \right)$$

Dicho esto, estas serían las potencias frigoríficas a intercambiar en función de la temperatura seca del aire en condiciones iniciales, para conseguir un salto de temperatura de 15°C:

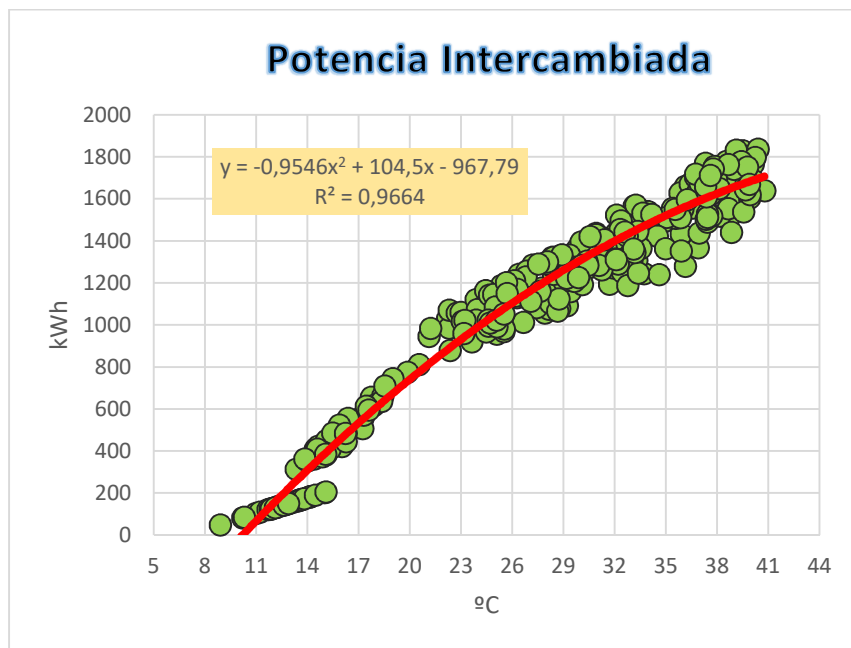


Figura 92. Potencia (Qi) requerida en función de la temperatura ambiente

La figura 92, muestra de forma clara como varían las potencias frigoríficas requeridas en función de las condiciones iniciales a pesar que el salto de temperatura es el mismo. Se puede ver como la potencia requerida, es mayor cuando la temperatura ambiente aumenta. Por lo tanto la potencia a intercambiar considerando el caso más desfavorable es:

$$Qi = 1838,27 \text{ kW}$$

En el anexo 3, están los resultados de los cálculos más significativos, así como todas las potencias requeridas.

### 15.4 Elección del compresor:

Para poder saber que compresor es el adecuado, lo primero que se tiene que saber es las potencias a intercambiar las cuales se han calculado en el apartado anterior, de esta forma ya se puede saber en qué rangos de intercambio de energía se está.

Después hay que seleccionar el tipo de compresor. Para ello, hay que buscar en los catálogos, en este caso los catálogos de Pecomark.

A partir de esto ya se puede elegir el compresor o conjunto de compresores que más se adapta a las necesidades.

El tipo de compresor va a ser el de tornillo semi-hermetico, ya que son compresor que aportan grandes potencias así como, tienen una vida útil relativamente alta.

A continuación se puede ver la hoja del catálogo de Pecomark, para los compresores de tornillo y voy a explicar de qué forma y por qué he elegido dicho compresor:

CV	GAS	Gama Tº evaporación	Rendimiento (Wattios) (*)					m³/h	Modelo	Código	€
			+7,5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C				
30	R-134a	+20 a -20	54900	40500	32700	26100	20500	84	HSK 5343-30	122803	9.349,00
	R-404A	+7,5 a -20	81300	61700	50500	41000	32900				
	R-407F	+7,5 a -20	84600	64100	52700	42900	34500				
35	R-134a	+20 a -20	67000	49500	40000	31900	25000	100	HSK 5353-35	122807	9.349,00
	R-404A	+7,5 a -20	97400	74100	60900	49600	40000				
	R-407F	+7,5 a -20	101300	77000	63500	51800	41900				
40	R-134a	+20 a -20	79100	58700	47500	38000	30000	118	HSK 5363-40	122809	9.898,00
	R-404A	+7,5 a -20	116200	88500	72700	59100	47500				
	R-407F	+7,5 a -20	120800	91900	75700	61800	49800				
40	R-134a	+12,5 a -20	95800	70700	57000	45300	35600	140	HSK 6451-40	122811	13.180,00
	R-134a	+20 a -20	95800	70700	56900	45300	35600				
	R-404A	+7,5 a -20	141300	107500	88300	71900	57900				
50	R-134a	+7,5 a -20	147000	111800	92100	75200	60700	140	HSK 6451-50	122813	13.440,00
	R-404A	+7,5 a -20	147000	111800	92100	75200	60700				
	R-407F	+7,5 a -20	147000	111800	92100	75200	60700				
40	R-134a	+12,5 a -20	114300	84700	68600	54900	43300	165	HSK 6461-40	122805	14.073,00
	R-134a	+20 a -20	114200	84700	68600	54900	43300				
	R-404A	+7,5 a -20	169900	129400	106300	86400	69500				
60	R-134a	+7,5 a -20	176700	134400	110800	90400	72900	165	HSK 6461-60	122815	14.432,00
	R-404A	+7,5 a -20	176700	134400	110800	90400	72900				
	R-407F	+7,5 a -20	176700	134400	110800	90400	72900				
50	R-134a	+12,5 a -20	138800	102300	82400	65600	51400	192	HSK 7451-50	122806	14.715,00
	R-134a	+20 a -20	138800	102300	82400	65500	51400				
	R-404A	+7,5 a -20	207000	156700	128500	104300	83700				
70	R-134a	+7,5 a -20	215000	163000	134100	109200	87800	192	HSK 7451-70	122817	15.400,00
	R-404A	+7,5 a -20	215000	163000	134100	109200	87800				
	R-407F	+7,5 a -20	215000	163000	134100	109200	87800				
60	R-134a	+12,5 a -20	159300	117500	94700	75600	59700	220	HSK 7461-60	122820	15.607,00
	R-134a	+20 a -20	159200	117500	94700	75500	59700				
	R-404A	+7,5 a -20	235000	179000	147100	119800	96700				
80	R-134a	+7,5 a -20	245000	186100	153400	125300	101200	220	HSK 7461-80	122819	16.298,00
	R-404A	+7,5 a -20	245000	186100	153400	125300	101200				
	R-407F	+7,5 a -20	245000	186100	153400	125300	101200				
70	R-134a	+12,5 a -20	173000	128300	103900	83300	65700	250	HSK 7471-70	122821	17.985,00
	R-134a	+20 a -20	173000	128300	103900	83200	65700				
	R-404A	+7,5 a -20	258000	196100	161200	131200	105500				
90	R-134a	+7,5 a -20	268000	204000	168100	137200	110600	250	HSK 7471-90	122823	18.778,00
	R-404A	+7,5 a -20	268000	204000	168100	137200	110600				
	R-407F	+7,5 a -20	268000	204000	168100	137200	110600				
80	R-134a	+12,5 a -20	213000	156700	126300	100300	78500	315	HSK 8551-80	122824	22.338,00
	R-134a	+20 a -20	213000	156700	126200	100300	78500				
	R-404A	+7,5 a -20	325000	245000	201000	162200	129600				
110	R-134a	+7,5 a -20	338000	255000	209000	169700	135900	315	HSK 8551-110	122825	23.341,00
	R-404A	+7,5 a -20	338000	255000	209000	169700	135900				
	R-407F	+7,5 a -20	338000	255000	209000	169700	135900				
90	R-134a	+12,5 a -20	243000	179200	144500	115200	90600	359	HSK 8561-90	122826	23.712,00
	R-134a	+20 a -20	243000	179100	144500	115200	90600				
	R-404A	+7,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				
125	R-134a	+15 a -20	368000	279000	229000	185500	149000	359	HSK 8561-125	122828	24.601,00
	R-404A	+7,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				
	R-407F	+7,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				

Figura 93. Catalogo Pecomark Compresor de Tornillo Semi-hermetico

Lo primero que hay que tener en cuenta es la temperatura de evaporación que se observa en la tercera columna de la izquierda. Se puede ver como hay diferentes rangos de temperatura, en los que se distingue:

- [+7,5 ; -20]°C
- [+12,5 ; -20]°C
- [+15 ; -20]°C
- [+20 ; -20]°C

Puesto que se alcanzan temperatura de evaporación de +20°C, el compresor tiene que poder trabajar a temperaturas de evaporación de entre [+20; -20] °C, por lo tanto ya se tiene la primera restricción.

Ahora hay que valorar la columna de “rendimiento (vatios)”. Esta columna indica de forma orientativa y para varias temperaturas de evaporación, la potencia frigorífica del compresor. Como la temperatura del aire, siempre se encontrara a una temperatura mayor de los 7°C, la columna que se va a tener en consideración es la de +7.5°C.

Por último, hay que elegir el compresor que más se adapte a nuestras necesidades en función de la potencia frigorífica.

Puesto que la potencia a intercambiar es mucho mayor que la potencia frigorífica que aporta un compresor, se va a elegir el compresor que mayor potencia pueda aportar.

Es por ello que se elige el siguiente compresor:

Alta / Media temperatura con regulación de capacidad incorporada, trifásicos 400 V 50 Hz PW											
CV	GAS	Gama Tº evaporación	Rendimiento (Wattios) (*)				m³/h	Modelo	Código	€	
			+7,5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C					-15 °C
30	R-134a	+20 a -20	54900	40500	32700	26100	20500	84	HSK 5343-30	122803	9.349,00
	R-404A	+7,5 a -20	81300	61700	50500	41000	32900				
	R-407F	+7,5 a -20	84600	64100	52700	42900	34500				
35	R-134a	+20 a -20	67000	49500	40000	31900	25000	100	HSK 5353-35	122807	9.349,00
	R-404A	+7,5 a -20	97400	74100	60900	49600	40000				
	R-407F	+7,5 a -20	101300	77000	63500	51800	41900				
40	R-134a	+20 a -20	79100	58700	47500	38000	30000	118	HSK 5363-40	122809	9.898,00
	R-404A	+7,5 a -20	116200	88500	72700	59100	47500				
	R-407F	+7,5 a -20	120800	91900	75700	61800	49800				
40	R-134a	+12,5 a -20	95800	70700	57000	45300	35600	140	HSK 6451-40	122811	13.180,00
	R-134a	+20 a -20	95800	70700	56900	45300	35600				
	R-404A	+7,5 a -20	141300	107500	88300	71900	57900				
50	R-134a	+12,5 a -20	147000	111800	92100	75200	60700	140	HSK 6451-50	122813	13.440,00
	R-134a	+20 a -20	147000	111800	92100	75200	60700				
	R-404A	+7,5 a -20	147000	111800	92100	75200	60700				
40	R-134a	+12,5 a -20	114300	84700	68600	54900	43300	165	HSK 6461-40	122805	14.073,00
	R-134a	+20 a -20	114200	84700	68600	54900	43300				
	R-404A	+7,5 a -20	169900	129400	106300	86400	69500				
60	R-134a	+12,5 a -20	176700	134400	110800	90400	72900	165	HSK 6461-60	122815	14.432,00
	R-134a	+20 a -20	176700	134400	110800	90400	72900				
	R-404A	+7,5 a -20	176700	134400	110800	90400	72900				
50	R-134a	+12,5 a -20	138800	102300	82400	65600	51400	192	HSK 7451-50	122806	14.715,00
	R-134a	+20 a -20	138800	102300	82400	65500	51400				
	R-404A	+7,5 a -20	207000	156700	128500	104300	83700				
70	R-134a	+12,5 a -20	215000	163000	134100	109200	87800	192	HSK 7451-70	122817	15.400,00
	R-134a	+20 a -20	215000	163000	134100	109200	87800				
	R-404A	+7,5 a -20	215000	163000	134100	109200	87800				
60	R-134a	+12,5 a -20	159300	117500	94700	75600	59700	220	HSK 7461-60	122820	15.607,00
	R-134a	+20 a -20	159200	117500	94700	75500	59700				
	R-404A	+7,5 a -20	235000	179000	147100	119800	96700				
80	R-134a	+12,5 a -20	245000	186100	153400	125300	101200	220	HSK 7461-80	122819	16.298,00
	R-134a	+20 a -20	245000	186100	153400	125300	101200				
	R-404A	+7,5 a -20	245000	186100	153400	125300	101200				
70	R-134a	+12,5 a -20	173000	128300	103900	83300	65700	250	HSK 7471-70	122821	17.985,00
	R-134a	+20 a -20	173000	128300	103900	83200	65700				
	R-404A	+7,5 a -20	258000	196100	161200	131200	105500				
90	R-134a	+12,5 a -20	268000	204000	168100	137200	110600	315	HSK 8551-80	122824	22.338,00
	R-134a	+20 a -20	268000	204000	168100	137200	110600				
	R-404A	+7,5 a -20	268000	204000	168100	137200	110600				
80	R-134a	+12,5 a -20	213000	156700	126300	100300	78500	315	HSK 8551-110	122825	23.341,00
	R-134a	+15 a -20	213000	156700	126200	100300	78500				
	R-404A	+7,5 a -20	325000	245000	201000	162200	129600				
90	R-134a	+12,5 a -20	243000	179200	144500	115200	90600	359	HSK 8561-90	122826	23.712,00
	R-134a	+15 a -20	243000	179100	144500	115200	90600				
	R-404A	+7,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				
125	R-134a	+12,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000	359	HSK 8561-125	122828	24.601,00
	R-134a	+15 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				
	R-404A	+7,5 a -20	368000	279000	229000	185500	149000				

Figura 94. Elección del compresor

Como se observa en la imagen, el compresor seleccionado es el HSK-7471-90.

Una cosa muy importante a tener en cuenta es si está permitido el uso del refrigerante. Para ello hay que revisar el “RU 517/2014”:

*“El R134a es un gas refrigerante del tipo HFC (hidrofluorcarbono) que no daña la capa de ozono. Es de baja toxicidad, no es inflamable con la presencia del aire atmosférico a temperatura inferior a 100 °C y a presión atmosférica. No es corrosivo, y es compatible con la mayoría de materiales. Sus vapores tienen un olor levemente dulce”*

Ahora ya se tiene una idea del compresor y del refrigerante que se va a utilizar, hay que visitar la página de Bitjer, la cual es la empresa fabricante del compresor.

La empresa Bitjer, incorpora en su página un software de cálculo en donde a través de tus condiciones iniciales de temperatura puedes calcular el alcance que tiene un determinado compresor y con un determinado refrigerante.



(\*) Rendimientos indicados con T° de condensación +45 °C, recalentamiento gas aspirado 10 K. Temperaturas de evaporación y condensación basadas en el punto de rocío.

Los precios INCLUYEN: Compresor de 2 rotores a perfil asimétrico con rodamientos a bolas, mod. HS; con válvulas de servicio aspiración excepto serie HS 85 y rácor para soldar en descarga, kit inyección de aceite externo series HS 53,64 y 74 (compuesto por filtro, vál. de retención de aceite), vál. retención de aceite), serie HS85 (compuesto por filtro, control de flujo y vál. de retención de aceite), vál. retención de descarga, vál. seguridad interna incorporada, sensor T° de descarga, módulo de control (1xSE-B2 y 1xSE-E1 para serie HS63, (1xSE-B2 y 1xINT369R para serie HS64 y 74), y (2x SE-B2 y 1xSE-E1 para serie HS85), amortiguadores de suspensión y caja de conexiones.

Los precios NO INCLUYEN: Válvula servicio descarga, Válvula servicio aspiración serie HS85, conexión y vál. para economizador, carga de aceite, enfriador de aceite externo ni los accesorios ni componentes de instalación relacionados en págs. anteriores.

Para R-407F: compresores aptos tanto HSK como HSN, con mayor necesidad de enfriamiento de aceite, similar a R-22. Consultar

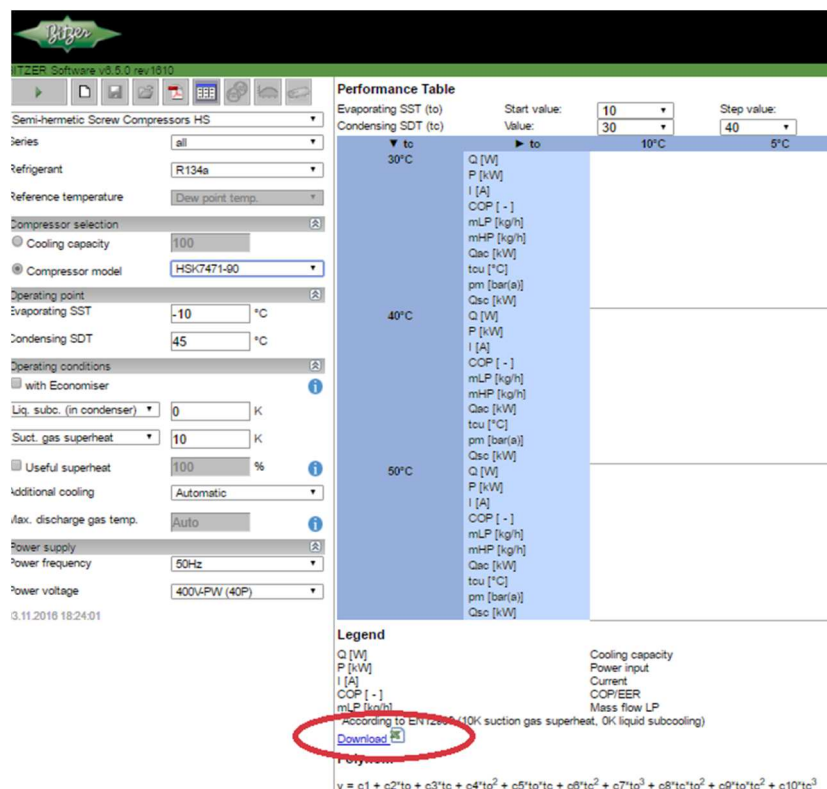
Para R-134a se recomienda escoger el modelo indicado HSK con motor de menor potencia: 40, 40, 50, 60, y 70 CV.

**R-134a / R-404A / R-407F**  
Alta / Media temperatura con regulación de capacidad incorporada, trifásicos 400 V 50 Hz PW

CV	GAS	Gama T° evaporación	Rendimiento (Wattos) (°)	m³/h	Modelo	Código	€
		+7,5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	

Figura 95. Compresor Bitjer

Como he dicho con anterioridad, las potencias frigoríficas que muestra el catálogo de Pecomark, son para unas condiciones concretas de temperaturas de evaporación y condensación. Para conocer con exactitud los parámetros de funcionamiento de dicho compresor, de la página Bitjer, hay que descargarse tal y como nuestros en la figura 96, el polinomio característico, con el refrigerante R134a:



BITJER Software v3.5.0 rev.1313

Semi-hermetic Screw Compressors HS

Series: all

Refrigerant: R134a

Reference temperature: Dew point temp.

Compressor selection: HSK7471-60

Operating point: Evaporating SST: -10 °C, Condensing SDT: 45 °C

Operating conditions: with Economiser

Liq. subc. (in condenser): 0 K

Suct. gas superheat: 10 K

Useful superheat: 100 %

Additional cooling: Automatic

Max. discharge gas temp.: Auto

Power supply: Power frequency: 50Hz, Power voltage: 400V/PW (40P)

3.11.2016 18:24:01

**Performance Table**

Evaporating SST (to): Start value: 10, Value: 30, Step value: 40

Condensing SDT (to): 10 °C, 5 °C

to	to	to
30°C	10°C	5°C
40°C		
50°C		

Legend

Q [W], P [kW], I [A], COP [-], mLP [kg/h], mHP [kg/h], Qac [kW], tou [°C], pm [bar(a)], Qsc [kW]

Cooling capacity, Power input, Current, COP/EER, Mass flow LP

According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Download

$$v = c1 + c2 \cdot t_0 + c3 \cdot t_0^2 + c4 \cdot t_0^3 + c5 \cdot t_0^4 + c6 \cdot t_0^5 + c7 \cdot t_0^6 + c8 \cdot t_0^7 + c9 \cdot t_0^8 + c10 \cdot t_0^9 + c11 \cdot t_0^{10}$$

Figura 96. Descarga excel polinomio característico

El documento excel descargado de la página de Bitjer, contiene el siguiente polinomio característico del compresor según la norma EN 12900/ AIRI 540.

A partir del cálculo de dicho compresor, se pueden conocer los parámetros más significativos del compresor. El polinomio característico, lleva incluidas las constantes que hay que aplicar para conocer cada uno de los parámetros de funcionamiento:

$$y = c1 + c2 \times t0 + c3 \times tc + c4 \times t0^2 + c5 \times t0 \times tc + c6 \times tc^2 + c7 \times t0^3 + c8 \times tc \times t0^2 + c9 \times t0 \times tc^2 + c10 \times tc^3$$

$t0 = \text{temperatura de evaporacion (}^\circ\text{C)} \sim \text{temperatura bateria (}^\circ\text{C)}$

$tc = \text{temperatura de condensacion (}^\circ\text{C)} = Ts + 15^\circ\text{C}$

El parámetro “y”, varía en función de las constantes que proporciona el fabricante siendo diferentes para cada parámetro:

“y”	c1	c2	c3	c4	c5
Q [W]	195293,293	7563,06023	-1159,5319	119,86807	-44,251583
P [W]	17830,5194	208,607002	365,015749	0,81823233	1,6855446
m [kg/h]	3361,5499	117,818777	3,88903032	1,67549624	0,12246903
I [A]	50,7347925	0,14502784	0,31460571	0,00071753	0,00633825

	c6	c7	c8	c9	c10
Q [W]	-8,8346577	0,69821179	-0,7849232	-0,1417411	0,03455622
P [W]	0,07571581	-0,0129859	0,05631247	-0,0377909	0,06691061
m [kg/h]	-0,1523424	0,01132403	-0,0013416	-0,0022674	7,3761E-05
I [A]	0,00073321	-1,122E-05	8,6359E-05	-7,855E-05	0,00010467

Tabla 1. Constantes polinomio característico

Con estas constantes y con las temperaturas de evaporación que se han calculado previamente, se puede conocer para cada caso los siguientes parámetros:

- $Q = \text{potencia frigorífica aportada por un compresor (W)}$
- $P = \text{potencia eléctrica consumida por un compresor (W)}$
- $m = \text{caudal másico de refrigerante movido por un compresor (} \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{)}$
- $I = \text{intensidad consumida por un compresor en amperios (A)}$

De los parámetros calculables a partir del polinomio facilitado por el fabricante, se han calculado los más significativos, obteniendo los siguientes resultados:

-Potencia frigorífica de un compresor (figura 97):

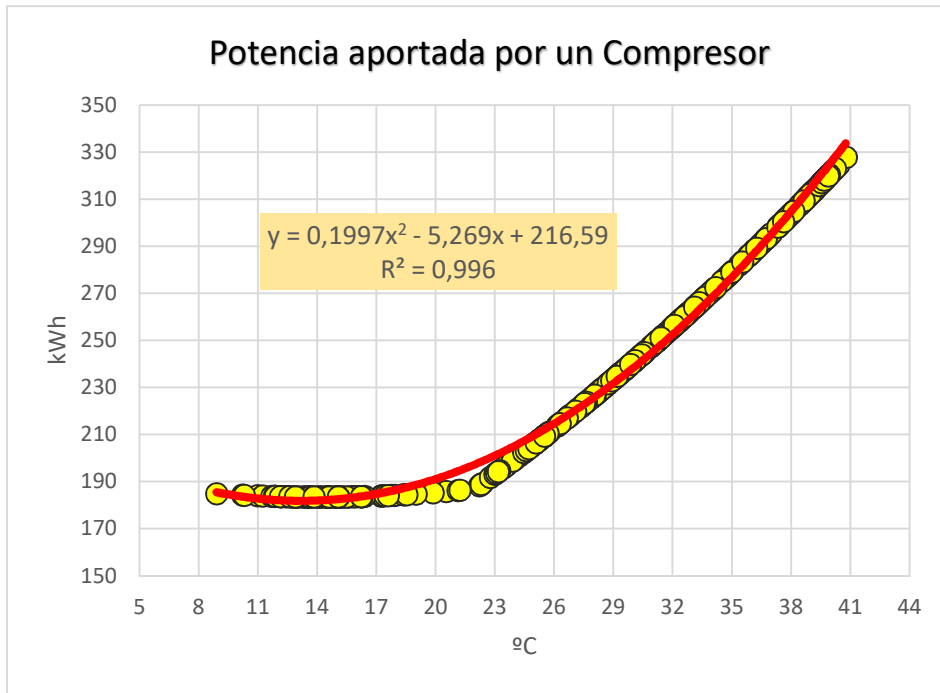


Figura 97. Energía aportada por un compresor

Como se observa en la figura 97, las condiciones ambientales de temperatura también afectan al funcionamiento del compresor, siendo necesario de una mayor cantidad de energía cuando la potencia que se quiere intercambiar es mayor.

-Potencia consumida por un compresor:

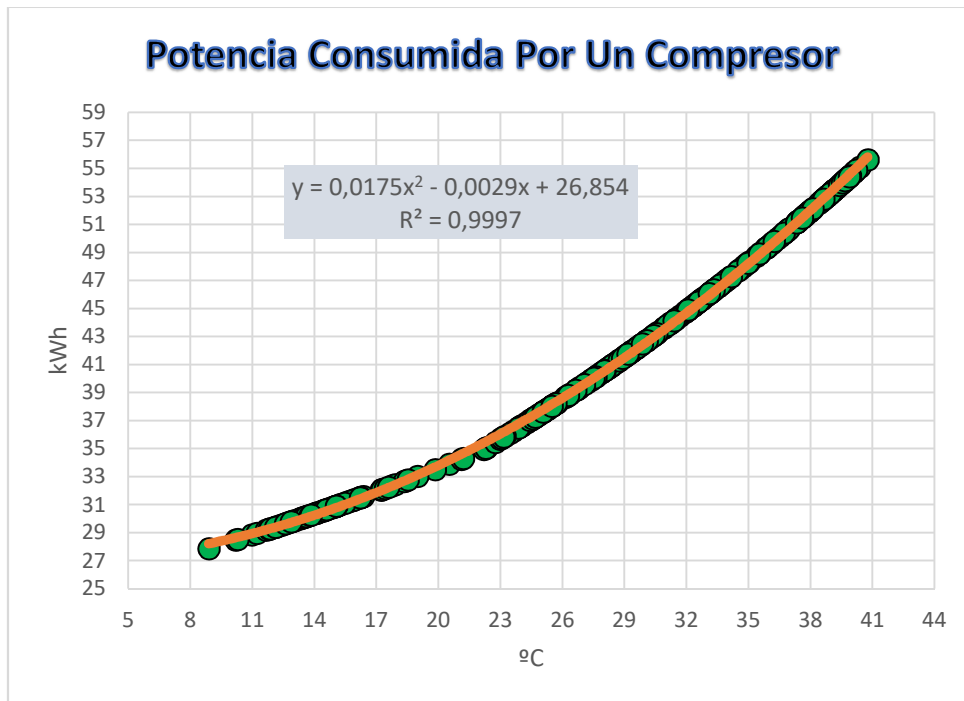


Figura 98. Potencia consumida por un compresor

Para que el compresor mantenga una misma tasa de compresión para los meses de mayor temperatura, se necesita de un mayor consumo energético. En la figura 98 se ve como el consumo energético es mayor a medida que aumenta la temperatura ambiente.

-Caudal másico de refrigerante:

De la misma forma, para mantener la potencia frigorífica requerida, para los meses de mayor temperatura, se necesita un mayor caudal másico de refrigerante circulante por el circuito. La figura 99 muestra como el caudal másico requerido es mayor, cuando la temperatura se ve incrementada.

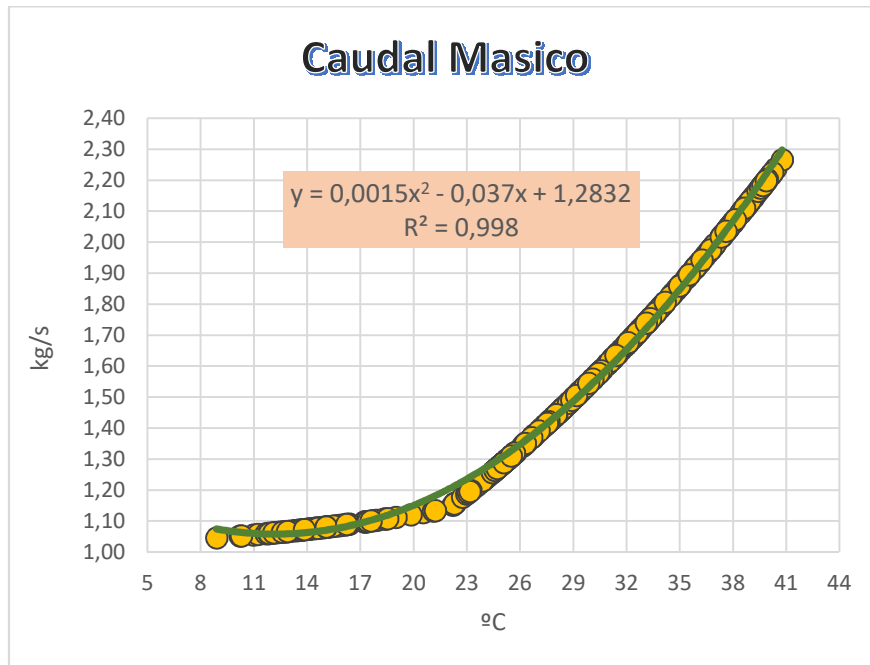


Figura 99. Caudal másico de refrigerante por un compresor

Puesto que un compresor no es suficiente para abastecer la totalidad de la potencia frigorífica requerida, se va a tener que calcular el número de compresores necesarios. Para ello se aplicara la siguiente expresión para cada uno de los 331 datos:

$$n^{\circ} \text{compresores} = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Potencia proporcionada por un compresor}}$$

A partir de este momento se buscara el cociente que más n° de compresores exija, siendo este el caso más desfavorable y coincidente con la fecha del 02/07:

$$n^{\circ} \text{compresores} = \frac{1770,50 \text{ kW}}{298,21 \text{ kW}}$$

$$n^{\circ} \text{compresores} = 5,94 \sim 6 \text{ compresores}$$

Por lo tanto nuestra máquina de producción de frío estará compuesta por 6 compresores que trabajaran de forma escalonada, aportando las potencias requeridas para proporcionar un salto térmico de 15°C y siempre y cuando la temperatura del flujo del aire no descienda de los 7°C a la entrada del compresor de la turbina.



En el anexo 4, están todos los resultados obtenidos para el cálculo con el compresor.

En el anexo 5 vendrán indicadas todas las características y dimensiones que presenta el compresor HSK-7471-90.

En la figura 100, se pueden observar como irán montados los compresores:

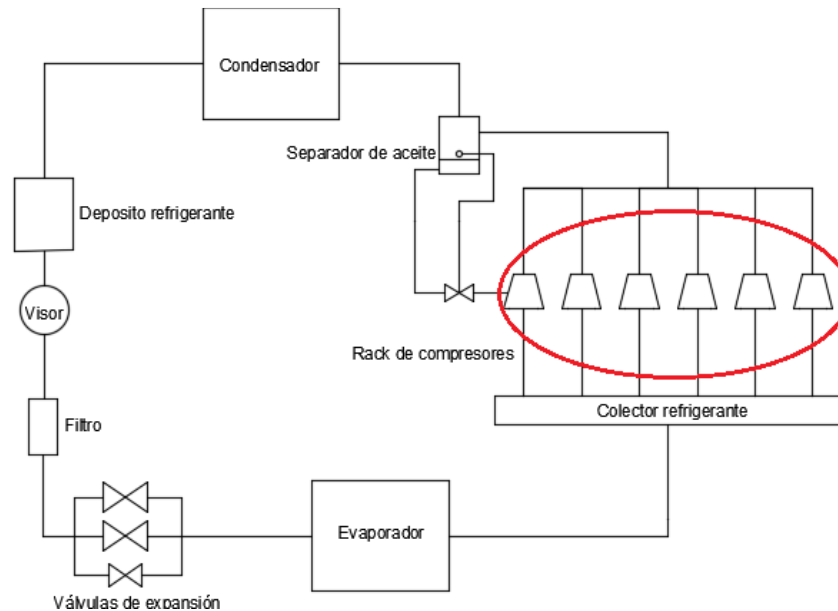


Figura 100. Posición compresores

### 15.5 Elección del evaporador y del condensador:

Una vez obtenida la potencia frigorífica que aportará el conjunto de compresores, así como el caudal másico de refrigerante circulante por el circuito, queda definir y determinar dos elementos muy importantes, como son el condensador y el evaporador.

**Condensador:** es un intercambiador de tubos aleteado siendo su función la de condensar el refrigerante después de su paso por el compresor a partir del intercambio de calor entre el aire y el refrigerante.

**Evaporador:** es un intercambiador de tubos aleteado de flujo cruzado el cual se encarga de intercambiar calor entre el refrigerante a muy baja temperatura, y el aire a enfriar. Este intercambiador iría situado después de los filtros del aire de la turbina de tal forma que el aire entre en unas condiciones de refrigeración lo más óptimas posible.

Para conformar el conjunto de la instalación de frío, se necesita de un condensador y de un evaporador. Entre ellos existen dos diferencias fundamentales, la primera es la temperatura de trabajo, la segunda es las restricciones de diseño. Para el caso del condensador, trabaja a temperaturas mucho más altas y requiere de un diseño lo más sencillo posible, cumpliendo con los requerimientos energéticos.

El evaporador trabaja a temperaturas mucho más bajas y puesto que está situado en el conducto de entrada de la turbina, tiene que adaptarse las medidas de dicho conducto.

Para la elección de los intercambiadores, y más con unas características tan específicas, lo más habitual es contactar con un proveedor al cual le indicas el  $\Delta T$ , refrigerante,

dimensiones generales y  $Q_i$  (kW) y el diseña un intercambiador cumpliendo con las restricciones que el usuario le ha planteado.

Para tener un valor aproximado del área de intercambio, se va hacer el cálculo del condensador y del evaporador para el caso más desfavorable el cual coincide con la potencia frigorífica más alta aportada por el conjunto de compresores.

- **Calculo evaporador para el caso más desfavorable:**

El intercambiador elegido va a ser un intercambiador de tubos de flujo cruzado y sin mezcla:

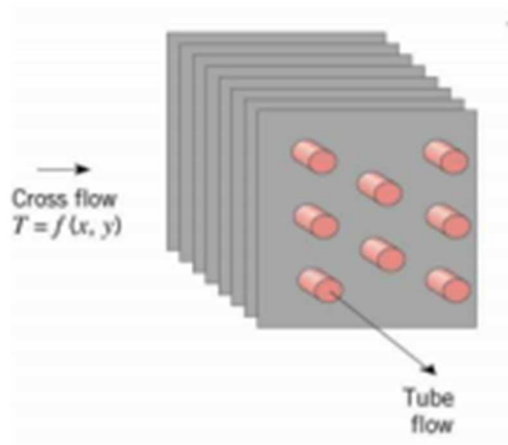


Figura 101. Intercambiador de tubos de flujo cruzado

Las restricciones de diseño que presenta el evaporador, es que las medidas deben de ser de ser mayores de 2,5m, ya que el conducto del aire es de dicho diámetro:

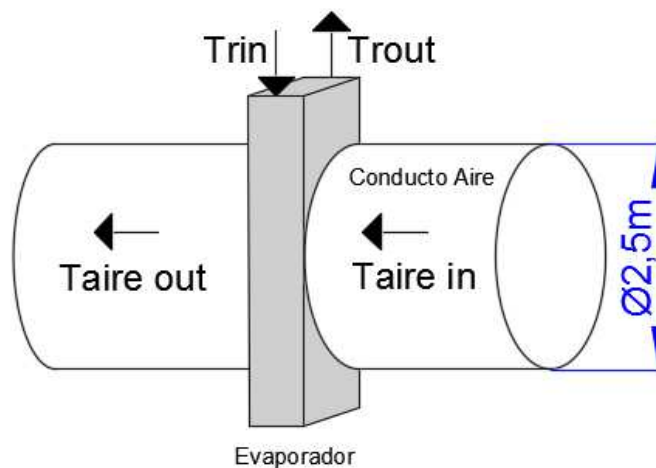


Figura 102. Colocación del evaporador

Puesto que el caso más desfavorable es para el caso en que la potencia a intercambiar es mayor, se va a realizar el cálculo para los siguientes valores:

Qi(W)	1967703
Taire in (K)	313,92
Taire in (°C)	40,77
Taire out (K)	298,92
Taire out (°C)	25,77
Trin (K)	293,77
Trin (°C)	20,77
Trout (K)	293,77
Trout (°C)	20,77
Trout*(K)	298,77
Trout*(°C)	25,62

Tabla 2. Datos para cálculo evaporador

*Qi = potencia frigorífica a intercambiar (W)*

*Taire in = temperatura del aire antes de su paso por el intercambiador*

*Taire out = temperatura del aire después de su paso por el intercambiador*

*Trin = temperatura del refrigerante antes de su paso por el intercambiador*

*Trout = temperatura del refrigerante después de su paso por el intercambiador*

*Trout \*= temperatura efrigerante después del intercambiador, con recalentamiento.*

Potencia intercambiada (Qi):

A partir de esta expresión se determinará el coeficiente global de transmisión de calor UA:

$$Q = UA \times \Delta T_{lm} \times F$$

*Qi = potencia frigorífica (W)*

*UA = coeficiente global de transmisión de calor  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$*

*$\Delta T_{lm}$  = salto logaritmico medio (K)*

- Salto logarítmico medio:

Para el cálculo del salto logarítmico medio es despreciable el recalentamiento:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$\Delta T_1 = T_{airein}(K) - Trout(K)$$

$$\Delta T_1 = 313,92 - 293,77 = 20,15K$$

$$\Delta T_2 = T_{aireout}(K) - Trin(K)$$

$$\Delta T_2 = 298,92 - 293,77 = 5,15K$$

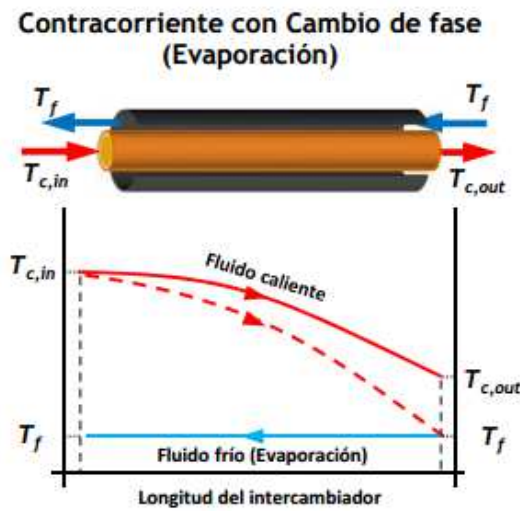


Figura 103. Cambio de fase evaporador

$$\Delta T_{lm} = \frac{20,15 - 5,15}{\ln\left(\frac{20,15}{5,15}\right)} = 11K$$

- Factor de corrección F:

Factor de corrección para intercambiadores de flujo cruzado obtenidos de la forma analítica por Browman:

$$P = \frac{Trout * -Trin}{Tairein - Trin}$$

$$P = \frac{25,62 - 20,77}{40,77 - 20,77} = 0,245$$

$$R = \frac{Tairein - Taireout}{Trout - Trin}$$

$$R = \frac{40,77 - 25,77}{25,62 - 20,77} = 3$$

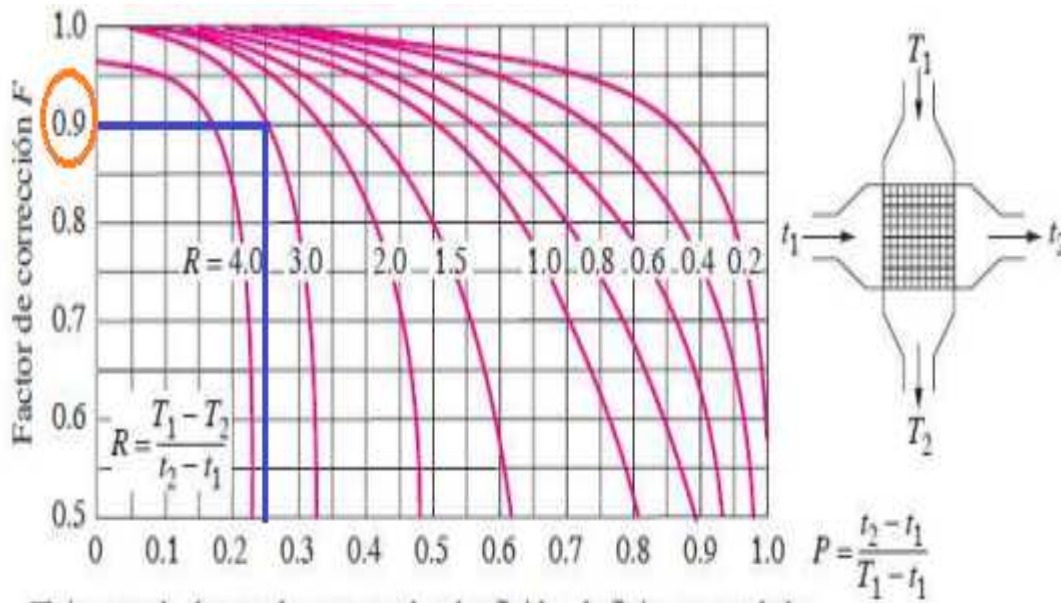


Figura 104. Factor de corrección según Browman

$$F = 0,9$$

- Coeficiente global de transmisión de Calor UA:

Conocidos todos los parámetros, ya se puede obtener el coeficiente global de transmisión:

$$U \times A = \frac{Q_i}{\Delta T_{lm} \times F}$$

$Q_i$  = potencia a intercambiar (W)

$\Delta T_{lm}$  = salto logaritmico medito (K)

$F$  = factor de correccion (adimensional)

$$U \times A = \frac{1967703}{11 \times 0,9}$$

$$U \times A = 198841,1 \frac{W}{K}$$

- Coeficiente de transmisión de calor U:

Para poder hallar el área de intercambio de energía hay que calcular el coeficiente de transmisión U, de esta forma podremos despejar la A del apartado anterior:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \frac{R_{incr\_i}}{S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{R_{incr\_e}}{S_e} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

Ahora se va a calcular cada uno de los parámetros de la expresión, sin considerar las resistencias por incrustación ya que antes de su paso por el intercambiador, el aire de admisión pasa por el sistema de filtros que tiene en su conjunto la turbina. Por lo tanto el aire a su paso por el evaporador, se encuentra en condiciones higiénicas adecuadas:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

- Coeficiente de película del aire  $h_e$ :

El tipo de análisis a realizar es para convección externa forzada sobre banco de tubos.

Comenzamos con el cálculo del número de Reynolds (Re), que para la configuración designada se define como:

$$Re = \frac{V_{max} \times D_{ext}}{\nu}$$

$Re =$  determina la condicion de turbulencia del tubo(adimensional)

$D_{ext} =$  diametro exterior del tubo del intercambiador(m)

$\nu =$  viscosidad cinematica del aire  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

$V_{max} =$  velocidad maxima que viene determinada por la distribucion de los tubos  $\left(\frac{m}{s}\right)$

La distribución estandarizada elegida para los tubos del intercambiador es la siguiente:

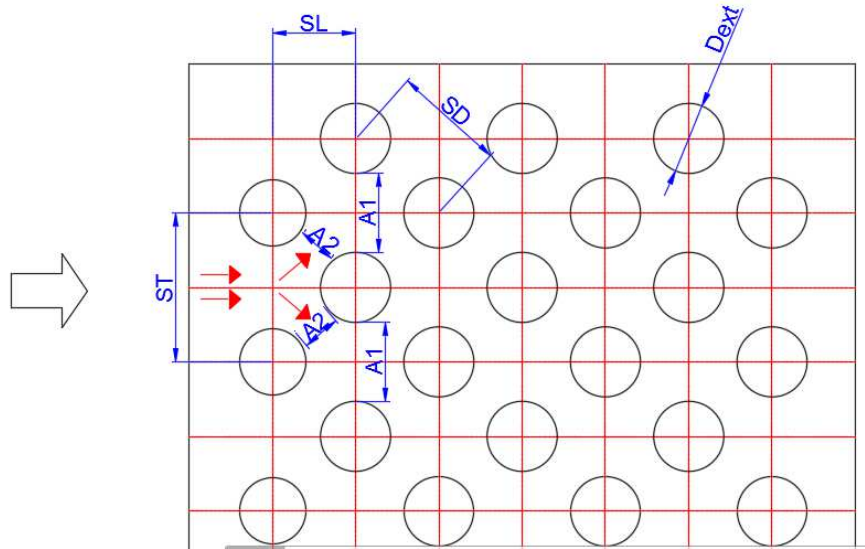


Figura 105. Distribución al tresbolillo

Para proceder con el cálculo, sabemos que para un flujo de aire a través de tubos compuestos por más de 10 líneas, Grimison obtuvo la siguiente correlación:

$$NuD = C1 \times ReDmax^m$$

El número de Reynolds para las correlaciones anteriores se basan en la velocidad máxima del fluido que ocurre dentro del banco de tubos. Según el diseño del intercambiador, la velocidad máxima se alcanzara en A1 o en A2, según esta condición:

$$2 \times (SD - Dext) < (ST - Dext)$$

Siendo la siguiente distribución de tubos:

$$\nu = \text{viscosidad cinemática del aire} = 2,095 \times 10^{-6}$$

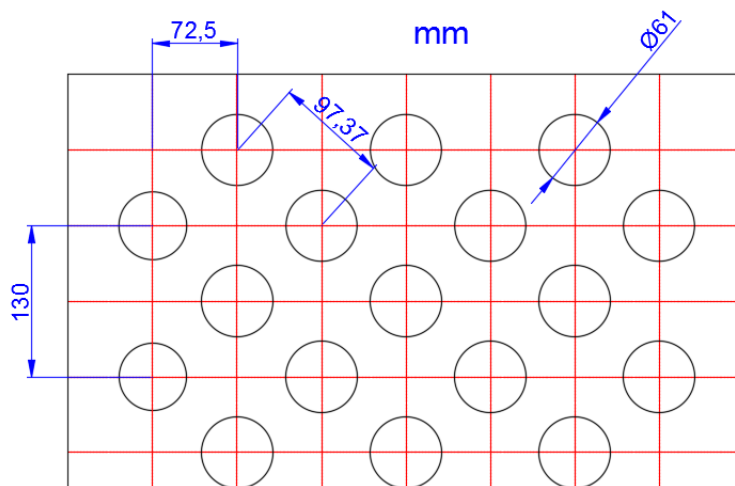


Figura 106. Distribución de tubos

$$2 \times (97,37 - 61) > (130 - 61)$$

$$72,74 > 69$$

Por lo que la velocidad máxima se producirá en A1:

$$V_{max} = \frac{ST}{ST - Dext} \times V$$

$V = \text{velocidad del aire } \left(\frac{m}{s}\right)$

$$V = \frac{Q}{A_{conducto}}$$

$Q = \text{caudal de aire } \left(\frac{m^3}{s}\right)$

$$Q = 22,22 \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$A_{conducto} = \text{area de la seccion del conducto de aire } (m^2)$

$\text{Diametro conducto} = 2,5m$

$A_{conducto} = 4,908 m^2$

$$V = \frac{22,22}{4,908}$$

$$V = 4,52 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto la velocidad máxima alcanzada en A1 es:

$$V_{max} = \frac{130}{130 - 61} \times 4,52$$

$$\mathbf{V_{max} = 8,52 \frac{m}{s}}$$

Ahora ya se puede calcular el valor de Reynolds:

$$Re = \frac{V_{max} \times Dext}{\nu}$$



$\nu(40^{\circ}\text{C}) = 1,70 \times 10^{-5}$  (Tabla del anexo 6)

$$Re = \frac{8,52 \times 0,061}{1,7 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 30521,30$$

Ahora utilizaremos la expresión de Hilpert que relaciona el número de Nusselt, con el coeficiente de convección y el número de Reynolds:

$$NU = \frac{h_{ext} \times D_{ext}}{K} = C1 \times Re^m \times Pr^{\frac{1}{3}}$$

Los coeficientes C1 y m se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 6.5.1: Coeficiente  $C_1$  y  $m$  de la correlación de Grimison (16)

Distribución	$S_T/D$	$S_T/D$							
		1.25		1.50		2.00		3.00	
		$C_1$	$m$	$C_1$	$m$	$C_1$	$m$	$C_1$	$m$
En línea	1.25	0.348	0.592	0.275	0.608	0.100	0.704	0.0633	0.752
	1.50	0.367	0.586	0.250	0.620	0.101	0.702	0.0678	0.744
	2.00	0.418	0.570	0.299	0.602	0.229	0.632	0.198	0.648
	3.00	0.290	0.601	0.357	0.584	0.374	0.581	0.286	0.608
Cruzada	0.600	-	-	-	-	-	-	0.213	0.636
	0.900	-	-	-	-	0.446	0.571	0.401	0.581
	1.000	-	-	0.479	0.558	-	-	-	-
	1.125	-	-	-	-	0.478	0.565	0.518	0.560
	1.250	0.518	0.556	0.505	0.554	0.519	0.556	0.522	0.562
	1.500	0.451	0.568	0.460	0.562	0.452	0.568	0.488	0.568
	2.000	0.404	0.572	0.416	0.568	0.482	0.556	0.449	0.570
3.000	0.310	0.592	0.356	0.580	0.440	0.562	0.428	0.574	

Tabla 3. Coeficientes de Grimison

Para obtener los coeficientes se deben de definir los siguientes parámetros:

$$\frac{SL}{D_{ext}} = \frac{72,5}{61} = 1,19$$

$$\frac{ST}{D_{ext}} = \frac{130}{61} = 2,13$$

Con estos valores se realiza una interpolación a partir de la tabla obteniendo:

$$m = 0,564$$

$$c1 = 0,483$$

Con todos los valores obtenidos y según se definió anteriormente:

$$NU = 0,0483 \times 30521,30^{0,564} \times 0,70149^{\frac{1}{3}}$$

$$NU = 146,89$$

$$Pr(40^{\circ}C) = 0,70149 \text{ (tabla anexo 5)}$$

Ahora ya se puede calcular el coeficiente de convección del aire:

$$h_{ext} = \frac{K \times NU}{D_{ext}}$$

$$K = \text{conductividad termica del aire} = 0,062 \frac{W}{mK}$$

$$D_{ext}(m)$$

$$h_{ext} = \frac{0,062 \times 146,89}{0,061}$$

$$h_{ext} = 64,10 \frac{W}{m^2K}$$

- Calculo del coeficiente de convección interior hint:

Para el cálculo del coeficiente interior, necesitaríamos un número elevado de datos y suposiciones, es por ello que se va hacer uso de la siguiente grafica extraída del libro “Heat Exchangers Selection, Rating and Thermal design” de forma que obtengamos el valor aproximado:

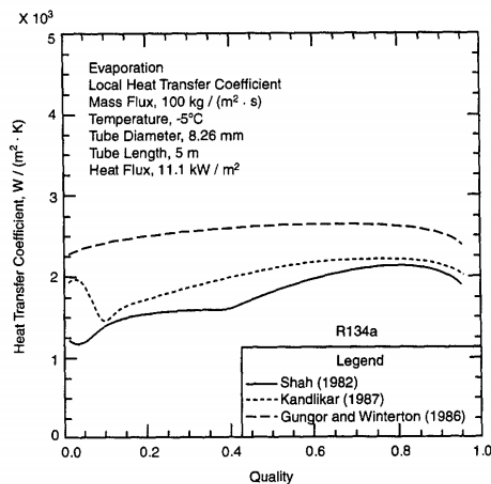


Figura 107. Coeficiente interior de película R134a

De la siguiente grafica se extrae el hint siendo:

$$hint = 2000 \frac{K}{m^2 K}$$

- Calculo de la longitud del tubo:

Para conocer la resistencia por conducción que presenta el conducto interior hay que conocer la longitud total de este:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aletas}} \right) \right]}$$

La longitud se puede calcular como:

Para calcular la longitud hay que plantear antes, las medidas del evaporador. Como he nombrado al inicio del apartado, la única restricción de diseño que presenta el evaporador es que las medidas deben de ser >2,5m, es por ello que para el primer estudio se ha optado por la siguiente configuración:

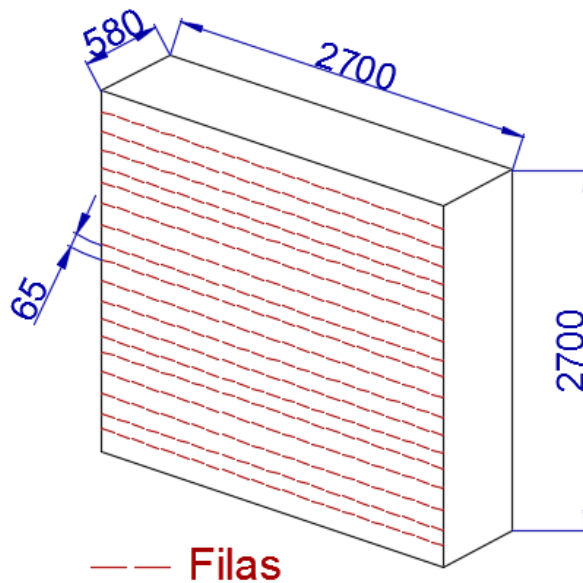


Figura 108. Distribución filas

Todas las medidas están en mm y la distancia entre filas es de 65mm. Una vez planteada las medidas iniciales, vamos a calcular el número de filas:

$$n^{\circ} huecos = \frac{h}{Sep_{filas}}$$

$$n^{\circ} huecos = \frac{2700}{65}$$

$$n^{\circ}hucos = 41,53 \sim 42 \text{ hucos}$$

Ahora hay que recalcular las medidas del evaporador

:

$$h = Sepfilas \times n^{\circ}hucos$$

$$h = 65 \times 42$$

$$h = 2730mm$$

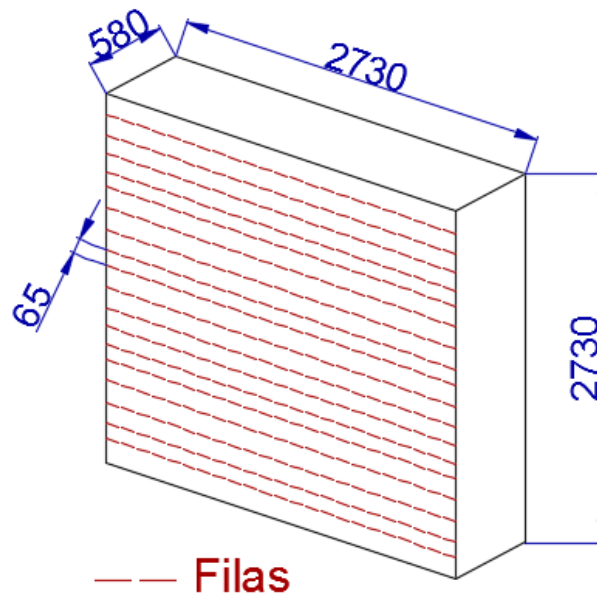


Figura 109. Medidas finales evaporador

Ahora ya se pueden calcular el número de filas como:

$$n^{\circ}filas = n^{\circ}hucos - 1$$

$$n^{\circ}filas = 41 \text{ filas}$$

Por lo tanto la longitud total del tubo será:

$$Ltub = n^{\circ}filas \times anchuraevaporador$$

$$Ltub = 41 \times 2730$$

$$Ltub = 111,93m$$

Una vez obtenida la longitud total del tubo, ya se puede calcular la superficie interior de intercambio de calor:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

$$S_i = 2\pi \times R_i \times L_{tub}$$

$$S_i = 2\pi \times 29 \times 10^{-3} \times 111,93$$

$$S_i = 20,38 m^2$$

- Calculo Aletas:

Para el caculo de las aletas, se va a proceder a determinar cada uno de los parámetros marcados en rojo de la expresión del coeficiente de transmisión de calor:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

Donde:

*Alibre = area no ocupada por los tubos en el interior del intercambiador*

*nA = numero de aletas totales*

*SA = superficie de una aleta considerando ambas caras*

*ηA = eficiencia de la aleta*

Alibre:

El área libre se pude definir, como todo aquel espacio en el interior del evaporador, que no está ocupado por los tubos por lo tanto:

$$Alibre = A_{totalaleta} - n^{\circ} tubos \times S_e$$

Donde:

*A<sub>totalaleta</sub> = areatotal ocupada por las aletas*

$$A_{totalaleta} = e_{evap} \times h$$

$e_{evap}$  = espesor del evaporador

$h$  = altura del evaporador

$$A_{totalalet} = 580mm \times 2730mm$$

$$A_{totalalet} = 1.583.400mm^2$$

Una vez obtenida el área total aleteada, vamos a calcular el número de tubos, puesto que la distribución es al tresbolillo se tienen filas con 3 tubos y filas con 4 tubos, siendo el total:

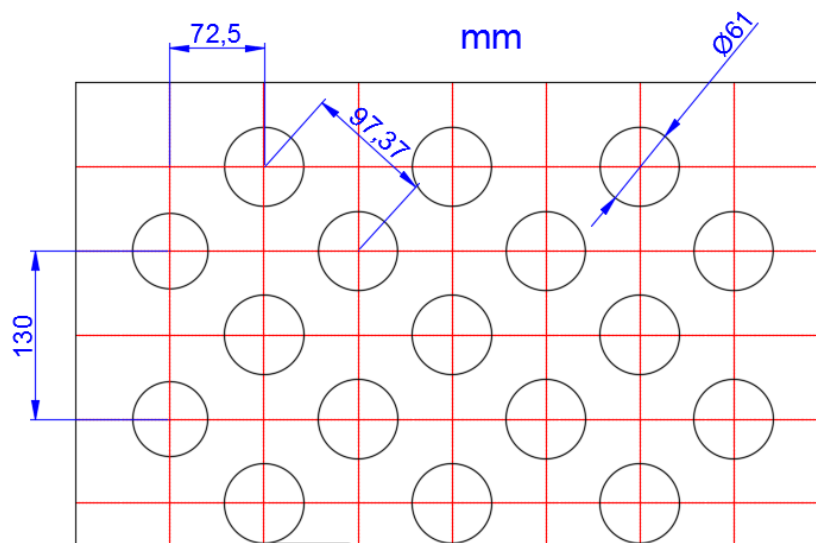


Figura 110. Distribución tubos

$$\text{filas con 3 tubos} = 21$$

$$\text{filas con 4 tubos} = 20$$

$$n^{\circ}\text{tubos } 3 = 21 \times 3 = 63$$

$$n^{\circ}\text{tubos } 4 = 20 \times 4 = 80$$

$$n^{\circ}\text{tubos} = 143$$

Después de obtener el número de tubos, ya se puede obtener la superficie exterior del tubo:

$$S_e = \frac{\pi}{4} \times D_{ext}^2$$

$$Se = \frac{\pi}{4} \times 61^2$$

$$Se = 2920,99mm^2$$

Por lo tanto:

$$Alibre = Atotalalet - n^{\circ}tubos \times Se$$

$$Alibre = 1583400 - 143 \times 2920,99$$

$$Alibre = 1165699,15mm^2$$

Ahora hay que calcular el diámetro exterior de la aleta:

$$\frac{Alibre}{n^{\circ}tubos} = \frac{\pi}{4} \times Dealeta^2 - Se$$

$$Dealeta = \sqrt{\frac{\left(\frac{Alibre}{n^{\circ}tubos} - Se\right) \times 4}{\pi}}$$

$$Dealeta = \sqrt{\frac{\left(\frac{1165699,15}{143} - 2920,99\right) \times 4}{\pi}}$$

$$Dealeta = 118,77mm$$

Ahora se van a calcular el número total de aletas:

$$n^{\circ}aletas = n^{\circ}aletas \text{ por tubo} \times n^{\circ}tubos$$

$$n^{\circ}aletas = \frac{anchuraevap}{Saletas} \times n^{\circ}tubos$$

*Saletas = separacion entre aletas*

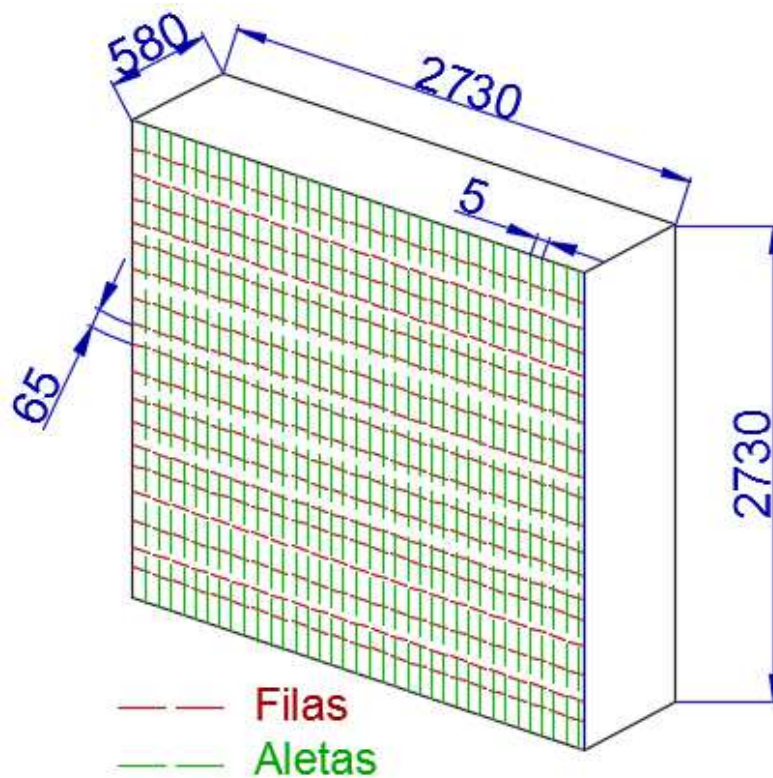


Figura 111. Separación aletas

$$n^{\circ}aletas = \frac{2730mm}{5mm} \times 143$$

$$n^{\circ}aletas = 78078$$

Por último solo queda calcular la eficiencia de la aleta ( $\eta_{aleta}$ ):

$$\eta_{aleta} = \frac{\tanh(m \times rialeta \times \varphi)}{m \times rialeta \times \varphi}$$

Donde:

*rialeta = radio interior de la aleta = rextubo*

$$m = \sqrt{\frac{2 \times hext}{K \times e}}$$



Donde:

$h_{ext}$  = coeficiente de película exterior

$K$  = conductividad térmica del material de la aleta (cobre)

$e$  = espesor de la aleta

La conductividad térmica del cobre lo extraigo de los apuntes de conducción de la asignatura de ingeniería térmica:

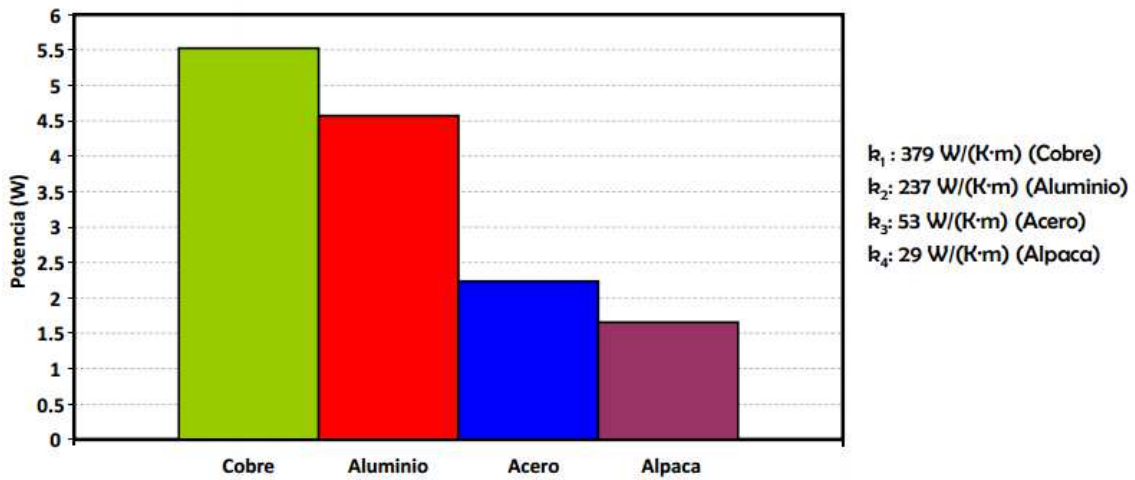


Figura 112. Resistencia térmica de los metales

$$K_{cobre} = 379 \frac{W}{K \cdot m}$$

El espesor de la aleta se va a considerar de 2mm:

$$m = \sqrt{\frac{2 \times 64,10}{379 \times 2 \times 10^{-3}}}$$

$$m = 13,01$$

Por ultimo hay que calcular el parámetro " $\varphi$ ":

$$\varphi = \left( \frac{r_e}{r_i} - 1 \right) \times \left[ 1 + 0,35 \times \ln \left( \frac{r_e}{r_i} \right) \right]$$

Donde:

$r_e = \text{radio exterior de la aleta}$

$r_i = \text{radio interior de la aleta}$

$$\varphi = \left( \frac{59,38}{30,50} - 1 \right) \times \left[ 1 + 0,35 \times \ln \left( \frac{59,38}{30,50} \right) \right]$$

$$\varphi = 1,1678$$

Por ultimo:

$$\eta_{aleta} = \frac{\tanh(13,01 \times 30,50 \times 1,1678)}{13,01 \times 30,50 \times 1,1678}$$

$$\eta_{aleta} = 0,0021587$$

Conocidos todos los coeficientes, ya se puede calcular el coeficiente global de transmisión U:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{2000 \times 20,38} + \sum \frac{\ln\left(\frac{30,5}{29}\right)}{2\pi \times 379 \times 111,93} + \frac{1}{64,10} \times \left( \frac{1}{1,1656 + 78078 \times 0,016303 \times 0,00215} \right) \right]}$$

$$U_{cilindro} = 249,33 \frac{W}{m^2 \times K}$$

Una vez obtenido el coeficiente global de transmisión de calor, ya se puede calcular el área de intercambio:

$$U \times A = 198841,1 \frac{W}{K}$$

$$249,33 \times A = 198841,1 \frac{W}{K}$$

$$A = 797,51 m^2$$

Ahora ya sabemos de forma aproximada el área de intercambio del evaporador, por lo que podemos contrastar esta medida con la que nos proporcione el proveedor.

De la misma forma que se ha calculado el área para el evaporador, se va a calcular para el condensador.

Por lo tanto ahora ya se tiene otro elemento principal como el que es el evaporador:

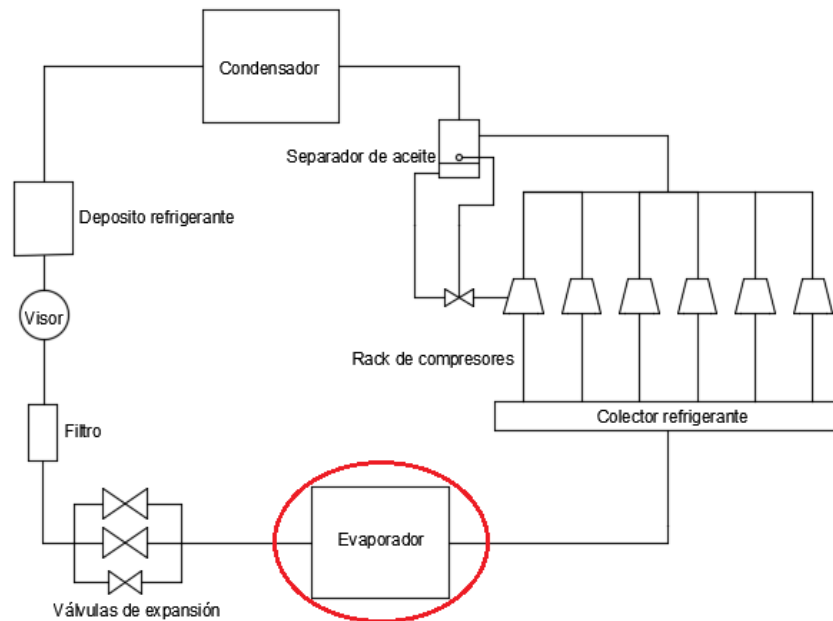


Figura 113. Evaporador

- **Calculo condensador para el caso más desfavorable:**

Aunque la potencia a intercambiar sea la misma, las temperaturas y coeficientes de funcionamiento, son diferentes. Aunque para el caso del condensador, no se necesiten unas dimensiones tan estrictas, sí que es preferible que lo más parecido posible al evaporador, de forma que se abaraten costes de diseño, ya que hay cosas que se pueden fabricar para ambos.

El intercambiador elegido va a ser un intercambiador de tubos de flujo cruzado y sin mezcla, como el evaporador.

Puesto que el caso más desfavorable es el caso en que la potencia a intercambiar es mayor, se va a realizar el cálculo para los siguientes valores:

Qi(W)	1967703
Taire in (K)	313,92
Taire in (°C)	40,77
Taire out (K)	319,92
Taire out (°C)	51,77
Trin (K)	328,92
Trin (°C)	55,77
Trout (K)	328,92
Trout (°C)	55,77
Trout*(K)	327,92
Trout*(°C)	54,77

Tabla 4. Datos para el compresor

$Q_i$  = potencia frigorífica a intercambiar (W)

$T_{aire\ in}$  = temperatura del aire antes de su paso por el condensador

$T_{aire\ out}$  = temperatura del aire después de su paso por el condensador

$T_{rin}$  = temperatura del refrigerante antes de su paso por el condensador

$T_{rout}$  = temperatura del refrigerante después de su paso por el condensador

$T_{rout\ *}$  = temperatura refrigerante después paso intercambiador con recalentamiento.

- Potencia intercambiada:

A partir de esta expresión se determinará el coeficiente global de transmisión de calor UA:

$$Q = UA \times \Delta T_{lm} \times F$$

$Q_i$  = potencia frigorífica (W)

UA = coeficiente global de transmisión de calor  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$

$\Delta T_{lm}$  = salto logaritmico medio (K)

Salto logarítmico medio:

Para el cálculo del salto logarítmico medio es despreciable el recalentamiento:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$\Delta T_1 = T_{rin}(K) - T_{aireout}(K)$$

$$\Delta T_1 = 328,92 - 319,92 = 9K$$

$$\Delta T_2 = T_{rout}(K) - T_{airein}(K)$$

$$\Delta T_2 = 328,92 - 313,92 = 15K$$

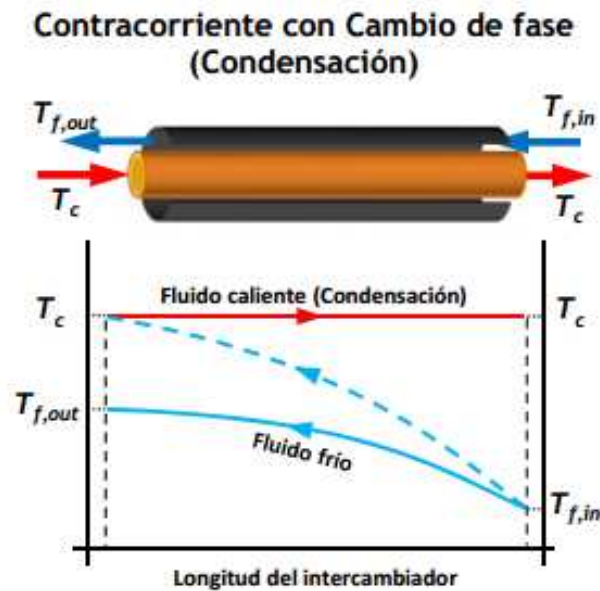


Figura 114. Cambio de fase en un condensador

$$\Delta T_{lm} = \frac{10 - 15}{\ln\left(\frac{10}{15}\right)} = 11,75K$$

- Factor de corrección F:

Factor de corrección para intercambiadores de flujo cruzado obtenidos de la forma analítica por Browman:

$$P = \frac{T_{rout} * -T_{rin}}{T_{airein} - T_{rin}}$$

$$P = \frac{50,77 - 40,77}{55,77 - 40,77} = 0,667$$

$$R = \frac{T_{airein} - T_{aireout}}{T_{rout} * -T_{rin}}$$

$$R = \frac{55,77 - 54,77}{50,77 - 40,77} = 0,1$$

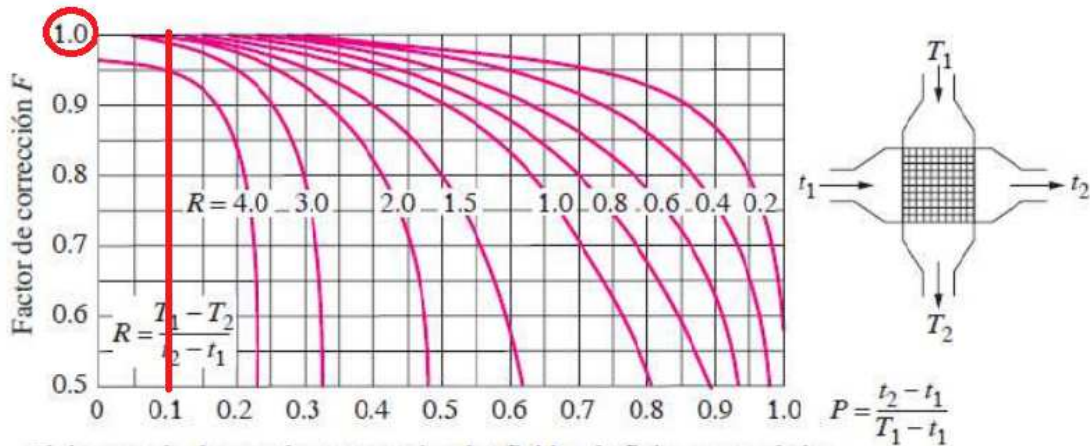


Figura 115. Flujo cruzado de un solo paso, con dos fluidos de flujo no mezclados

$$F = 1$$

- Coeficiente global de transmisión de Calor UA:

$$U \times A = \frac{Q_i}{\Delta T_{lm} \times F}$$

$Q_i$  = potencia a intercambiar (W)

$\Delta T_{lm}$  = salto logaritmico medito (K)

$F$  = factor de correccion (adimensional)

$$U \times A = \frac{1967703}{11,75 \times 1}$$

$$U \times A = 198841,10 \frac{W}{mK}$$

- Coeficiente de transmisión de calor U:

Para poder hallar el área de intercambio de energía hay que calcular el coeficiente de transmisión U, para poder despejar la A del apartado anterior:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \frac{R_{incr\_i}}{S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{R_{incr\_e}}{S_e} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{A_{libre} + nA \times SA \times \eta_{aletas}} \right) \right]}$$

Ahora se va a calcular cada uno de los parámetros de la expresión, sin considerar las resistencias por incrustación ya que resultan despreciables en comparación de las resistencias por convección y conducción:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{A_{libre} + nA \times SA \times \eta_{aletas}} \right) \right]}$$

Coeficiente de película del aire he:

El tipo de análisis a realizar es para convección externa forzada sobre banco de tubos.

Comenzamos con el cálculo del número de Reynolds (Re), que para la configuración designada se define como:

$$Re = \frac{V_{max} \times D_{ext}}{\nu}$$

*Re = determina la condicion de turbulencia del tubo*

*Dext = diametro exterior del tubo del intercambiador(m)*

*ν = viscosidad cinematica del aire  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$*

*Vmax = velocidad maxima que viene determinada por la distribucion de los tubos  $\left(\frac{m}{s}\right)$*

La distribución estandarizada elegida para los tubos del intercambiador es la siguiente:

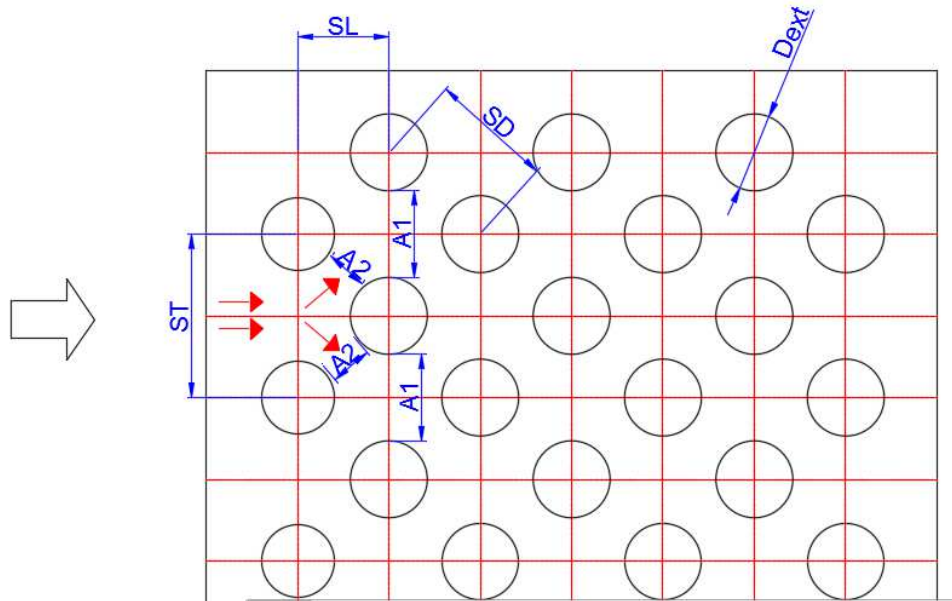


Figura 116. Distribución al tresbolillo

Para proceder con el cálculo, sabemos que para un flujo de aire a través de tubos compuestos por más de 10 líneas, Grimison obtuvo la siguiente correlación:

$$NuD = C1 \times ReDmax^m$$

El número de Reynolds para las correlaciones anteriores se basan en la velocidad máxima del fluido que ocurre dentro del banco de tubos. Según el diseño del intercambiador, la velocidad máxima se alcanzara en A1 o en A2, según esta condición:

$$2 \times (SD - Dext) < (ST - Dext)$$

Siendo la siguiente distribución de tubos:

$$v = \text{viscosidad cinematica} = 2,095 \times 10^{-6}$$

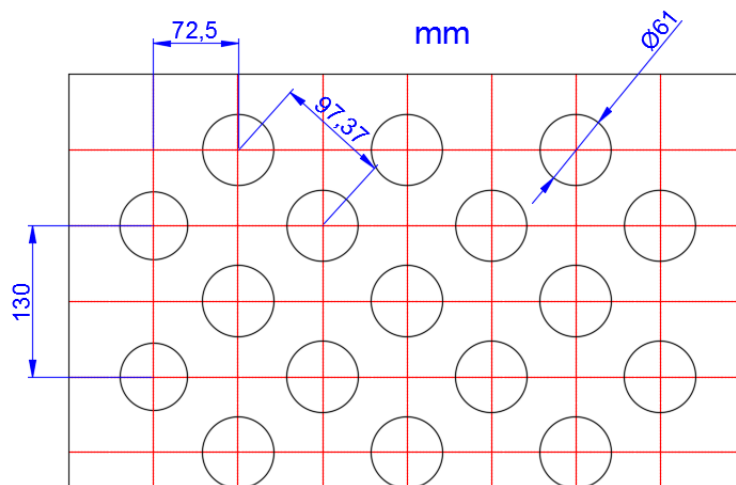


Figura 117. Distancias tubos

$$2 \times (97,37 - 61) > (130 - 61)$$



$$72,74 > 69$$

Por lo que la velocidad máxima se producirá en A1:

$$V_{max} = \frac{ST}{ST - D_{ext}} \times V$$

$V = \text{velocidad del aire } \left(\frac{m}{s}\right)$

Para el caso del condensador, el caudal de aire que pasa a través del intercambiador, es impulsado a través de un intercambiador. Para saber la velocidad del mismo hay que remontarse al catálogo de Pecomark elegir un ventilador. La condición principal para la elección del ventilador o ventiladores es que el aire impulsado ocupe la totalidad de la superficie del condensador.

Puesto que la superficie del condensador es:

$$Sup = \text{anchura} \times \text{altura}$$

$$Sup = 2,73 \times 2,73$$

$$Sup = 7,45m^2$$

Otra condición muy importante es saber qué decremento de temperatura, tendrá el refrigerante en el condensador, y que salto de temperatura sufrirá el aire.

Por lo tanto y en base a esto se ha elegido el siguiente ventilador:

**Características**  
**Alta velocidad de ventilación 1360 r.p.m.**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores trifásicos 400 V 50 Hz N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. WED	ΔT=6 TC=+1 °C
IDE 41 A-07 AV	33,10	1	450	0,79	4200	2×12	5040	5720
IDE 41 B-07 AV	44,30	1	450	0,79	4000	2×11	5040	6750
IDE 42 A-07 AV	66,80	2	450	1,58	8400	2×13	10200	11560
IDE 42 B-07 AV	88,70	2	450	1,58	8000	2×12	10200	13110
IDE 43 A-07 AV	99,90	3	450	2,37	12600	2×14	15000	17460
<b>IDE 43 B-07 AV</b>	133,50	3	450	<b>2,37</b>	<b>2000</b>	2×13	15000	20250
IDE 52 A-07 AV	129,40	2	560	3,30	16590	2×16	16050	23510
IDE 52 B-07 AV	172,50	2	560	3,30	16200	2×15	19260	25840
IDE 53 A-07 AV	193,90	3	560	4,95	24885	2×17	24000	34530
IDE 53 B-07 AV	258,80	3	560	4,95	24300	2×16	28800	40740
IDE 54 A-07 AV	258,80	4	560	6,60	33180	2×18	32250	47180
IDE 54 B-07 AV	345,10	4	560	6,60	32400	2×17	38700	54010

Figura 118. Elección ventilador

Por lo tanto el ventilador elegido será el IDE 43 B-07AV con una área de 2,37m<sup>2</sup>, con un caudal de aire de 12000m<sup>3</sup>/s y para una separación de aleta para el condensador de 7mm.

Puesto que el ara es de 2,37m<sup>2</sup>, necesitaremos un total de:

$$n^{\circ}\text{ventiladores} = \frac{7,39}{2,37}$$

$$n^{\circ}\text{ventiladores} = 3,1 \sim 3$$

Velocidad aire para un ventilador:

$$V_{ven} = \frac{Q}{A}$$

$$Q = \text{caudal de aire} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$V_{vent} = \frac{12000}{2,37} = 5063,29m/h$$

$$V_{vent} = \frac{5063,29}{3600} = 1,406m/s$$

Por lo tanto la velocidad máxima alcanzada en A1 es:

$$V_{max} = \frac{130}{130 - 61} \times 1,406$$

$$V_{max} = 2,65 \frac{m}{s}$$

Ahora ya se puede calcular el valor de Reynolds:

$$Re = \frac{V_{max} \times D_{ext}}{\nu}$$

$\nu(40^{\circ}C) = 1,70 \times 10^{-5}$  (tabla anexo 6)

$$Re = \frac{2,65 \times 0,061}{1,7 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 9494,01$$

Ahora utilizaremos la expresión de Hilpert que relaciona el número de Nusselt, con el coeficiente de convección y el número de Reynolds:

$$NU = \frac{h_{ext} \times D_{ext}}{K} = C1 \times Re^m \times Pr^{\frac{1}{3}}$$

Los coeficientes C1 y m se obtienen de la siguiente tabla:

Distribución	S <sub>T</sub> /D	S <sub>T</sub> /D							
		1.25		1.50		2.00		3.00	
		C <sub>1</sub>	m	C <sub>1</sub>	m	C <sub>1</sub>	m	C <sub>1</sub>	m
En línea	1.25	0.348	0.592	0.275	0.608	0.100	0.704	0.0633	0.752
	1.50	0.367	0.586	0.250	0.620	0.101	0.702	0.0678	0.744
	2.00	0.418	0.570	0.299	0.602	0.229	0.632	0.198	0.648
	3.00	0.290	0.601	0.357	0.584	0.374	0.581	0.286	0.608
Cruzada	0.600	-	-	-	-	-	-	0.213	0.636
	0.900	-	-	-	-	0.446	0.571	0.401	0.581
	1.000	-	-	0.479	0.558	-	-	-	-
	1.125	-	-	-	-	0.478	0.565	0.518	0.560
	1.250	0.518	0.556	0.505	0.554	0.519	0.556	0.522	0.562
	1.500	0.451	0.568	0.460	0.562	0.452	0.568	0.488	0.568
	2.000	0.404	0.572	0.416	0.568	0.482	0.556	0.449	0.570
	3.000	0.310	0.592	0.356	0.580	0.440	0.562	0.428	0.574

Tabla 5. Coeficientes de Grimison

Para obtener los coeficientes se deben de definir los siguientes parámetros:

$$\frac{SL}{D_{ext}} = \frac{72,5}{61} = 1,19$$

$$\frac{ST}{D_{ext}} = \frac{130}{61} = 2,13$$

Con estos valores se realiza una interpolación a partir de la tabla obteniendo:

$$m = 0,564$$

$$c1 = 0,483$$

Con todos los valores obtenidos y según se definió anteriormente:

$$NU = 0,0483 \times 9494,01^{0,564} \times 0,70149^{\frac{1}{3}}$$

$$NU = 75,90$$

Pr(40°C) = 0,70149 (tabla anexo 5)

Ahora ya se puede calcular el coeficiente de convección del aire:

$$h_{ext} = \frac{K \times NU}{D_{ext}}$$

$$K = \text{conductividad termica del aire} = 0,062 \frac{W}{mK}$$

$D_{ext}$  = diametro exterior del tubo(m)

$$h_{ext} = \frac{0,062 \times 75,90}{0,061}$$

$$h_{ext} = 33,12 \frac{W}{m^2K}$$

- Calculo del coeficiente de convección interior  $h_{int}$ :

Para el cálculo del coeficiente interior, necesitaríamos un número elevado de datos y suposiciones, es por ello que se va hacer uso de la siguiente grafica extraída del libro nombrado para el cálculo del evaporador:

250 *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Second Edition*

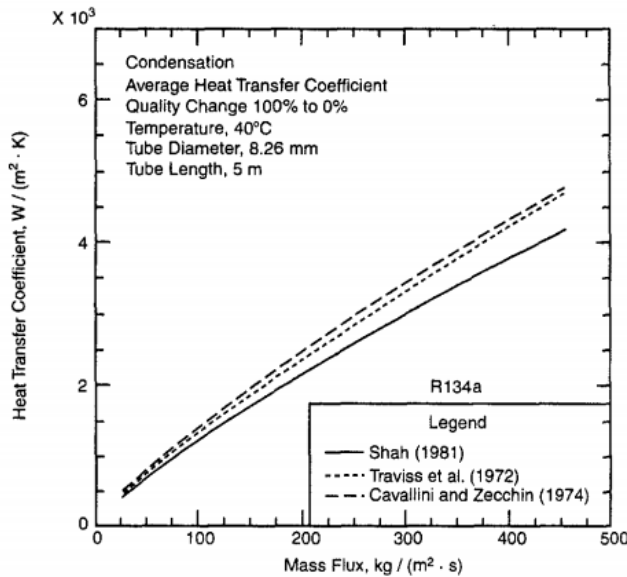


Figura 119. Coeficiente de película interior

De la siguiente grafica se extrae el  $h_{int}$  siendo:

$$h_{int} = 1500 \frac{K}{m^2K}$$

Calculo de la longitud del tubo:

Para conocer la resistencia por conducción que presenta el conducto interior hay que conocer la longitud total de este:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

La longitud se puede calcular como:

$$L_{tub} = n^{\circ} \text{filas} \times \text{anchura condensador}$$

$$L_{tub} = 41 \times 2730$$

$$L_{tub} = 111,93m$$

Una vez obtenida la longitud total del tubo, ya se puede calcular la superficie interior de intercambio de calor:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

$$S_i = 2\pi \times R_i \times L_{tub}$$

$$S_i = 2\pi \times 29 \times 10^{-3} \times 111,93$$

$$S_i = 20,38m^2$$

- Calculo Aletas:

Para el caculo de las aletas, se va a proceder a determinar cada uno de los parámetros marcados en rojo de la expresión del coeficiente de transmisión de calor:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

Donde:

*Alibre = area no ocupada por los tubos en el interior del intercambiador*

$nA = \text{numero de aletas totales}$

$SA = \text{superficie de una aleta considerando ambas caras}$

$\eta A = \text{eficiencia de la aleta}$

Alibre:

El área libre se puede definir, como todo aquel espacio en el interior del evaporador, que no está ocupado por los tubos por lo tanto:

$$\text{Alibre} = \text{Atotalalet} - n^{\circ}\text{tubos} \times Se$$

Donde:

$\text{Atotalalet} = \text{areatotal ocupada por las aletas}$

$$\text{Atotalalet} = e_{\text{cond}} \times h$$

$e_{\text{cond}} = \text{espesor del condensador}$

$h = \text{altura del condensador}$

$$\text{Atotalalet} = 580\text{mm} \times 2730\text{mm}$$

$$\text{Atotalalet} = \mathbf{1583400\text{mm}^2}$$

Una vez obtenida el área total aleteada, vamos a calcular el número de tubos, puesto que la distribución es al tresbolillo se tienen filas con 3 tubos y filas con 4 tubos, siendo el total:

$$\text{filas 3 tubos} = 21$$

$$\text{filas 4 tubos} = 20$$

$$n^{\circ}\text{tubos 3} = 21 \times 3 = 63$$

$$n^{\circ}\text{tubos 4} = 20 \times 4 = 80$$

$$n^{\circ}\text{tubos} = 143$$

Después de obtener el número de tubos, ya se puede obtener la superficie exterior del tubo:

$$Se = \frac{\pi}{4} \times Dext^2$$

$$Se = \frac{\pi}{4} \times 61^2$$

$$Se = 2920,99mm^2$$

Por lo tanto:

$$Alibre = Atotalalet - n^{\circ}tubos \times Se$$

$$Alibre = 1583400 - 143 \times 2920,99$$

$$Alibre = 1165699,15mm^2$$

Ahora hay que calcular el diámetro exterior de la aleta:

$$\frac{Alibre}{n^{\circ}tubos} = \frac{\pi}{4} \times Dealeta^2 - Se$$

$$Dealeta = \sqrt{\frac{\left(\frac{Alibre}{n^{\circ}tubos} - Se\right) \times 4}{\pi}}$$

$$Dealeta = \sqrt{\frac{\left(\frac{1165699,15}{143} - 2920,99\right) \times 4}{\pi}}$$

$$Dealeta = 118,77mm$$

Ahora se van a calcular el número total de aletas:

$$n^{\circ}aletas = n^{\circ}aletas \text{ por tubo} \times n^{\circ}tubos$$

$$n^{\circ}aletas = \frac{anchuraevap}{Saletas} \times n^{\circ}tubos$$

Saletas = separacion entre aletas

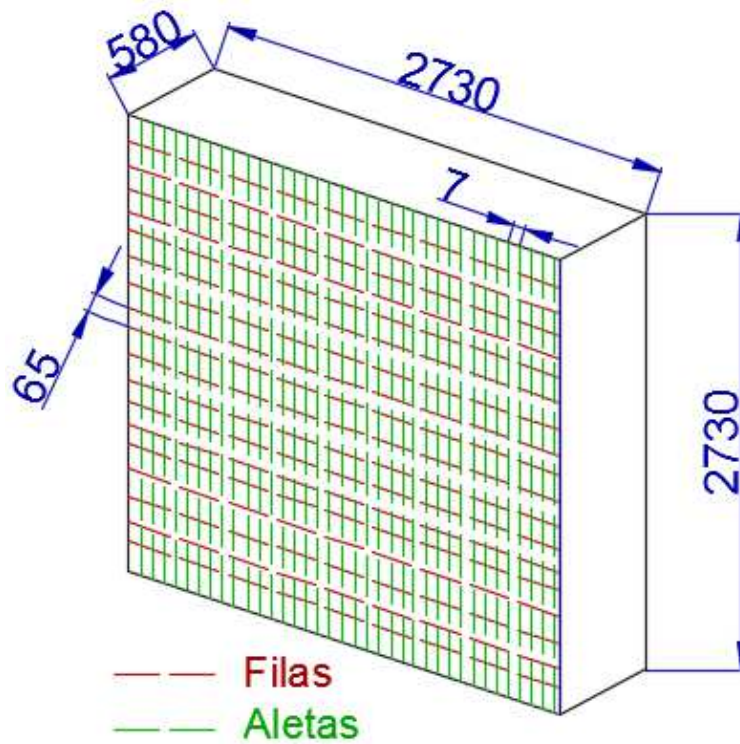


Figura 120. Separación aletas condensador

$$n^{\circ}aletas = \frac{2730mm}{7mm} \times 143$$

$$n^{\circ}aletas = 55770$$

Por último solo queda calcular la eficiencia de la aleta ( $\eta_{aleta}$ ):

$$\eta_{aleta} = \frac{\tanh(m \times r_{aleta} \times \varphi)}{m \times r_{aleta} \times \varphi}$$

Donde:

$r_{aleta}$  = radio interior de la aleta =  $r_{extubo}$

$$m = \sqrt{\frac{2 \times h_{ext}}{K \times e}}$$

Donde:

$h_{ext}$  = coeficiente de película exterior

$K$  = conductividad termica del material de la aleta (cobre)



$e = \text{espesor de la aleta}$

La conductividad térmica del cobre lo extraigo de los apuntes de conducción de la asignatura de ingeniería térmica:

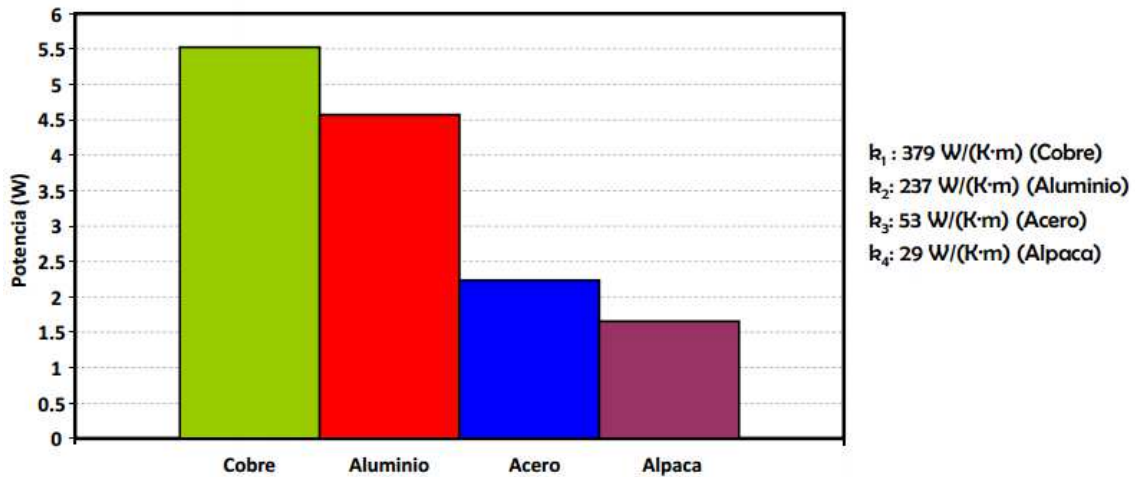


Figura 121. Resistencia térmica de los metales

$$K_{\text{cobre}} = 379 \frac{W}{K \cdot m}$$

El espesor de la aleta se va a considerar de 2mm:

$$m = \sqrt{\frac{2 \times 33,12}{379 \times 2 \times 10^{-3}}}$$

$$m = 9,35$$

Por ultimo hay que calcular el parámetro " $\varphi$ ":

$$\varphi = \left( \frac{r_e}{r_i} - 1 \right) \times \left[ 1 + 0,35 \times \ln \left( \frac{r_e}{r_i} \right) \right]$$

Donde:

$r_e = \text{radio exterior de la aleta}$

$r_i = \text{radio interior de la aleta}$

$$\varphi = \left( \frac{59,38}{30,50} - 1 \right) \times \left[ 1 + 0,35 \times \ln \left( \frac{59,38}{30,50} \right) \right]$$

$$\varphi = 1,1678$$

Por ultimo:

$$\eta_{aleta} = \frac{\tanh(9,35 \times 30,50 \times 1,1678)}{9,35 \times 30,50 \times 1,1678}$$

$$\eta_{aleta} = 0,003003$$

Conocidos todos los coeficientes, ya se puede calcular el coeficiente global de transmisión U:

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_i \times S_i} + \sum \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2\pi \times K_j \times L} + \frac{1}{h_e} \times \left( \frac{1}{Alibre + nA \times SA \times \eta_{aleta}} \right) \right]}$$

$$U_{cilindro} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{2000 \times 20,38} + \sum \frac{\ln\left(\frac{30,5}{29}\right)}{2\pi \times 379 \times 111,93} + \frac{1}{64,10} \times \left( \frac{1}{1,1656 + 78078 \times 0,016303 \times 0,00215} \right) \right]}$$

$$U_{cilindro} = 83,60 \frac{W}{m^2 K}$$

Una vez obtenido el coeficiente global de transmisión de calor, ya se puede calcular el área de intercambio:

$$U \times A = 167525,48 \frac{W}{K}$$

$$83,60 \times A = 167525,48 \frac{W}{K}$$

$$A = 2003,86 m^2$$

Ahora ya sabemos de forma aproximada el área de intercambio del condensador, por lo que podemos contrastar esta medida con la que nos proporcione el proveedor.

De la misma forma que se ha calculado el área para el evaporador, se va a calcular para el condensador.

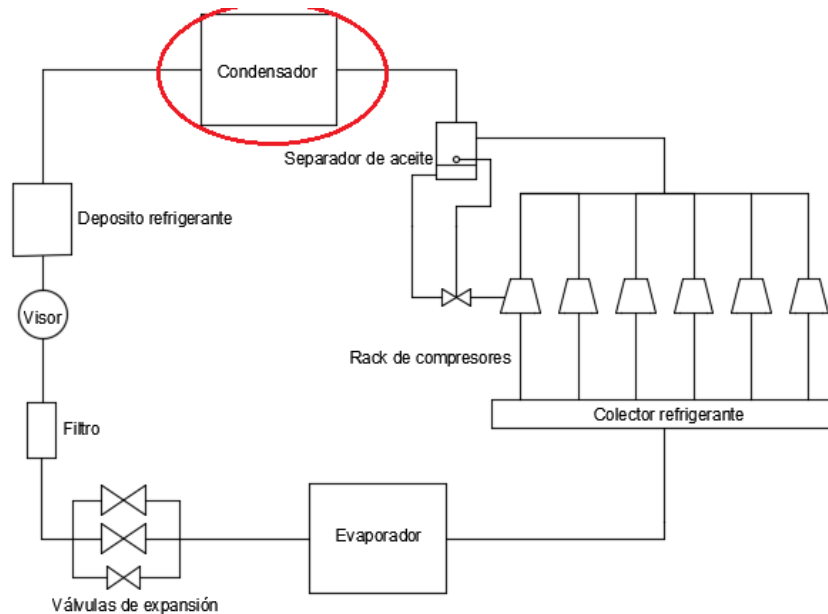


Figura 122. Condensador

• Válvula de expansión:

Para tener los elementos principales para la máquina de producción de frío por compresión, es la válvula de expansión. Para ello nos remontamos al catálogo de Pecomark en donde tiene una sección específica para las válvulas de expansión.

A partir de la potencia máxima proporcionada por el conjunto de compresores, se elige la válvula de expansión.


$$Q_i = 1967,7kW$$

Para ello en el catálogo de Pecomark, se pueden encontrar gran variedad de válvulas de expansión. Puesto que la potencia a intercambiar es considerablemente alta, se ha optado por las válvulas de expansión electrónicas ETS, eligiendo concretamente:

«ETS»

Las válvulas de expansión electrónica ETS con motor a **pasos** se pueden usar con refrigerantes HFC y HCFC. Necesitan de controladores EKD-316 para las ETS-6 (EKC-316 para el resto de los modelos (no incluidos en el precio). Amplia gama de regulación (10-100% de la capacidad total). Gran precisión para el control óptimo de inyección de líquido. La válvula se compone de cuerpo de válvula y bobina (no incluida para ETS-6). Requiere una batería o solenoide de líquido en caso de fallo de corriente.

Cap. máx. en kW a T° cond. +32 °C					Conexiones Entrada/Salida soldar OCF	Máx. presión de trabajo (bar)	Ref. Danfoss	Modelo	Código	€	
R22 T <sub>a</sub>	R134a T <sub>a</sub>	R404A T <sub>a</sub>	R407C T <sub>a</sub>	R410A T <sub>a</sub>							
2,6	2	1,8	2,7	3,1	1/4" x 1/4"	45,5	034G5005	ETS 6 - 10	402606	64,00	
5,8	4,5	4,1	5,9	6,8	1/4" x 1/4"		034G5015	ETS 6 - 14	402607	68,00	
10,3	8,1	7,3	10,6	12,1	1/4" x 1/4"		034G5026	ETS 6 - 18	402608	76,00	
19,6	15,3	13,8	20,1	23	1/4" x 1/4"		034G5035	ETS 6 - 25	402609	94,00	
28,8	22,5	20,3	29,6	33,9	1/4" x 1/4"		034G5055	ETS 6 - 32	402610	108,00	
39,1	30,6	27,6	40,2	46	1/4" x 1/4"		034G5065	ETS 6 - 40	402612	111,00	
57	45	43	63	70	1/2" x 1/2"	45,5	034G4209		402615	284,00	
					5/8" x 5/8"		ETS 12,5	402616	284,00		
					7/8" x 7/8"			402619	284,00		
117	93	88	129	144	1/2" x 1/2"	45,5	034G4201		402638	284,00	
					5/8" x 5/8"		ETS 25	402641	284,00		
					7/8" x 7/8"			402642	284,00		
215	170	161,4	240,5	262,3	7/8" x 7/8"	45,5	034G1708	ETS 50	402652	731,00	
					1-1/8" x 1-1/8"		ETS 50	402653	731,00		
					1-1/8" x 1-3/8"		ETS 50	402654	731,00		
400,4	316,5	300,5	447,8	448,4	1-1/8" x 1-1/8"	45,5	034G1704	ETS 50	402657	731,00	
					1-1/8" x 1-3/8"			402655	870,00		
					1-3/8" x 1-3/8"		ETS 100	402658	870,00		
1106	874	828	1212	-	1-3/8" x 1-3/8"	34	034G2600		402656	870,00	
					1-1/8" x 1-1/8"			402662	1.372,00		
					1-3/8" x 1-3/8"		ETS 250	402663	1.372,00		
1764	1394	1320	1933	-	1-5/8" x 1-5/8"	34	034G6002		402664	1.372,00	
					1-5/8" x 1-3/8"			402665	2.061,00		
					2-1/8" x 2-1/8"		ETS 400	402666	2.061,00		
Cable conexión ETS (8 m.)							034G2200		402677	70,00	
Cable conexión ETS (2 m.)							034G2201		402678	44,00	
Si la distancia entre el controlador EKC-316 y la válvula ETS, esta comprendida entre 5 m y 50 m, debemos instalar un filtro de señal adicional, Danfoss AKA 211								084B2238	AKA 211	402278	138,00
Para cada válvula ETS-6 se tiene que incluir la bobina de la ETS, con una long 3m, 12 VDC								034G5135		402698	103,00



**D<sub>i</sub> 478**

Marzo 2016

Pecomark

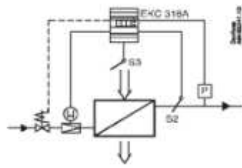
Figura 123. Elección válvula expansión

Puesto que la potencia de trabajo de la válvula de expansión es menor que la que necesitamos, elegiremos dos válvulas de expansión.

Tal y como indica la imagen, necesitamos de un controlador, que tiene que ser el EKC-316, por lo que en la página siguiente (479) lo podemos encontrar.

«EKC 316 A» (controlador para válvula de expansión electrónica «ETS» o «CCM») «EKD 316» (controlador exclusivo para válvula de expansión electrónica «ETS-6»)

Válvulas de expansión electrónica ETS por motor a pasos. Control automático de recalentamiento. Termostato todo/nada. Interruptor externo. Función MOP. Salidas solenoide. Alarma. Función MOP. Alimentación 24V a.c. Tarjeta de comunicación EKA 175- LON RS485 opcional en EKC 316A. Programable con botones de programación o software AKM. Se debe montar una batería en bornas del controlador o una solenoide en línea de líquido para que en caso de fallo de tensión se cierre el paso de refrigerante.



	PO-AKS33	S2-AKS11	S3-AKS12 o ESMU	Válvula ETS	Ref. Danfoss	Modelo	Código	€
Controladores EKC (con botonera)	1	1	1	1	084B7088	<b>EKC 316 A</b>	402216	<b>819,00</b>
Controladores EKD (sin botonera)	1	1	1	1	084B8040	<b>EKD 316</b>	402223	<b>297,00</b>

Accesorios: ver página final Controlas electrónicos Danfoss.



Figura 124. Controlador Pecomark

En este momento ya tenemos la válvula de expansión y el controlador de la misma, faltan los componentes para el controlador.

ACCESORIOS		EKC-315A	<b>EKC-316 A</b>	EKD-316	EKC-414-A1	AK-CC550x	AK-CC-750	Ref Danfoss	Código	€
<b>Sondas de temperatura:</b>										
AKS 11 - Pt1000 3,5 m. Rango -50 a 100 °C		•	•	•	•	•	•	084N0003	402069	<b>37,50</b>
AKS 11 - Pt1000 5,5 m. Rango -50 a 100 °C		•	•	•	•	•	•	084N0005	402097	<b>40,80</b>
AKS 11 - Pt1000 8,5 m. Rango -50 a 100 °C		•	•	•	•	•	•	084N0008	402098	<b>45,30</b>
AKS 12 - Pt1000 1,5 m. Rango -40 a 80 °C		•	•		•	•	•	084N0036	402096	<b>36,20</b>
<b>AKS 12 - Pt1000 5,5 m. Rango -40 a 80 °C</b>		•	<b>•</b>		•	•	•	084N0046	402102	<b>40,80</b>
EKS 111 - PTC 1,5 m. Rango -55 a 100 °C					•	•		084N1178	402099	<b>13,00</b>
<b>Transductores de presión:</b>										
AKS 32R -1...12 BAR 1/4 Aboc.				•	•	•	•	060G1036	402163	<b>149,00</b>
AKS 32R -1...34 BAR 1/4 Aboc.						•	•	060G0090	402164	<b>149,00</b>
Conector Eléctrico AKS 32R/2050				•	•	•	•	060G1034	402166	<b>38,00</b>
AKS 33 -1...12 BAR 1/4 Aboc.		•	•					060G2049	402167	<b>246,00</b>
<b>AKS 33 -1...34 BAR 1/4 Aboc.</b>		•	<b>•</b>					060G2051	402175	<b>246,00</b>
Adaptador salida G3/8 a 1/4 Aboc.								017-420566	402170	<b>28,00</b>
<b>Displays de temperatura:</b>										
Visualización EKA 163B / Sin Cable					•	•	•	084B8574	402196	<b>58,60</b>
Programación EKA 164A / Sin Cable				•				084B8563	402198	<b>98,70</b>
Programación EKA 164B / Sin Cable					•	•	•	084B8575	402197	<b>84,40</b>
Cable 2 m. para Display EKA 16x / AK2-OD xxxA					•	•	•	084B7298	402182	<b>13,40</b>

**Módulo RTC (reloj tiempo real):**

Reloj tiempo real para EKC 414 A1 y EKC 301						084B7069	402089	<b>71,30</b>
---	--	--	--	--	--	----------	--------	--------------

**Tarjeta de comunicación LON RS-485:**

EKA 175, EKC 3xx y AK-CC-450/550						084B8579	402281	<b>121,60</b>
----------------------------------	--	--	--	--	--	----------	--------	---------------

**Tarjetas de comunicación MODBUS RS-485:**

EKA 178B para AK-CC-450/550						084B8571	402289	<b>58,10</b>
-----------------------------	--	--	--	--	--	----------	--------	--------------

**Tarjetas de comunicación DANBUSS:**

EKA 176						084B8583	402282	<b>64,40</b> <span style="background-color: #e0e0e0;">Novedad</span>
---------	--	--	--	--	--	----------	--------	--

**Filtros:**

Filtro AKA-211 si d >5m entre ETS y controlador						084B2238	402278	<b>138,00</b>
---	--	--	--	--	--	----------	--------	---------------

**Herramientas de programación:**

Cable conexión AK a PC (3 m) [9 POL]						080Z0262	402835	<b>61,70</b>
Cable conexión AK a PC (3 m) + convertor USB						080Z0264	402204	<b>418,00</b>

**Transformadores**

AK-PS 075 (Carril DIN, para 18 VA)						080Z0053	402855	<b>89,00</b> <span style="background-color: #e0e0e0;">Novedad</span>
------------------------------------	--	--	--	--	--	----------	--------	--

Figura 125. Componentes válvula expansión

Para una correcta regulación del caudal y de la temperatura del refrigerante, elegiremos una tercera válvula de expansión, que pueda ajustar las potencias. La válvula elegida para realizar esta aproximación es:

**«ETS»**

Las válvulas de expansión electrónica ETS con motor a pasos, se pueden usar con refrigerantes HFC y HCFC. Necesitan de controladores EKD-316 para las ETS-6 y EKC-316 para el resto de los modelos (no incluidos en el precio). Amplia gama de regulación (10-100% de la capacidad total). Gran precisión para el control óptimo de inyección de líquido. La válvula se compone de cuerpo de válvula y bobina (no incluida para ETS-6). Requiere una batería o solenoide de líquido en caso de fallo de corriente.

R22	Cap. máx. en kW a T° cond. +32 °C				R410A	Conexiones Entrada/Salida soldar ODF	Máx. presión de trabajo (bar)	Ref. Danfoss	Modelo	Código	€
	R134a	R404A	R407C	Te							
2,6	2	1,8	2,7	3,1	1/4" x 1/4"	45,5	034G5005	<b>ETS 6 - 10</b>	402606	<b>64,00</b>	
5,8	4,5	4,1	5,9	6,8	1/4" x 1/4"		034G5015	<b>ETS 6 - 14</b>	402607	<b>68,00</b>	
10,3	8,1	7,3	10,6	12,1	1/4" x 1/4"		034G5026	<b>ETS 6 - 18</b>	402608	<b>76,00</b>	
19,6	15,3	13,8	20,1	23	1/4" x 1/4"		034G5035	<b>ETS 6 - 25</b>	402609	<b>94,00</b>	
28,8	22,5	20,3	29,6	33,9	1/4" x 1/4"		034G5055	<b>ETS 6 - 32</b>	402610	<b>108,00</b>	
39,1	30,6	27,6	40,2	46	1/4" x 1/4"		034G5065	<b>ETS 6 - 40</b>	402612	<b>111,00</b>	
57	45	43	63	70	1/2" x 1/2"	45,5	034G4209	<b>ETS 12,5</b>	402615	<b>284,00</b>	
					5/8" x 5/8"		034G4210		402616	<b>284,00</b>	
					7/8" x 7/8"		034G4211		402619	<b>284,00</b>	
117	93	88	129	144	1/2" x 1/2"	45,5	034G4201	<b>ETS 25</b>	402638	<b>284,00</b>	
					5/8" x 5/8"		034G4202		402641	<b>284,00</b>	
					7/8" x 7/8"		034G4203		402642	<b>284,00</b>	
215	170	161,4	240,5	262,3	7/8" x 7/8"	45,5	034G1708	<b>ETS 50</b>	402652	<b>731,00</b>	
					1-1/8" x 1-1/8"		034G1705	<b>ETS 50</b>	402653	<b>731,00</b>	
					1-1/8" x 1-1/8"		034G1706	<b>ETS 50</b>	402654	<b>731,00</b>	
					1-1/8" x 1-3/8"		034G1704	<b>ETS 50</b>	402657	<b>731,00</b>	
400,4	<b>316,5</b>	300,5	447,8	448,4	1-1/8" x 1-1/8"	45,5	034G0507	<b>ETS 100</b>	402655	<b>870,00</b>	
					1-1/8" x 1-3/8"		034G0501		402658	<b>870,00</b>	
					1-3/8" x 1-3/8"		034G0508		402656	<b>870,00</b>	
					1-1/8" x 1-1/8"		034G2600		402662	<b>1.372,00</b>	
1106	874	828	1212	-	1-3/8" x 1-3/8"	34	034G2601	<b>ETS 250</b>	402663	<b>1.372,00</b>	
					1-5/8" x 1-5/8"		034G6002		402664	<b>1.372,00</b>	
					1-5/8" x 1-5/8"		034G3500		402665	<b>2.061,00</b>	
1764	1394	1320	1933	-	2-1/8" x 2-1/8"	34	034G3501	<b>ETS 400</b>	402666	<b>2.061,00</b>	




Figura 126. Válvula expansión 2

Se hará uso de la válvula de expansión ETS 100 para la correcta regulación. De la misma forma, la válvula ETS 100 también requiere de todos los complementos anteriormente mencionados.

Para concluir estos serían todos elementos que elegiríamos junto con las válvulas de expansión:

Elemento	Cantidad
Válvula expansión ETS 400	2
Válvula de expansión ETS 100	1
Controlador EKC 316A	3
Sondas de temperatura AKS 12 - Pt100	3
Transductor AKS 33	3
Tarjeta de Comunicación EKD 175	3
Filtros AKS-211	3

Tabla 6. Válvulas de expansión y complementos

Por lo tanto ya se tienen otra parte importante del circuito de frio:

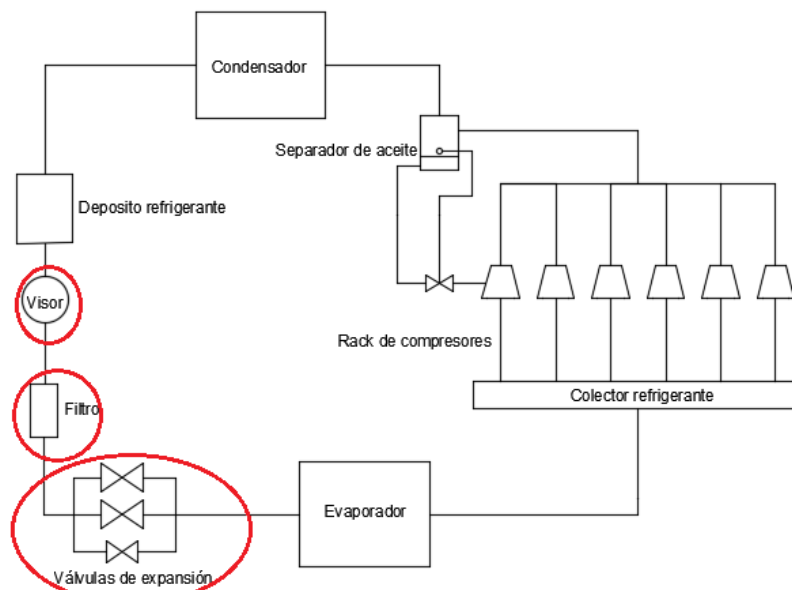


Figura 127. Válvulas de expansión y complementos

- Deposito almacenaje del refrigerante:

Por último se necesita de un depósito que almacene la totalidad del refrigerante. Para ello primero hay que calcular el volumen total circulante por el circuito y a partir de ese momento, hacer referencia a que todo el volumen circulante por el circuito, puede ser almacenado por dicho depósito.

$$Volrefri = Ltubo\ evap * Si + Ltubo\ Cond * Si + Ltubo\ circuit * Si$$

Donde:

$$Volrefri = volumen\ del\ refrigerante\ en\ el\ circuito\ (m^3)$$

$$Ltubo\ evap = longitud\ del\ tubo\ interior\ del\ evaporador\ (m)$$

$$Ltubo\ cond = longitud\ del\ tubo\ interior\ del\ condensador\ (m)$$

*Ltubo circuit = longitu del tubo interior que enlaza los componenetes(m)*

$$Si = \frac{\pi}{4} \times Di^2$$

*Di = diametro interior del tubo*

$$Si = \frac{\pi}{4} \times 0,058^2$$

$$Si = 0,002642 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$Volrefri = 111,93 \times 0,002642 + 111,93 \times 0,002642 + 20 \times 0,002642$$

$$Volrefri = 0,644 \text{ m}^3$$

Por lo tanto ya tenemos dimensionado el último elemento en la máquina de producción de frío:

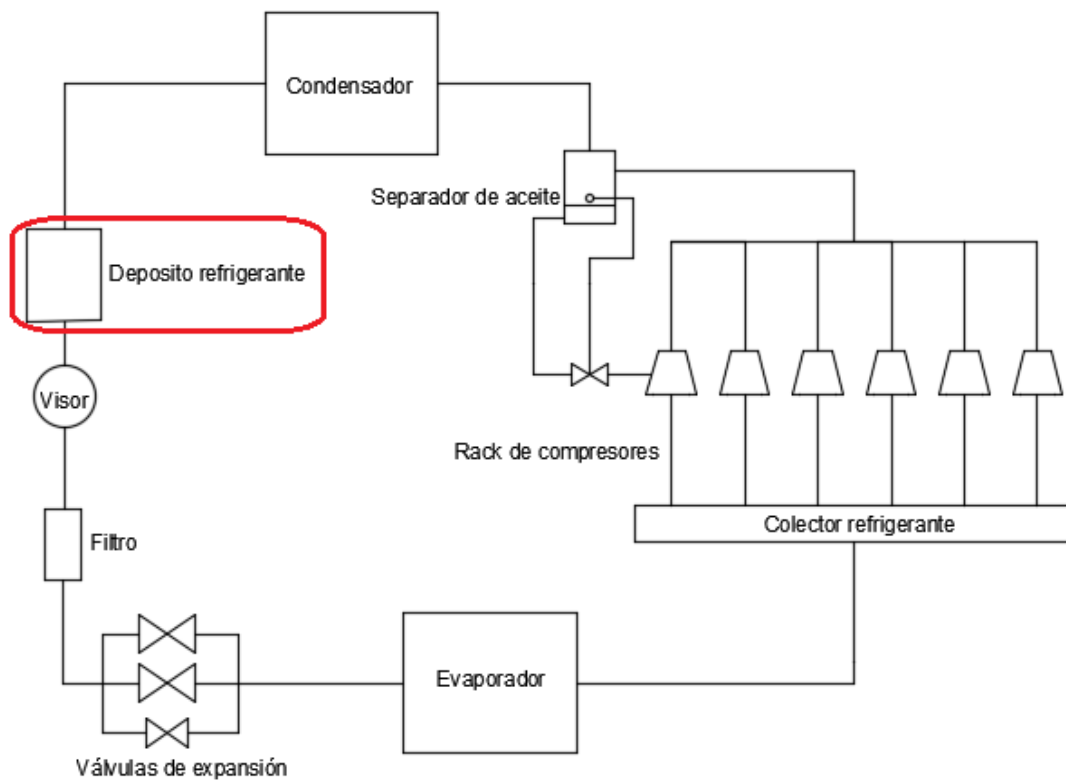


Figura 128. Deposito





## 16 VALORES OBTENIDOS

Una vez calculado todo lo necesario para cada uno de los sistemas de enfriamiento planteados, se van a analizar las mejoras energéticas que aportan cada uno de los sistemas, a partir de la reducción de temperatura. Para ello se va hacer uso de las funciones lineales del apartado 12.

Para conseguir una información valida y aproximada, se van a comparar los siguientes parámetros, para cada uno de los sistemas planteados:

- Temperaturas alcanzadas
- Incremento de la potencia eléctrica generada por horas
- Incremento de la energía térmica generada por horas
- Incremento del consumo de gas natural por horas
- Grados enfriados
- Incremento energía generada
- Incremento de gas consumido

### 16.1 Temperaturas alcanzadas:

Una vez calculado el alcance que tienen los sistemas de enfriamiento planteados, se pueden comparar entre sí como muestra la siguiente figura:

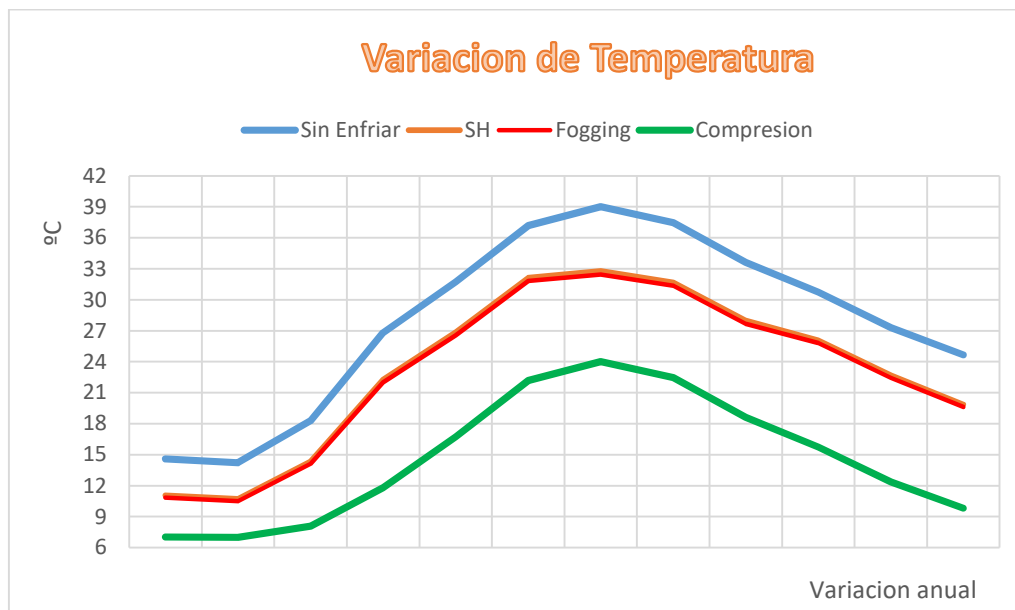


Figura 129. Variación temperatura según sistema de enfriamiento

En la figura 129 tenemos, la temperatura sin enfriar, la temperatura alcanzada con los sistemas evaporativos, las cuales son similares por que las eficiencias son muy parecidas, y por ultimo tenemos el sistema de enfriamiento por compresión, el cual tiene un salto de temperatura de 15°C, siempre que esta reducción no sea inferior a 7°C.

Como se puede apreciar, con el método de enfriamiento por compresión, se consigue reducir más la temperatura que con los sistemas evaporativos.

### 16.2 Energía eléctrica:

Sabidas las temperaturas del aire antes y después de su paso por el sistema de enfriamiento, ya se pueden determinar la variación de la energía eléctrica que generara cada sistema de enfriamiento:

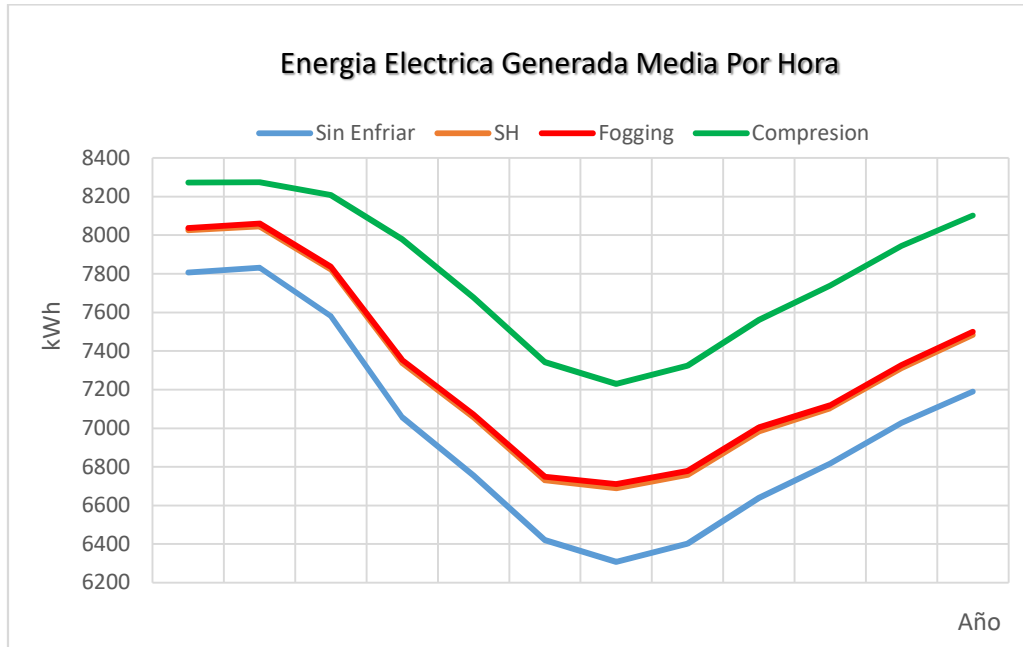


Figura 130. Producción energía eléctrica

En la figura 130 podemos ver la energía eléctrica generada por horas, antes y después de su paso por el sistema de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento por compresión, sería el sistema que más conseguiría aumentar la energía eléctrica ya que es el que menor temperatura del aire podría alcanzar.

Aunque no tenga valores de energía eléctrica tan elevados, los sistemas de enfriamiento por evaporación, también obtiene buenos resultados y se hace notable el aumento de potencia eléctrica generada.

### 16.3 Energía térmica:

Puesto que la producción de energía eléctrica y energía térmica se produce simultáneamente, la energía térmica generada sufrirá los mismos cambios que la energía eléctrica:

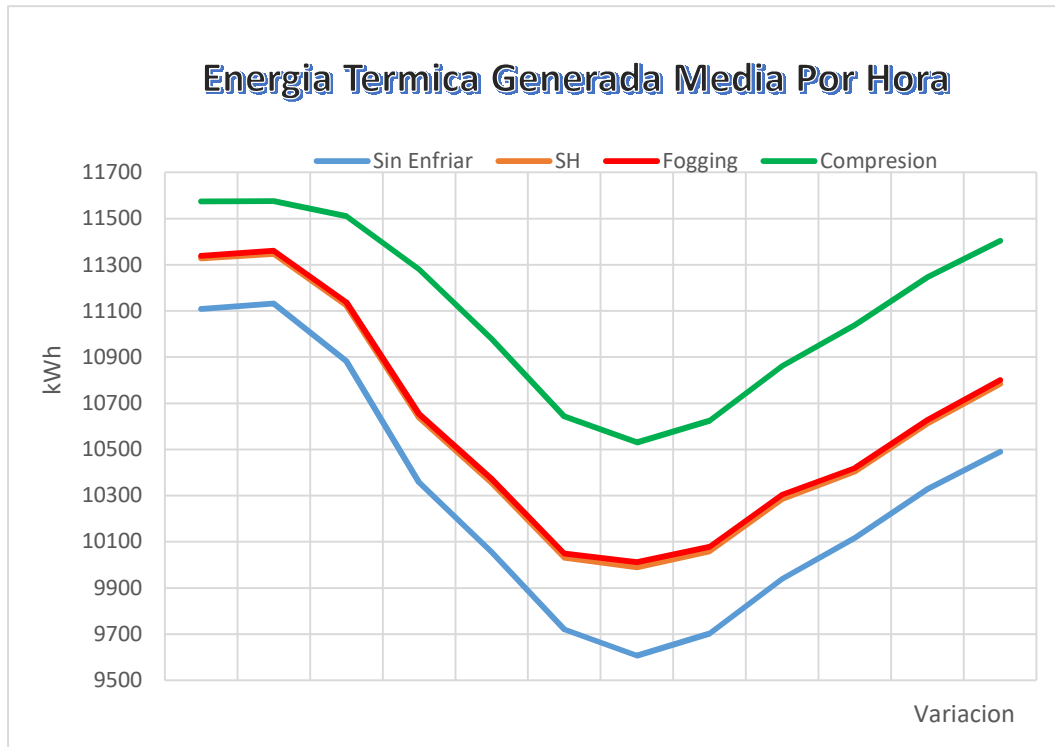


Figura 131. Variación energía térmica anual

De igual modo que para el apartado anterior, con el sistema de enfriamiento por compresión, se conseguirían potencias térmicas más elevadas que con los sistemas evaporativos, aunque los sistemas evaporativos también hacen notable la mejora proporcionada.

### 16.4 Incremento gas consumido:

Para poder incrementar la energía eléctrica y térmica, se tendrá que aportar más energía a la combustión, por ello el consumo de gas natural también se ve incrementado en gran medida:

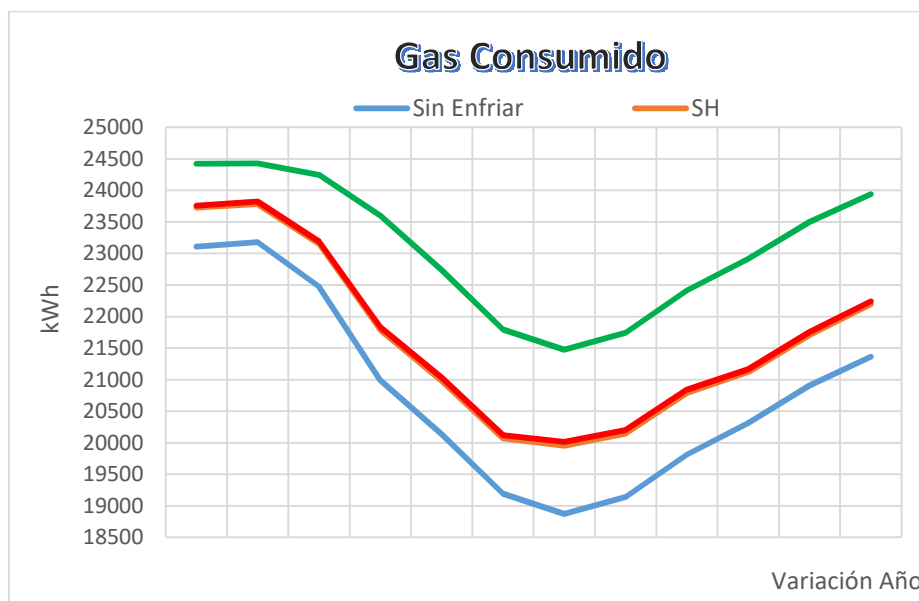


Figura 132. Variación energía consumida

Si el método de enfriamiento por compresión es el método que mayor cantidad de energía era capaz de aportar, mayor será la cantidad de energía de aporte requerida tal y como muestra la figura 132.

### 16.5 Grados enfriados:

En las gráficas anteriores, se ve claramente la variación de temperatura antes y después de su paso por el sistema de enfriamiento. En este apartado, se va a traducir numéricamente, este incremento aportado.

A partir de la siguiente expresión, se pueden calcular los grados de enfriamiento que conseguiríamos con cada método de enfriamiento al año:

$$\text{Incremento}(\text{°C}) = T_s(\text{°C}) - T_{s2}(\text{°C})$$

Donde:

$T_s$  = temperatura del aire antes su paso por el sistema de enfriamiento

$T_{s2}$  = temperatura del aire despues su paso por el sistema de enfriamiento

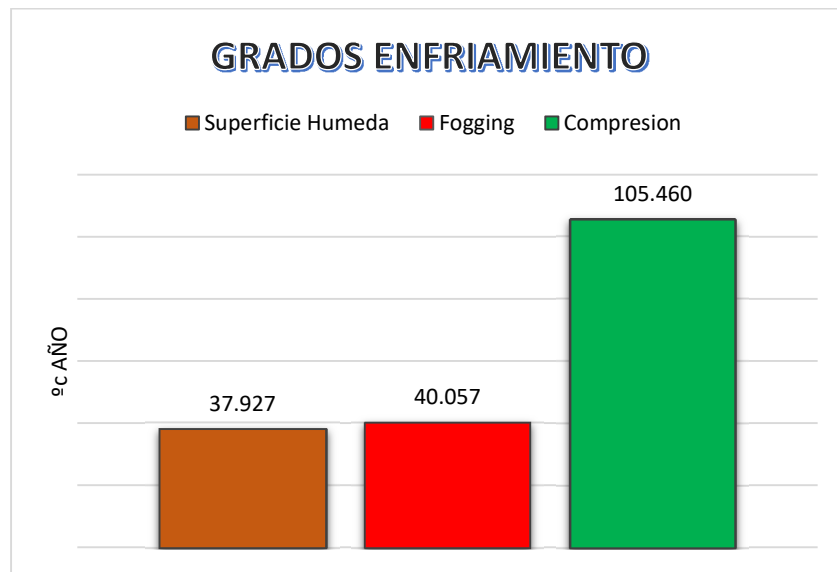


Figura 133. Grados enfriados durante un año

Como se puede apreciar en la figura 133 con todos los sistemas de enfriamiento conseguiremos reducir gran cantidad de grados al aire en condiciones iniciales siendo cada uno de ellos:

- Sistema por superficie húmeda = 37.927 °C/año
- Sistema fogging = 40.057 °C/año
- Sistema de enfriamiento por compresión = 105.460 °C/año

El sistema de enfriamiento por compresión es el sistema que más conseguiría reducir la temperatura del aire antes de su paso por el sistema de enfriamiento.

### 16.6 Incremento de energía generada

El incremento de energía generada también es un valor cuantificable por lo que a partir de la siguiente expresión, se va a determinar la cantidad de energía total que se incrementaría para cada uno de los sistemas de enfriamiento.

$$\text{Incremento Energía(kWh)} = \text{Energía generada 2} - \text{Energía generada 1}$$

Donde:

*Energía generada 2 = energía generada después del enfriamiento del aire*

*Energía generada 1 = energía generada antes del enfriamiento del aire*

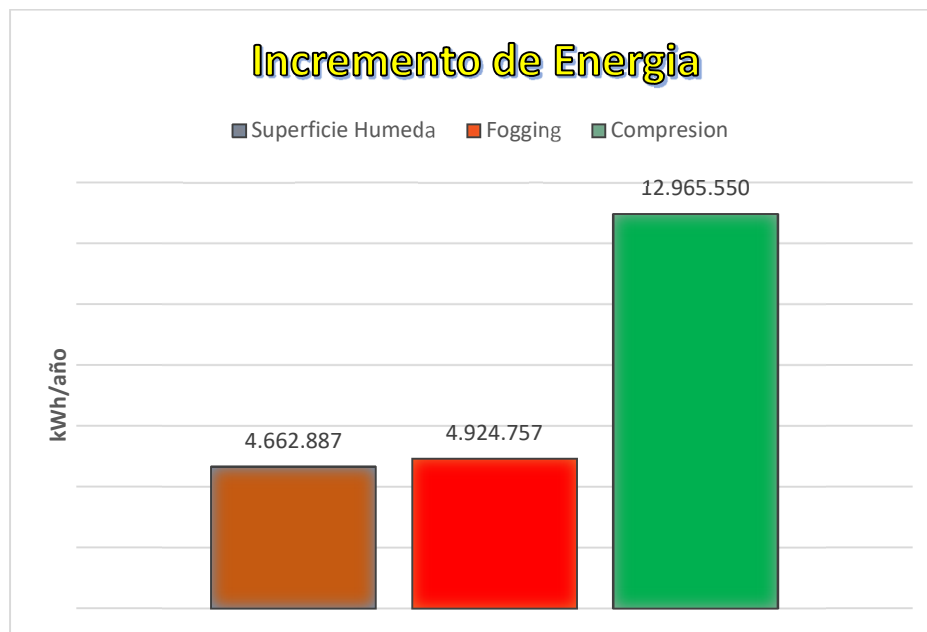


Figura 134. Incremento energético en un año

Si con el método de enfriamiento por compresión es el método que más se consigue reducir la temperatura del aire, mayor será el incremento de energía aportado.

Puesto que el sistema de enfriamiento fogging presentaba mejor eficiencia que el sistema de enfriamiento por superficie húmeda, consigue alcanzar mayores incrementos energéticos.

De esta forma, se conseguirían los siguientes incrementos:

- Sistema por superficie húmeda = 4.662.887 kWh/año
- Sistema fogging = 4.924.757 kWh/año
- Sistema de enfriamiento por compresión = 12.965.550 kWh/año

Todos los sistemas planteados, presentan buenos resultados energéticamente hablando.

### 16.7 Incremento de gas consumido:

Tal y como sucede para el incremento energético generado, también se ve aumentado el consumo de la energía de aporte:

$$\text{Incremento Energía Cons(kWh)} = \text{Energía consumida 2} - \text{Energía consumida 1}$$

Donde:

*Energía consumida 2 = energía consumida despues del enfriamiento del aire*

*Energía consumida 1 = energía consumida antes del enfriamiento del aire*

En la figura 135 se puede ver como dependiendo de la energía que se capaz de generar, se incrementara en mayor o menor medida la energía consumida:

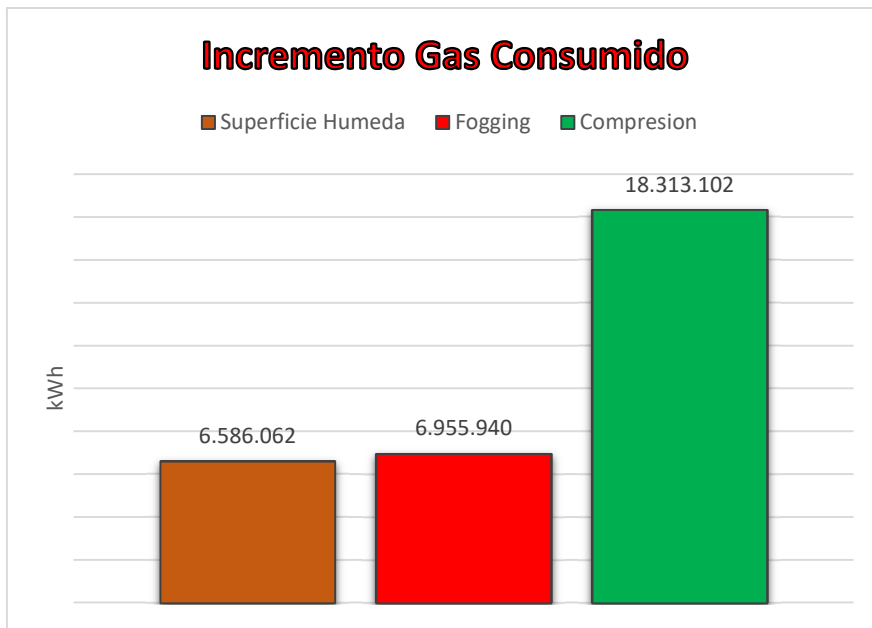


Figura 135. Incremento gas natural consumido en un año

De esta forma, se necesitar del siguiente aporte energético:

- Sistema por superficie húmeda = 6.586.062 kWh/año
- Sistema fogging = 6.955.940 kWh/año
- Sistema de enfriamiento por compresión = 18.313.102 kWh/año

Cuando mayor es el incremento energético generado, mayor es el incremento de consumo.

## 17 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA:

Hasta el momento, solo se ha hecho hincapié al incremento energético aportado por cada sistema de enfriamiento. En este apartado, se va hacer una valoración económica, de todas las mejoras aportadas, así como todos los gastos que constituye cada sistema de enfriamiento. Esto concluirá todo el estudio realizado, con la posterior elección del sistema, considerando una amortización a los 10 años.

Para la determinación del sistema apropiado, se van a realizar los siguientes cálculos para cada uno de los sistemas:

- **Gastos directos:**

Los gastos directos, constituyen los gastos mensuales que presenta el sistema a implantar independientemente del coste del equipo:

$$GD(€) = \text{cons. energía eléctrica} + \text{cons. agua} + \text{cons. adicional GD} + \text{costes por mant.}$$

Para hacer un buen estudio económico, se van a considerar un total de 331 días de funcionamiento y se va a tener en cuenta el precio del agua para los sistemas evaporativos, el precio del refrigerante para el sistema por compresión, así como el precio del gas natural, tal y como muestra la tabla 7:

Días de funcionamiento año 2015	331
Precio agua	0,57 €/m <sup>3</sup>
Precio gas natural	0,017725 €/kWh
Precio refrigerante R134a	29,92 $\frac{€}{kg}$

Tabla 7. Precios constantes

Además de los gastos que muestra la tabla 7, todos los sistemas de enfriamiento planteados, tienen en mayor o menor medida un consumo energético de electricidad, bien sea para el accionamiento de una serie de bombas, o bien sea para el accionamiento de los compresores. Es por eso, que para una mayor aproximación y a partir de las facturas mensuales de la energía eléctrica (tabla 8), se va a realizar el cálculo de la anergia eléctrica consumida:

	€/kWh consumido
Enero	0,070555
Febrero	0,039845
Marzo	0,054025
Abril	0,039845
Mayo	0,054025
Junio	0,064043
Julio	0,06284
Agosto	0,06284
Septiembre	0,054025
Octubre	0,059484
Noviembre	0,059484
Diciembre	0,064043

Tabla 8. Precios energía eléctrica

Conocidos los precios de todos los precios de compra y sabiendo:

- El número de horas de funcionamiento
- La energía eléctrica consumida
- El incremento del consumo de gas
- El consumo de agua o refrigerante
- Los costes de mantenimiento

Ya se pueden calcular los gastos directos para cada uno de los sistemas planteados.

- **Superficie húmeda:**

Los gastos directos que presenta el sistema por superficie húmeda son:

- Consumo de agua
- Consumo de electricidad
- Incremento de consumo de gas natural
- Costes de mantenimiento

Para el consumo de agua y según instrucciones del proveedor, se tiene un consumo de 0,65 m<sup>3</sup>/hora:

$$\text{Consumo agua (m}^3\text{/año)} = \text{horas funcionamiento} \times \text{consumo hora}$$

$$\text{horas de funcionamiento} = \text{dias funcionamiento} \times 24$$

$$\text{horas de funcionamiento} = 331 \times 24$$

$$\text{horas de funcionamiento} = 7944 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo agua (m}^3\text{/año)} = 7944 \times 0,65$$

$$\text{Consumo agua} = 5163,6 \text{ €}$$

La instalación necesita de tres bombas de recirculación las cuales tienen un consumo energético de 0,2 kWh cada una:

$$\text{Consumo energetico (€)} = \sum \text{consumos mensuales (€)}$$

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \frac{\text{dias funcionamiento}}{\text{mes}} \times 24 (\text{horas dia}) \times \text{consumo en una hora}$$

Ejemplo para el mes de Enero:

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \frac{29 \text{ dias}}{\text{mes}} \times 24 (\text{horas dia}) \times (3 \times 0,2 \text{ kWh})$$



$$\text{Consumo mensual (kWh)} = 417,6 \text{ kWh}$$

Siendo el coste económico:

$$\text{Coste economico al mes} = \text{consumo mensual} \times \text{coste energia electrica mensual}$$

$$\text{Coste economico al mes} = 417,6 \times 0,070555$$

$$\text{Coste economico al mes} = 29,46 \frac{\text{€}}{\text{mes}}$$

Para cada uno de los meses seria:

Mes	€/kWh	€/mes
Enero	0,070555	29,46
Febrero	0,039845	15,49
Marzo	0,054025	22,56
Abril	0,039845	15,49
Mayo	0,054025	19,45
Junio	0,064043	12,91
Julio	0,06284	28,05
Agosto	0,06284	27,15
Septiembre	0,054025	23,34
Octubre	0,059484	26,55
Noviembre	0,059484	25,70
Diciembre	0,064043	25,82
	Total	271,98 €/año

Tabla 9. Costes eléctricos de funcionamiento SH

Coste del incremento del gas:

$$\text{Coste anual (€)} = \text{Incremento de gas (kWh)} \times \text{precio de gas} \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 686062 \text{ (kWh)} \times 0,017725 \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 116.738\text{€}$$

El coste de mantenimiento se va a considerar 600 €al año.

Por lo tanto los gastos directos que presenta:

$$GD = \text{consumo electrico} + \text{consumo incr gas} + \text{mant} + \text{agua}$$

$$GD = 271,98 + 116738 + 600 + 5163$$

$$GD = 122.774€$$

- **Para el método Fogging:**

Los gastos directos que presenta el sistema fogging son:

- Consumo de agua
- Consumo de electricidad
- Incremento de consumo de gas natural
- Costes de mantenimiento

Para el consumo de agua y según instrucciones del proveedor, se tiene un consumo de 0,65 m<sup>3</sup>/hora:

$$\text{Consumo agua (m}^3\text{/año)} = \text{horas funcionamiento} \times \text{consumo hora}$$

$$\text{horas de funcionamiento} = \text{dias funcionamiento} \times 24$$

$$\text{horas de funcionamiento} = 331 \times 24$$

$$\text{horas de funcionamiento} = 7944 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo agua (m}^3\text{/año)} = 7944 \times 0,65$$

$$\text{Consumo agua} = 5163,6 €$$

La instalación necesita de tres bombas alta presión con un consumo de 0,7 kWh cada una:

$$\text{Consumo energetico (€)} = \sum \text{consumos mensuales (€)}$$

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \frac{\text{dias funcionamiento}}{\text{mes}} \times 24 \text{ (horas dia)} \times \text{consumo en una hora}$$

Ejemplo para el mes de Enero:

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \frac{29 \text{ dias}}{\text{mes}} \times 24 \text{ (horas dia)} \times (3 \times 0,7\text{kWh})$$

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = 1461,6 \text{ kWh}$$

Coste económico sería:

$$\text{Coste economico al mes} = \text{consumo mensual} \times \text{coste energia electrica mensual}$$

$$\text{Coste economico al mes} = 1461,6 \times 0,070555$$

$$\text{Coste economico al mes} = 103,13 \frac{\text{€}}{\text{mes}}$$

Para cada uno de los meses:

Mes	€/kWh	€/mes
Enero	0,070555	103,13
Febrero	0,039845	54,22
Marzo	0,054025	78,96
Abril	0,039845	54,22
Mayo	0,054025	68,07
Junio	0,064043	45,19
Julio	0,06284	98,18
Agosto	0,06284	95,01
Septiembre	0,054025	81,69
Octubre	0,059484	92,94
Noviembre	0,059484	89,94
Diciembre	0,064043	90,38
Total		951,92 €/año

Tabla 10. Coste energía eléctrica método fogging

Coste del incremento del gas:

$$\text{Coste anual (€)} = \text{Incremento de gas (kWh)} \times \text{precio de gas} \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 6955940 \text{ (kWh)} \times 0,017725 \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 123.294\text{€}$$

El coste de mantenimiento se va a considerar 300 €al año.

Por lo tanto los gastos directos que presenta el sistema fogging son:

$$GD = \text{consumo electrico} + \text{consumo incr gas} + \text{mant} + \text{agua}$$

$$GD = 951,92 + 123294 + 300 + 5163$$

$$\mathbf{GD = 129.710\text{€}}$$

- **Para el método de enfriamiento por compresión:**

Los gastos directos que presenta el sistema fogging son:

- Consumo de refrigerante
- Consumo de electricidad
- Incremento de consumo de gas natural
- Costes de mantenimiento

Consumo de refrigerante:

$$\text{Volumen del circuito (m}^3\text{)} = 0,644\text{m}^3$$

$$\text{Densidad (R134a)} = 4,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Cantidad de refrigerante necesario(kg)} = 4,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,644$$

$$\text{Cantidad de refrigerante necesario(kg)} = 2,737 \text{ kg}$$

$$\text{Precio de refrigerante} = 29,92 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$$

$$\text{Coste} = 29,92 \times 2,737$$

$$\text{Coste} = 81,89\text{€}$$

Incrementando un 30% por posible existencia de pequeñas fugas:

$$\text{Coste} = 81,29 \times 1,50$$

$$\text{Coste} = 122,83\text{€}$$

El sistema de enfriamiento por compresión, está compuesto por 6 compresores los cuales tienen un consumo energético elevado, los cuales van variando de según las condiciones ambientales:

Mes	€/kWh	€/mes
Enero	0,070555	377,06
Febrero	0,039845	371,51
Marzo	0,054025	366,06
Abril	0,039845	360,52
Mayo	0,054025	355,12
Junio	0,064043	349,66
Julio	0,06284	344,24
Agosto	0,06284	338,88
Septiembre	0,054025	333,53
Octubre	0,059484	328,14
Noviembre	0,059484	322,75
Diciembre	0,064043	317,33
	Total	4164,79

Tabla 11. Coste energía eléctrica método por compresión

Coste del incremento de gas consumido:

$$\text{Coste anual (€)} = \text{Incremento de gas (kWh)} \times \text{precio de gas} \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 18.313.102 \text{ (kWh)} \times 0,017725 \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Coste anual (€)} = 324.600\text{€}$$

El coste de mantenimiento se va a considerar 2000 €al año ya que incorpora en su conjunto elementos de gran valor económico que tienen que llevar un seguimiento continuo.

Por lo tanto los gastos directos que presenta:

$$GD = \text{consumo electrico} + \text{consumo incr gas} + \text{mant} + \text{refri}$$

$$GD = 331.465\text{€}$$

-Comparando los tres sistemas se tiene:

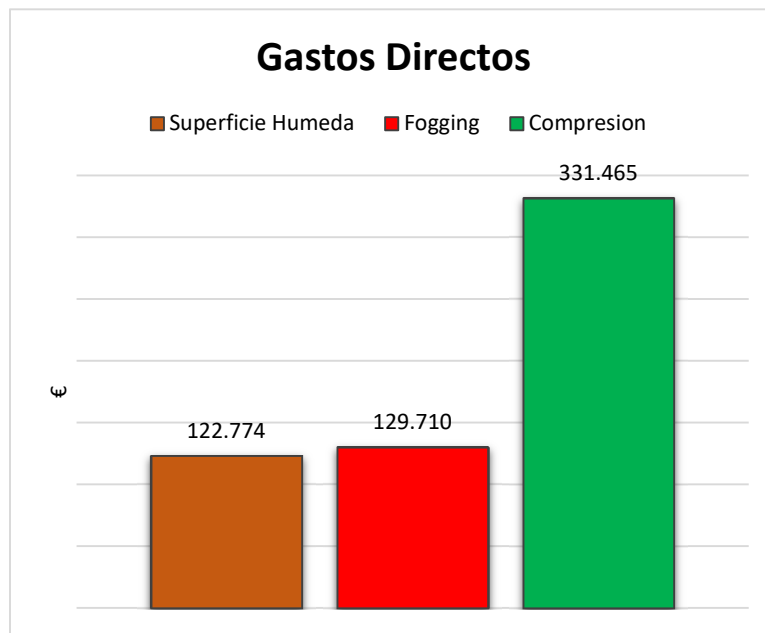


Figura 136. Gastos directos sistemas de enfriamiento

Tal y como muestra la figura 136, para el método de enfriamiento por compresión los gastos directos se ven incrementados frente a los sistemas evaporativos, siendo el sistema por superficie húmeda, el método que menor gastos directos aporta.

- **Gastos indirectos:**

Los gastos indirectos hacen referencia a aquellos costes que conlleva el equipo, ya sea por el conjunto de elementos (sistemas evaporativos) o la adquisición de elementos por separado (sistema compresión):

$$GI (\text{€}) = \sum \text{amortizaciones}$$

- **Sistema de enfriamiento por superficie húmeda**

Coste de la maquinaria al completo = 90.000€

Amortización = 10 años

$$GI = \frac{90.000}{10}$$

$$GI = 9.000 \text{ €}$$

- **Sistema de enfriamiento Fogging:**

Coste de la maquinaria al completo= 85.000€

Amortización = 10 años

$$GI = \frac{85.000}{10}$$

$$GI = 8.500 \text{ €}$$

- **Sistema de enfriamiento por compresión:**

La máquina de producción de frío por compresión, requiere de los siguientes elementos:

	Modelo	€/unidad	Cantidad	Total
Compresor	HSK 7471-90	18778	6	112.668 €
Evaporador	Diseño propio	55000	1	55.000 €
Condensador	Diseño propio	55000	1	55.000 €
Ventilador	IDE 43 B-07AV	9578	3	28.734 €
Válvula expansión 1	ETS 400	2061	2	4.122 €
Válvula expansión 2	ETS 100	870	1	870 €
Controlador	EKC 316A	819	3	2.457 €
Sondas de temperatura	AKS 12 - Pt100	40,8	3	122 €
Transductor	AKS 33	246	3	738 €
Tarjeta de comunicación	EKD 175	121,6	3	365 €
Filtros	AKS-211	138	3	414 €
Deposito	Diseño propio	1000	1	1.000 €
			Total	261.490 €

Tabla 12. Coste económico conjunto de elementos maquina compresión

Coste de la maquinaria = 261.490€

Amortización = 10 años

$$GI = \frac{261.490}{10}$$

$$GI = 26.149 \text{ €}$$

-Comparando los 3 sistemas se tiene:

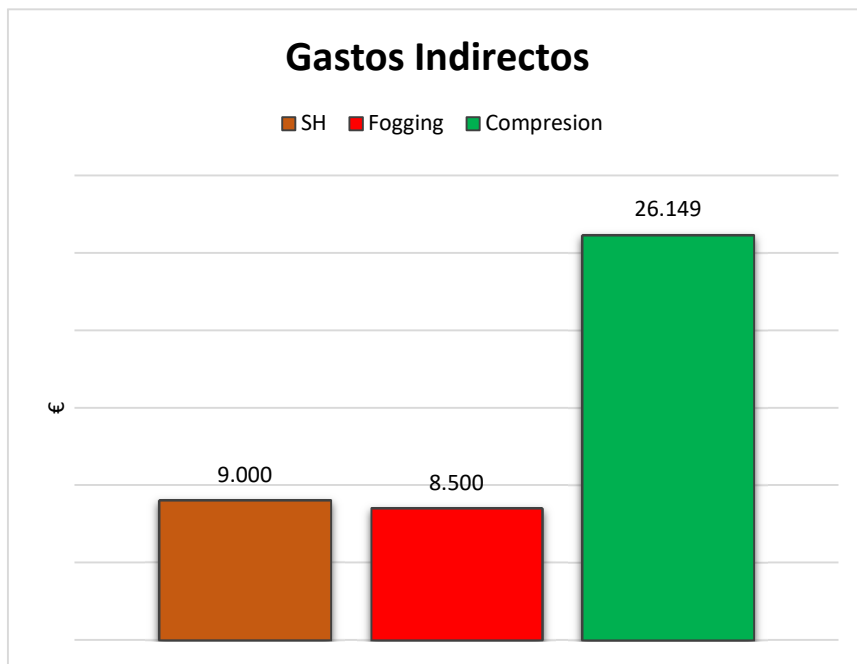


Figura 137. Gastos indirectos sistemas de enfriamiento

Tal y como muestra la figura 137, los gastos indirectos, hacen referencia al coste del equipo siendo en mayor medida para el método de enfriamiento por compresión.

Sabiendo los gastos directos e indirectos de cada proceso de enfriamiento ya se pueden calcular los gastos totales:

$$GT = GD + GI$$

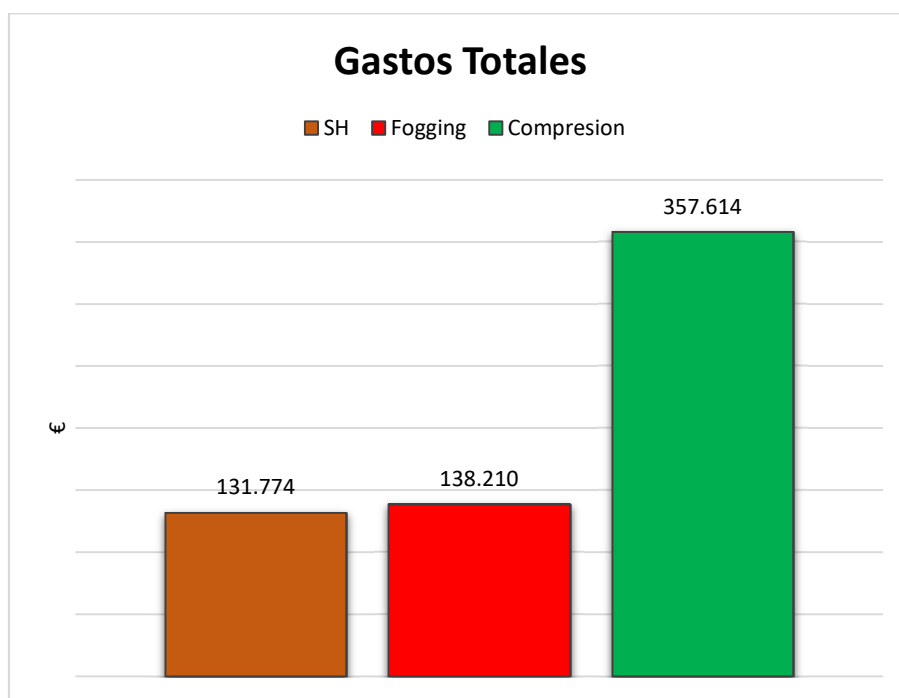


Figura 138. Gastos totales sistemas de enfriamiento



Con relación a los gastos y tal y como muestra la figura 138, el sistema por compresión es más penalizado, siendo el sistema de enfriamiento por superficie húmeda el que menor gastos presenta.

- **Ingresos:**

Una vez obtenidos los gastos totales se va a proceder a conocer los ingresos. Por lo que se refiere a ingresos, se tienen que considerar dos situaciones, es decir, un ingreso es procedente de la venta de la energía eléctrica y otro ingreso es procedente del ahorro de gas natural debido al incremento de energía térmica generada:

$$\text{Ingresos (€)} = \text{Venta energía eléctrica (€)} + \text{Ahorro de gas natural (€)}$$

Ingreso del ahorro del gas natural:

$$\text{Ingresos gas natural (€)} = \text{inere energía termica (kWh)} \times \text{precio energía termica} \left( \frac{€}{\text{kWh}} \right)$$

Ingreso por venta de energía eléctrica:

Para tener un cálculo detallado de los ingresos por venta de energía eléctrica, se va a considerar la producción de energía eléctrica por un día, por el precio de venta de energía en un día:

$$\text{Ingresos energía eléctrica (€)} = \text{energía generada día (kWh)} \times \text{precio venta de energía día} \left( \frac{€}{\text{kWh}} \right)$$

Para ello de la página web “www.omie.es” se han adquirido los precios por días de la venta de la energía eléctrica, siendo para el mes de Enero:

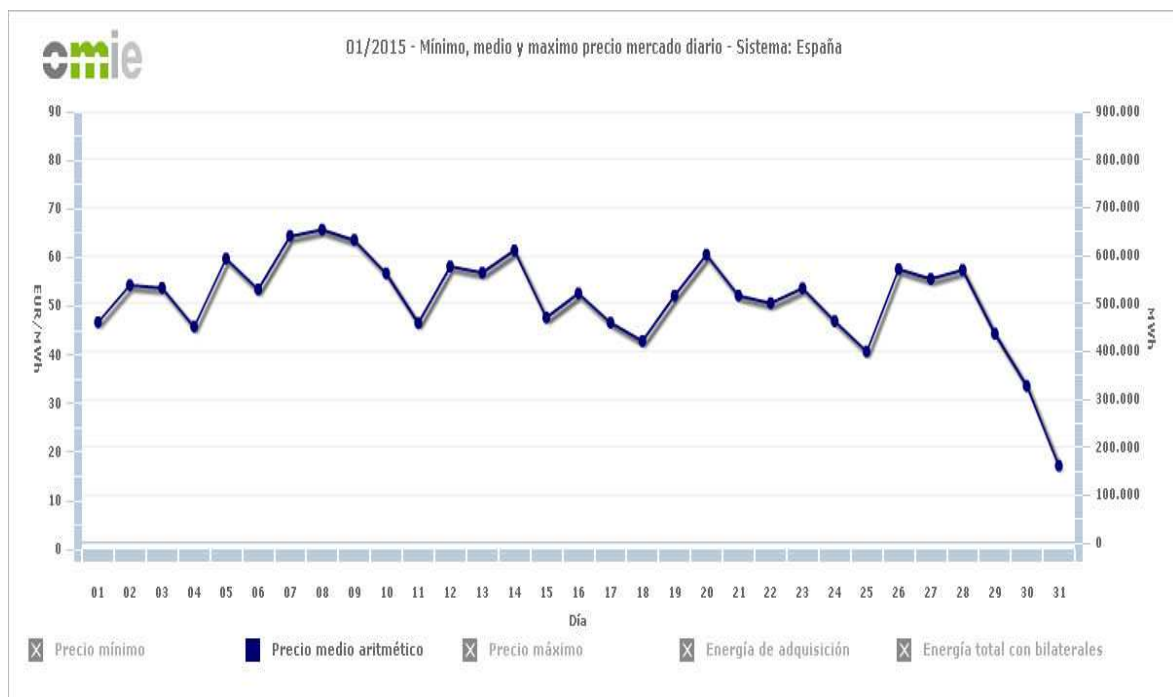


Figura 139. Variación diaria venta electricidad enero del 2015

En el anexo 7, están indicados los precios de venta de energía eléctrica para cada uno de los días que ha estado en funcionamiento la turbina.

A partir de los incrementos de energía calculados en el apartado anterior, se obtendrían los siguientes ingresos:

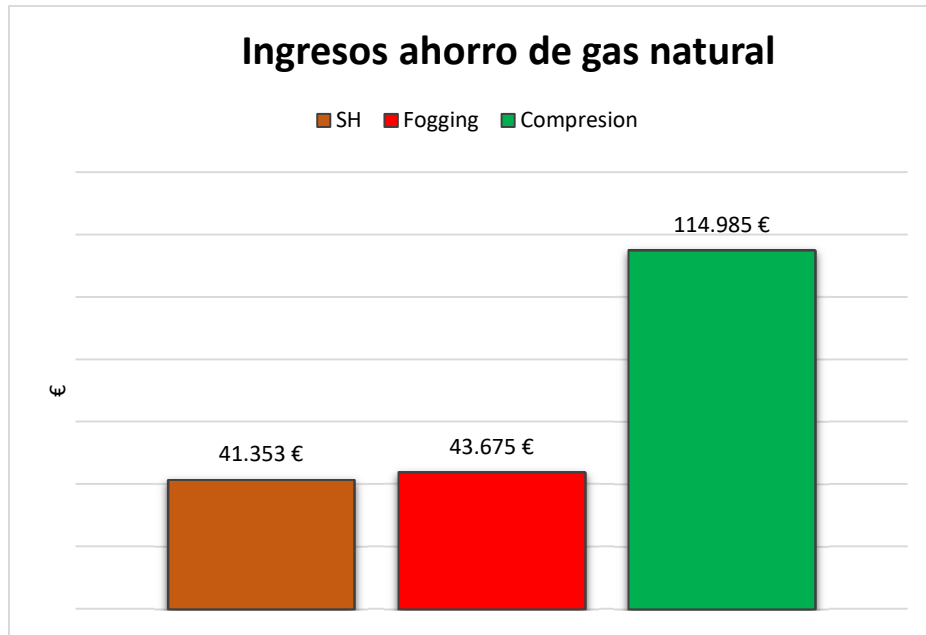


Figura 140. Ingreso económico por el ahorro de gas natural del quemador del atomizador

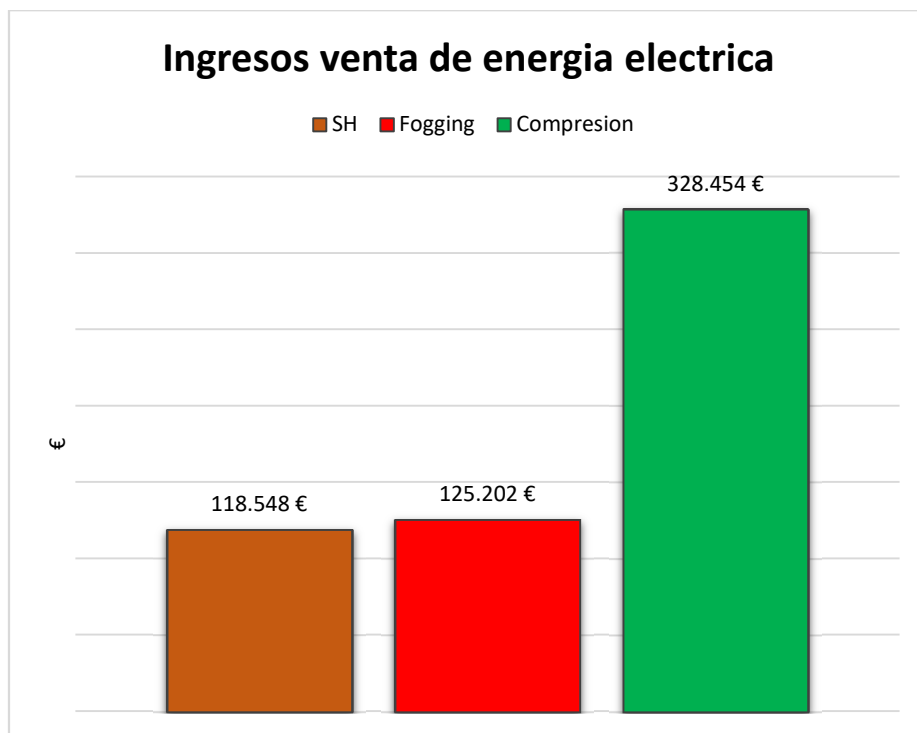


Figura 141. Ingreso económico por venta de energía eléctrica generada

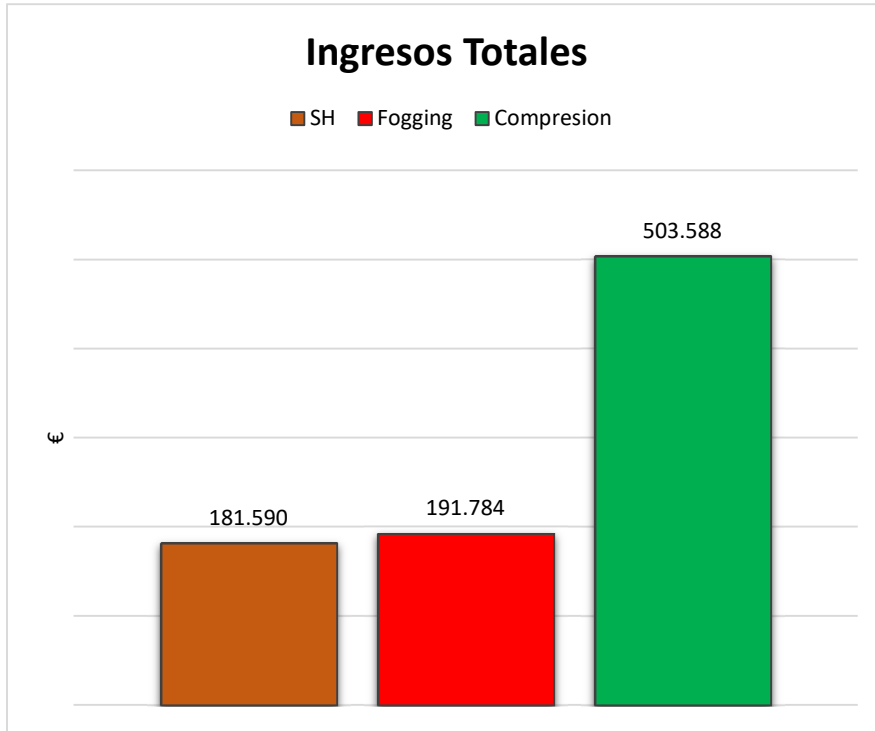


Figura 142. Ingresos totales

Como se ha demostrado en apartados anteriores, el método de enfriamiento por compresión, es el método que mayor reducción de temperatura proporcionaba al flujo de aire a tratar por el compresor. Si consigue reducir en mayor medida la temperatura del aire, también proporcionara un mayor incremento energético. Puesto que el precio del gas natural y la venta de energía eléctrica son iguales para los tres métodos de enfriamiento, se verá más beneficiado el sistema que en cuanto a ingresos, el sistema que mayor reducción de temperatura del aire proporcione.

- **Beneficio bruto:**

El beneficio bruto se podría calcular como:

$$Bb(€) = Ingresos (€) - Gastos(€)$$

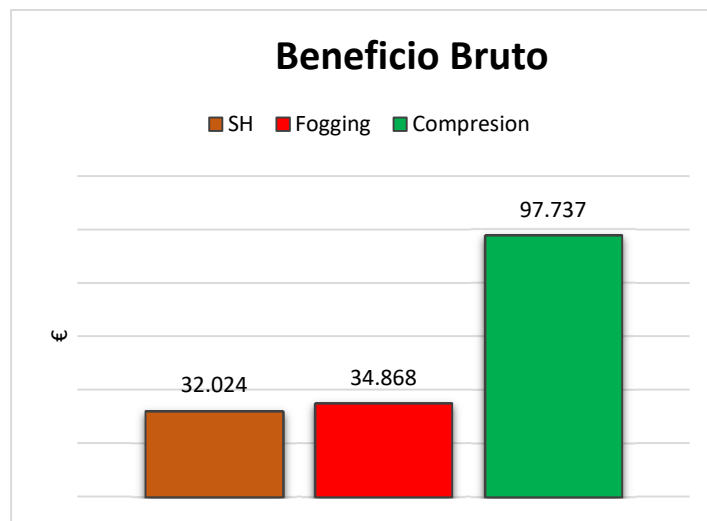


Figura 143. Beneficio bruto

- **Beneficio neto:**

A partir del benéfico bruto se puede obtener el Beneficio neto:

$$Bn (\text{€}) = Bb - Bbx 0,25$$

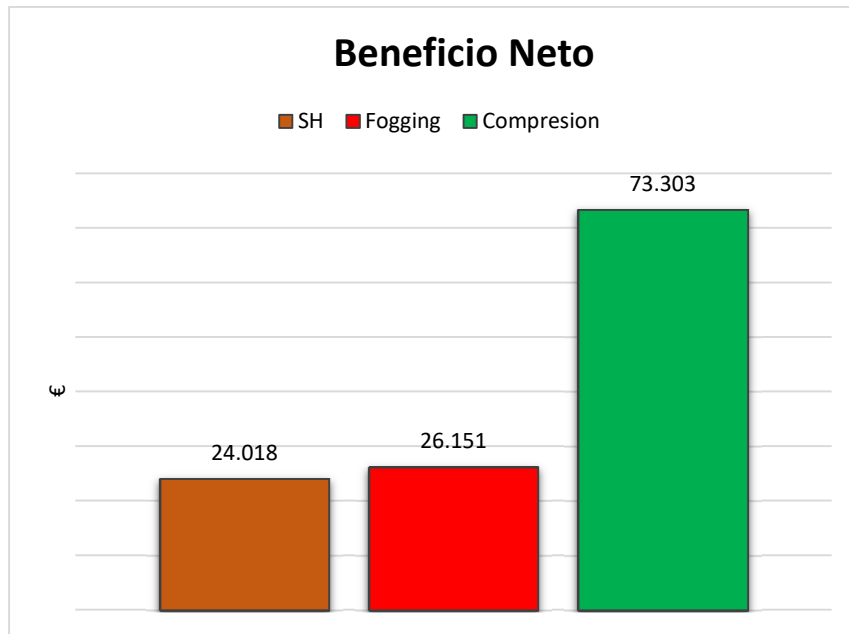


Figura 144. Beneficio neto

De todos los sistemas de enfriamiento planteados, el método que mayor beneficio neto alcanza es el método por compresión tal y como muestra la figura 144.

- **Inversión inicial (I0):**

Detalla el coste de la maquinaria sin considerar los años de amortización de la misma:

$$I0 = \text{coste maquinaria (€)}$$

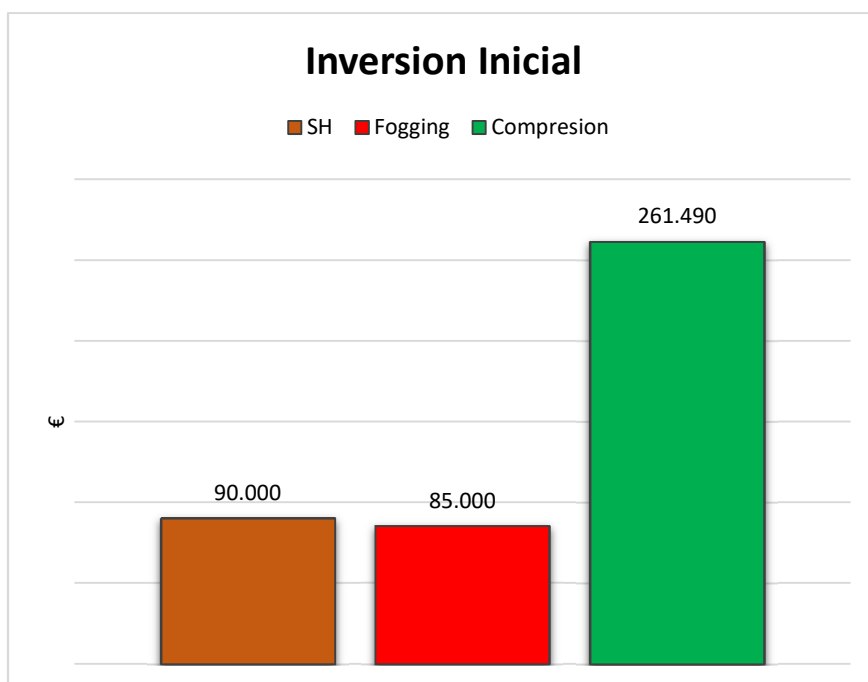


Figura 145. Inversión inicial

Como se puede ver en la figura 145, el método de enfriamiento por compresión, debido a su complejidad y al gran número de componentes que la conforman, es el método que mayor inversión inicial requiere. Por el contrario para la inversión inicial se ve mucho más beneficiado el sistema de enfriamiento fogging.

- **Flujo de caja:**

Con esto ya se puede obtener el flujo de caja:

$$F_c = B_n + \text{Amortizaciones}$$

En este caso las amortizaciones corresponden con los gastos indirectos.

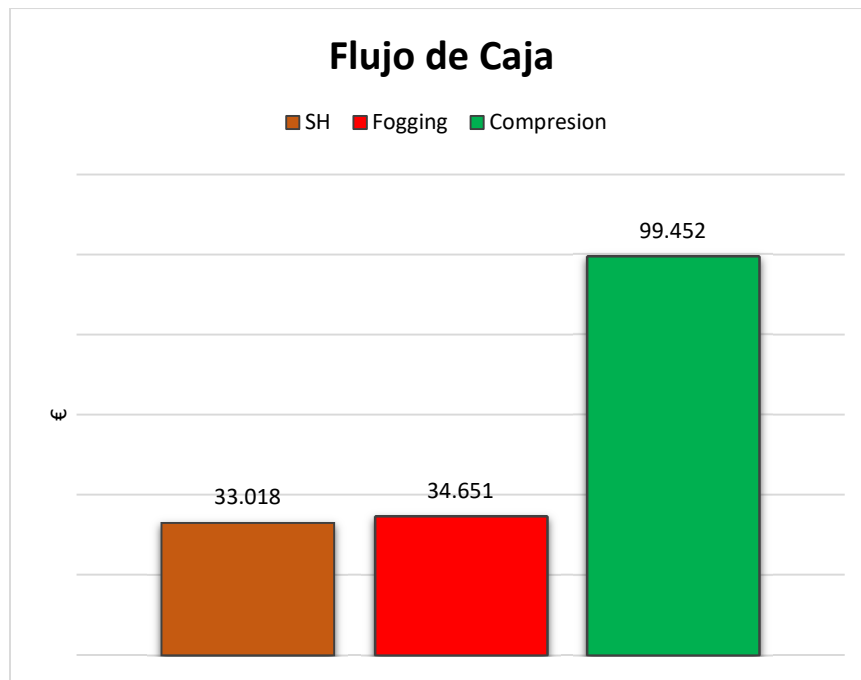


Figura 146. Flujo de caja

El método de enfriamiento por compresión, consigue valores superiores en cuanto a flujo de caja, siendo el método de enfriamiento por superficie húmeda, el que menor flujo de caja obtiene.

- **VAN:**

Valor actual neto (VAN):

$$VAN = -I_0 + \frac{\sum_1^{10} FC_n}{(1 + ir)^n}$$

Donde  $ir = \frac{I_n}{IPC}$

$I_n = 2,8\%$

IPC = 2,3%

Ir= 1,22% = 0.0122

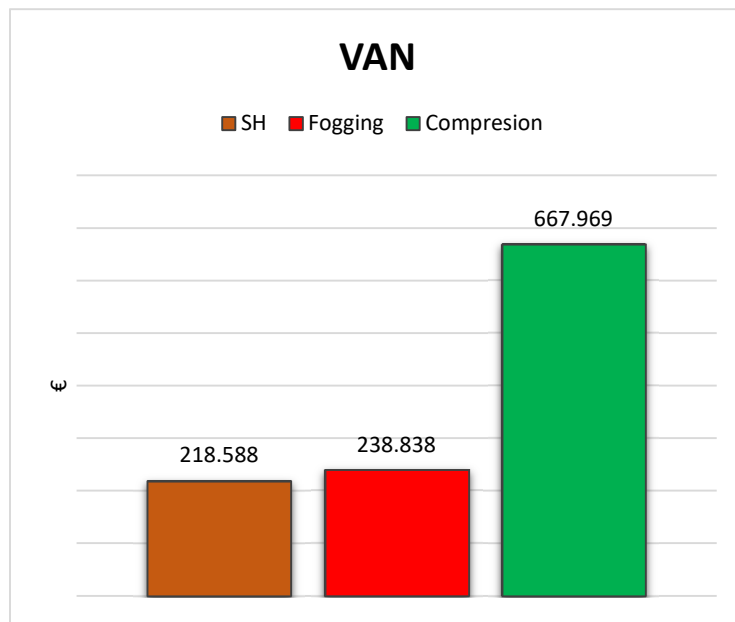


Figura 147. Valor actual neto

- **Periodo de retorno:**

El periodo de retorno, representa posiblemente, uno de los datos más significativos del cálculo de la viabilidad económica. Representa numéricamente y por años, el tiempo que tardaremos en recuperar la inversión inicial:

$$Pr = \frac{I0}{Fc_{promedio}}$$

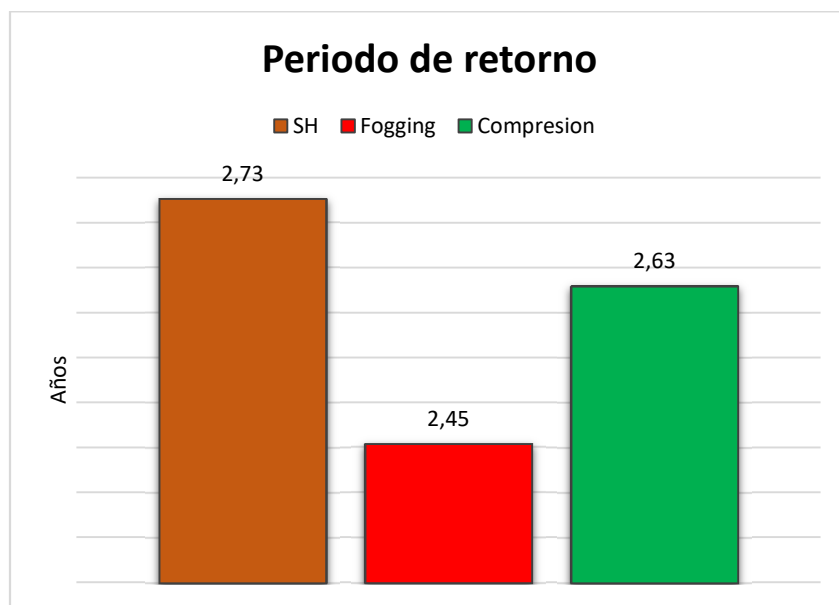


Figura 148. Periodo de retorno en años

Aunque en un principio era el método de compresión el que mejor resultados estaba aportando, se puede apreciar en la figura 148, como el periodo de retorno es favorable para el sistema fogging.

De igual modo el método de enfriamiento por superficie húmedo obtiene periodos de retorno superiores, lo que se descartaría la posibilidad de ejecutar esta solución.

- **TIR:**

Finalmente se obtendrá la tasa interna de retorno (TIR) para cada sistema de enfriamiento:

$$0 = -I_0 + \frac{\sum_1^{10} FC_n}{(1 + ir)^n}$$

- **Superficie Húmeda:**

ir	VAN
0,1	20.027
0,11	11.481
0,12	3.481
0,13	-4.018
0,14	-11.054
0,15	-17.661

Tabla 13. Tasa interna de retorno SH

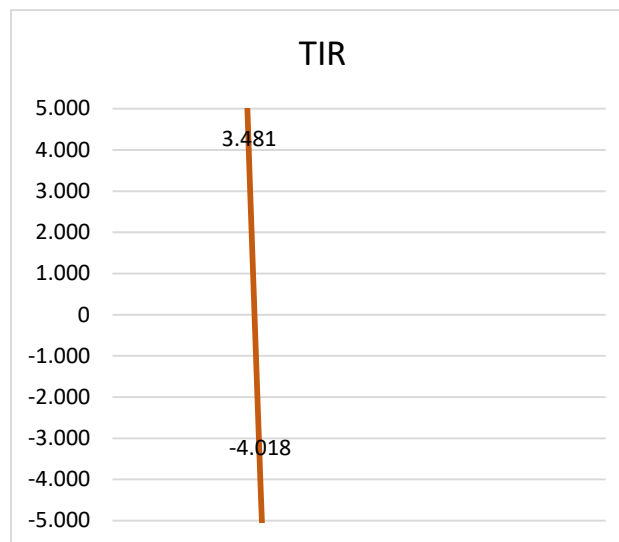


Figura 149. Gráfica variación del TIR método SH

- Método Fogging:

ir	VAN
0,1	19.733
0,11	10.762
0,12	2.362
0,13	-5.510
0,14	-12.896
0,15	-19.832

Tabla 14. Tasa interna de retorno fogging

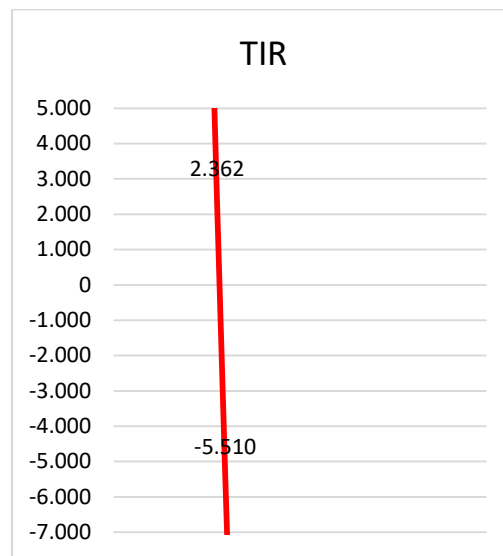


Figura 150. Variación del TIR método fogging

- Método de enfriamiento por compresión:

ir	VAN
0,12	53.730
0,13	31.140
0,14	9.945
0,15	-9.961
0,16	-28.674
0,17	-46.283

Tabla 15. Tasa interna de retorno método compresión



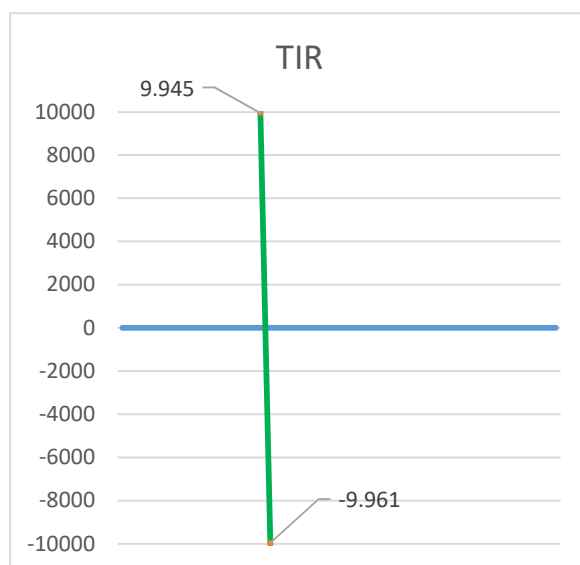


Figura 151. Variación del TIR método por compresión

En el anexo 8 y mediante tablas, vendrán referenciados cada uno de los resultados obtenidos.



## 18 CONCLUSIÓN:

El objetivo principal del presente proyecto era la de aportar una mejora a la instalación de cogeneración instalada en STN Cerámica. Después de un estudio detallado, y de unas propuestas de mejora, se ha demostrado que cualquiera de los sistemas de enfriamiento planteados, podrían aportar grandes beneficios, tanto económicos como energéticos a la empresa en un periodo inferior a los 3 años.

Si bien es cierto, cada sistema de enfriamiento, tiene unos costes y unos beneficios económicos asociados. Si comparamos entre los sistemas de enfriamiento por evaporación, el sistema de fogging presenta mejores prestaciones energéticas, además de un menor coste económico, lo que se traduce en un periodo de retorno menor.

Además, el sistema de enfriamiento por superficie húmeda, requiere de un espacio ampliamente adaptado que obligaría a ejecutar ciertas modificaciones en algunos de los elementos instalados en la nave de aspiración.

Por todo esto, de los dos sistemas evaporativos planteados, la elección es clara y concisa, siendo el sistema más adecuado, el sistema de enfriamiento fogging.

Ahora, solo nos queda comparar entre el sistema fogging y el sistema de generación de frío por compresión. Los dos sistemas planteados, aportan grandes beneficios tanto económicos, como energéticos.

Desde el punto de vista energético, el método de enfriamiento por compresión, se ve mucho más beneficiado.

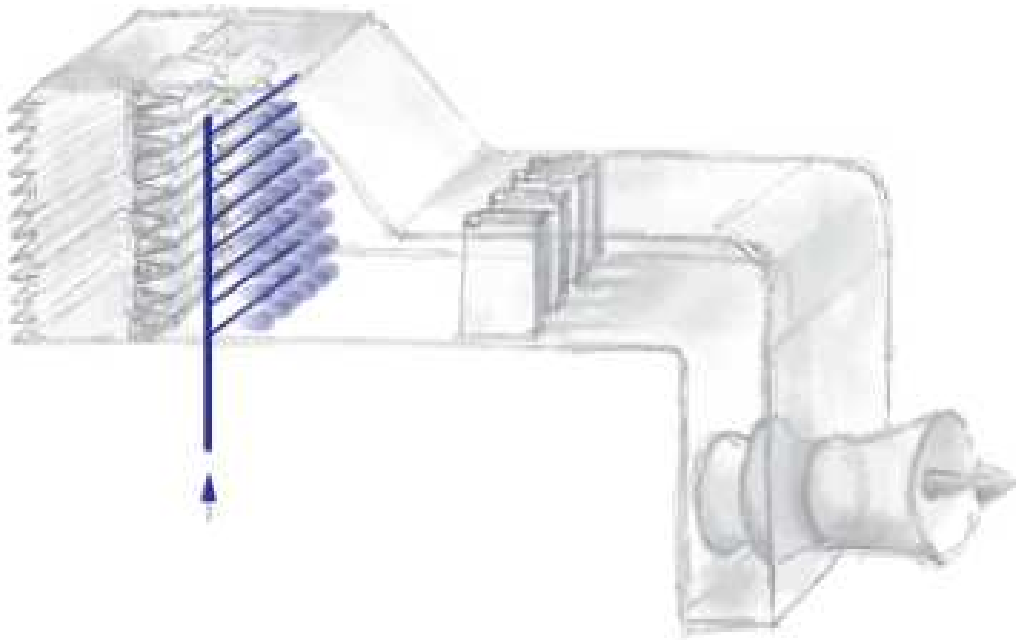
Del mismo modo, el sistema de generación de frío, también requiere de un coste económico muy alto que va seguido de una inversión inicial muy alta. Además, debido a la complejidad de cada uno de los elementos que lo conforman, tiene unos costes de mantenimiento muy altos, que podrían verse agravados en el momento que algún elemento principal como el que puede ser un compresor o cualquiera de los dos intercambiadores, sufriera una rotura.

Dicho esto y conociendo la situación de la empresa a la cual va dirigida el presente proyecto, por sencillez y simplicidad, por obtener muy buenos resultados, por ser un sistema de poco mantenimiento y fácil adaptación, por obtener el mejor periodo de retorno, por requerir de una inversión inicial mucho menor y porque todos sus elementos tienen un coste relativamente bajo para reparación o sustitución, el sistema de enfriamiento que más se adapta es el sistema fogging de Humifrio.

Con este sistema se conseguirá de una forma sencilla, tener una mayor tasa de producción energética para la turbina, aportando grandes beneficios a la empresa, siendo más sostenibles y ayudando a su vez a ser más competitivos.

En apartados anteriores, se ha nombrado que el sistema de enfriamiento fogging permite diferentes configuraciones de montaje. Para evitar complementos adicionales así como sistemas de eliminación de gotas y para asegurar en todo momento que las microgotas inyectadas a presión, no penetren en ningún momento en el compresor causando daños irreversibles, la configuración de montaje que se ha optado, es la configuración en donde

la parrilla de los nebulizadores, va instalada entre los filtros del aire y los silenciadores, tal y como muestra la figura 152.



*Figura 152. Posición parrilla de nebulizadores*

## **19 RESUMEN DEL PRESUPUESTO:**

El sistema de enfriamiento fogging será confeccionado por la empresa Humifrio. Este sistema está compuesto por un gran número de elementos. Para facilitar el transporte, viene agrupado por conjunto de partes, de forma que el montaje completo se realice en la instalación.

Del mismo modo, al ser una máquina que se compra en conjunto, no tienen precio unitario por partes, sino que tiene un precio conjunto el cual incluye el montaje.

Al igual que la empresa Humifrio se encarga de todos los elementos de montaje del sistema, la empresa receptora de la maquinaria, debe de facilitar la instalación, comprando los elementos de enlace, como son las tuberías de transporte de agua hasta el sistema, y los cables eléctricos desde el cuadro eléctrico proporcionado por Humifrio, hasta una toma de electricidad existente en la empresa.

En esta apartado se detallan por cantidades económicas los costes de implantación que tendría el método de enfriamiento fogging.

Presupuesto instalación del sistema de enfriamiento de Humifrio y elementos adicionales para la instalación:

Unidades	concepto	€ / unidad	Total (€)
1	Sistema fogging	85.000	85.000

Unidades	concepto	€ / metro	Total (€)
20m	Cable eléc. trif. sección 2,5mm	7,39	147,8
50m	Tubería PVC Ø50mm	9,80	490

Total bruto (€).....	85.637,80
----------------------	-----------

6% Beneficio industrial.....5.138, 26 €

5% Gastos generales.....4.281, 89 €

21% IVA.....17.983, 93 €

<b>Total (€).....</b>	<b>113.042</b>
-----------------------	----------------

## 20 BIBLIOGRAFÍA:

- Atecyr, “Fundamentos de la climatización”
- Pecomark, “Catalogo Pecomark 2016”
- Bitjer, “Bitjer datos de salida”
- Universidad Jaime I, “Tema 4 (conducción) de Ingeniería térmica (1014)”
- Universidad Jaime I, “Tema 11 (intercambiadores) de Ingeniería térmica (1014)”
- Universidad Jaime I, “Aplicación de la producción de frío de tecnología energética”
- Sadik Kakaç Hongtan Liu, “Heat exchangers selection, rating, and thermal design”
- <http://www.pecomark.com/>
- <https://www.bitzer.de/es/es/>
- <https://turbomach.cat.com/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Turborreactor>
- <http://www.eurorefrigerant.com/lang-es/5-gas-refrigerantes-r134a>
- <http://www.thermaxglobal.com/>
- <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>





---

# *ANEXOS*

---



## Índice Anexos

<b>Anexo 1. Resultados Temperatura bulbo humedo: .....</b>	<b>197</b>
<b>Anexo 2. Temperaturas alcanzables métodos evaporativos: .....</b>	<b>205</b>
<b>Anexo 3. Resultados potencia a intercambiar: .....</b>	<b>213</b>
<b>Anexo 4. Cálculos compresor .....</b>	<b>237</b>
<b>Anexo 5. Características del compresor: .....</b>	<b>245</b>
<b>Anexo 6. Propiedades del aire:.....</b>	<b>247</b>
<b>Anexo 7. Precio venta energía eléctrica: .....</b>	<b>249</b>
<b>ANexo 8. Valores obtenidos viabilidad economica:.....</b>	<b>257</b>



### ANEXO 1. RESULTADOS TEMPERATURA BULBO HUMEDO:

Fecha	Ts(°C)	Ts (K)	HR (%)	Pvs (pa)	Pv (pa)	PT (pa)	W(kg vapor/kg aire seco)	Th (°C)
01/01/2015	10,97	284,12	57	1308,54	742,92	101.169	0,004601	6,97
02/01/2015	11,22	284,37	59	1330,83	779,32	101.169	0,004828	7,37
03/01/2015	11,67	284,82	56	1371,53	769,17	101.169	0,004765	7,49
04/01/2015	11,87	285,02	59	1388,92	822,73	101.169	0,005100	7,99
05/01/2015	12,15	285,30	62	1414,86	871,30	101.169	0,005403	8,48
06/01/2015	12,16	285,31	58	1415,83	828,23	101.169	0,005134	8,15
07/01/2015	12,37	285,52	59	1436,31	845,57	101.169	0,005242	8,38
08/01/2015	12,47	285,62	59	1445,34	858,29	101.169	0,005322	8,52
09/01/2015	12,70	285,85	61	1466,87	895,94	101.169	0,005557	8,90
10/01/2015	12,77	285,92	62	1474,11	912,18	101.169	0,005659	9,06
11/01/2015	12,90	286,05	59	1486,62	879,71	101.169	0,005456	8,86
12/01/2015	12,96	286,11	57	1492,58	847,44	101.169	0,005254	8,66
13/01/2015	13,60	286,75	57	1556,00	893,14	101.169	0,005540	9,24
14/01/2015	13,68	286,83	60	1564,72	942,59	101.169	0,005849	9,65
15/01/2015	14,11	287,26	62	1608,88	996,51	101.169	0,006187	10,23
16/01/2015	14,15	287,30	56	1612,92	908,76	101.169	0,005638	9,56
17/01/2015	14,38	287,53	62	1636,78	1021,83	101.169	0,006346	10,52
18/01/2015	14,46	287,61	67	1645,92	1110,28	101.169	0,006902	11,24
19/01/2015	14,50	287,65	67	1650,01	1106,64	101.169	0,006879	11,22
20/01/2015	14,62	287,77	68	1662,52	1128,05	101.169	0,007013	11,43
21/01/2015	14,70	287,85	63	1670,69	1054,93	101.169	0,006554	10,89
22/01/2015	14,92	288,07	65	1694,61	1104,66	101.169	0,006866	11,35
23/01/2015	15,00	288,15	65	1704,03	1101,99	101.169	0,006850	11,36
24/01/2015	16,20	289,35	62	1840,59	1135,77	101.169	0,007062	12,01
25/01/2015	17,74	290,89	66	2028,35	1347,63	101.169	0,008397	14,07
26/01/2015	18,42	291,57	62	2117,17	1318,66	101.169	0,008214	14,01
27/01/2015	22,20	295,35	65	2673,73	1739,26	101.169	0,010880	17,85
28/01/2015	22,30	295,45	62	2690,30	1671,86	101.169	0,010451	17,34
29/01/2015	22,35	295,50	67	2698,49	1802,14	101.169	0,011280	18,35
02/02/2015	8,90	282,05	63	1138,96	718,33	101.169	0,004448	5,78
03/02/2015	10,20	283,35	69	1243,74	859,42	101.169	0,005329	7,52
04/02/2015	10,29	283,44	63	1250,75	788,22	101.169	0,004884	7,01
05/02/2015	11,81	284,96	64	1384,05	891,26	101.169	0,005528	8,49
06/02/2015	11,86	285,01	60	1388,43	836,56	101.169	0,005186	8,09
07/02/2015	12,11	285,26	66	1411,91	937,48	101.169	0,005817	8,98
08/02/2015	13,07	286,22	66	1503,19	997,44	101.169	0,006193	9,84
09/02/2015	13,32	286,47	66	1528,33	1001,70	101.169	0,006220	9,97
10/02/2015	13,32	286,47	64	1528,38	974,54	101.169	0,006050	9,76
11/02/2015	13,46	286,61	63	1542,24	969,32	101.169	0,006017	9,77
12/02/2015	13,49	286,64	62	1545,57	962,61	101.169	0,005975	9,73
13/02/2015	13,99	287,14	65	1596,04	1033,97	101.169	0,006422	10,47

14/02/2015	14,13	287,28	57	1610,32	911,64	101.169	0,005656	9,58
15/02/2015	15,00	288,15	58	1703,78	992,36	101.169	0,006161	10,51
16/02/2015	15,08	288,23	59	1712,37	1015,93	101.169	0,006309	10,72
17/02/2015	15,71	288,86	60	1783,50	1072,25	101.169	0,006663	11,37
18/02/2015	15,02	288,17	61	1706,26	1036,39	101.169	0,006438	10,86
19/02/2015	13,60	286,75	62	1556,56	961,13	101.169	0,005966	9,76
20/02/2015	12,59	285,74	62	1457,11	901,97	101.169	0,005595	8,91
21/02/2015	13,79	286,94	57	1575,83	891,88	101.169	0,005532	9,30
22/02/2015	16,01	289,16	57	1817,78	1031,59	101.169	0,006407	11,14
23/02/2015	20,52	293,67	60	2412,70	1449,94	101.169	0,009044	15,42
24/02/2015	16,22	289,37	62	1842,55	1135,51	101.169	0,007060	12,01
25/02/2015	17,25	290,40	61	1967,28	1204,51	101.169	0,007494	12,84
26/02/2015	19,85	293,00	62	2314,46	1427,58	101.169	0,008902	15,14
27/02/2015	17,91	291,06	62	2051,05	1270,91	101.169	0,007913	13,52
28/02/2015	15,24	288,39	65	1729,90	1116,13	101.169	0,006938	11,55
01/03/2015	18,99	292,14	65	2194,64	1424,13	101.169	0,008880	14,95
02/03/2015	24,84	297,99	59	3135,42	1846,87	101.169	0,011565	18,74
05/03/2015	12,88	286,03	57	1484,26	845,79	101.169	0,005244	8,59
06/03/2015	15,57	288,72	62	1767,80	1096,04	101.169	0,006812	11,51
07/03/2015	14,86	288,01	60	1688,65	1010,04	101.169	0,006272	10,60
08/03/2015	14,45	287,60	57	1644,09	941,86	101.169	0,005845	9,93
09/03/2015	15,87	289,02	62	1801,77	1111,71	101.169	0,006911	11,72
10/03/2015	15,31	288,46	61	1738,44	1053,38	101.169	0,006544	11,09
11/03/2015	17,23	290,38	57	1964,35	1113,03	101.169	0,006919	12,13
12/03/2015	18,34	291,49	61	2106,50	1275,14	101.169	0,007940	13,66
13/03/2015	17,28	290,43	62	1970,41	1225,71	101.169	0,007628	13,01
14/03/2015	16,26	289,41	61	1847,36	1131,34	101.169	0,007034	11,99
15/03/2015	15,12	288,27	67	1716,61	1143,85	101.169	0,007113	11,72
16/03/2015	14,58	287,73	67	1657,89	1103,29	101.169	0,006858	11,22
17/03/2015	13,83	286,98	67	1579,48	1064,13	101.169	0,006612	10,65
18/03/2015	16,38	289,53	68	1860,68	1256,82	101.169	0,007824	13,00
19/03/2015	15,87	289,02	68	1801,09	1229,75	101.169	0,007653	12,63
20/03/2015	15,47	288,62	68	1756,04	1186,66	101.169	0,007382	12,17
21/03/2015	17,43	290,58	65	1989,02	1292,55	101.169	0,008049	13,57
22/03/2015	15,07	288,22	56	1711,12	962,62	101.169	0,005975	10,30
23/03/2015	15,06	288,21	60	1710,24	1023,21	101.169	0,006355	10,77
24/03/2015	16,26	289,41	57	1846,71	1056,94	101.169	0,006567	11,41
25/03/2015	16,21	289,36	62	1841,58	1133,40	101.169	0,007047	11,99
26/03/2015	18,53	291,68	65	2131,56	1390,84	101.169	0,008670	14,60
27/03/2015	24,81	297,96	67	3129,71	2090,69	101.169	0,013125	20,63
28/03/2015	26,38	299,53	69	3434,37	2354,72	101.169	0,014822	22,56
29/03/2015	25,76	298,91	65	3310,17	2150,79	101.169	0,013510	21,04
30/03/2015	29,63	302,78	61	4149,30	2533,72	101.169	0,015977	23,30
31/03/2015	31,68	304,83	58	4666,07	2722,13	101.169	0,017198	24,04
01/04/2015	27,89	301,04	59	3752,42	2196,28	101.169	0,013802	21,10

02/04/2015	25,09	298,24	57	3181,11	1803,38	101.169	0,011288	18,39
03/04/2015	25,08	298,23	56	3179,82	1796,36	101.169	0,011243	18,34
04/04/2015	25,29	298,44	60	3219,40	1939,45	101.169	0,012157	19,44
05/04/2015	24,66	297,81	65	3100,89	2023,32	101.169	0,012693	20,12
06/04/2015	24,01	297,16	67	2983,83	1995,73	101.169	0,012516	19,91
07/04/2015	22,28	295,43	67	2687,61	1810,97	101.169	0,011337	18,41
08/04/2015	22,76	295,91	66	2765,85	1815,46	101.169	0,011365	18,48
09/04/2015	22,99	296,14	65	2804,77	1835,24	101.169	0,011491	18,65
10/04/2015	24,45	297,60	68	3062,32	2092,16	101.169	0,013134	20,65
11/04/2015	24,05	297,20	66	2989,68	1983,12	101.169	0,012436	19,82
12/04/2015	25,23	298,38	63	3208,13	2023,64	101.169	0,012695	20,10
13/04/2015	25,24	298,39	65	3210,17	2078,07	101.169	0,013044	20,52
14/04/2015	26,67	299,82	65	3494,31	2286,56	101.169	0,014383	22,00
15/04/2015	25,49	298,64	65	3257,64	2117,57	101.169	0,013297	20,81
16/04/2015	28,40	301,55	66	3865,67	2550,04	101.169	0,016083	23,74
17/04/2015	30,23	303,38	67	4295,21	2879,64	101.169	0,018222	25,81
18/04/2015	29,24	302,39	67	4057,54	2730,46	101.169	0,017252	24,94
19/04/2015	29,78	302,93	68	4186,43	2828,23	101.169	0,017888	25,54
20/04/2015	28,51	301,66	67	3890,07	2589,97	101.169	0,016341	24,03
21/04/2015	27,37	300,52	61	3639,36	2225,09	101.169	0,013987	21,42
22/04/2015	27,89	301,04	58	3753,19	2163,79	101.169	0,013593	20,85
23/04/2015	28,77	301,92	65	3948,39	2578,79	101.169	0,016269	23,88
24/04/2015	29,32	302,47	64	4076,51	2618,27	101.169	0,016524	24,05
25/04/2015	29,20	302,35	57	4049,35	2327,89	101.169	0,014649	21,82
26/04/2015	31,49	304,64	65	4615,64	2996,23	101.169	0,018983	26,26
27/04/2015	32,64	305,79	66	4924,24	3257,27	101.169	0,020692	27,79
01/05/2015	32,54	305,69	62	4898,22	3018,37	101.169	0,019127	25,97
02/05/2015	34,13	307,28	64	5351,98	3414,38	101.169	0,021724	28,23
03/05/2015	33,94	307,09	67	5296,33	3536,51	101.169	0,022530	29,29
04/05/2015	32,06	305,21	66	4766,83	3165,70	101.169	0,020091	27,34
05/05/2015	34,00	307,15	65	5314,21	3462,28	101.169	0,022040	28,68
06/05/2015	31,16	304,31	67	4529,51	3033,90	101.169	0,019229	26,68
07/05/2015	30,91	304,06	68	4464,47	3053,54	101.169	0,019357	26,92
08/05/2015	33,12	306,27	69	5060,75	3492,83	101.169	0,022241	29,37
09/05/2015	33,55	306,70	66	5183,32	3424,18	101.169	0,021789	28,63
10/05/2015	33,22	306,37	69	5088,38	3510,98	101.169	0,022361	30,00
11/05/2015	32,09	305,24	69	4773,90	3314,91	101.169	0,021070	28,48
12/05/2015	32,70	305,85	64	4940,78	3181,73	101.169	0,020196	27,17
13/05/2015	32,50	305,65	60	4887,14	2937,99	101.169	0,018603	25,36
14/05/2015	36,87	310,02	58	6224,89	3594,73	101.169	0,022914	27,77
15/05/2015	33,70	306,85	58	5226,80	3012,78	101.169	0,019091	25,33
16/05/2015	32,36	305,51	68	4848,72	3295,63	101.169	0,020943	28,21
17/05/2015	31,93	305,08	65	4732,01	3095,52	101.169	0,019632	26,85
18/05/2015	30,62	303,77	67	4392,86	2931,65	101.169	0,018561	26,08
19/05/2015	27,71	300,86	63	3713,85	2347,81	101.169	0,014777	22,31

20/05/2015	28,37	301,52	62	3858,38	2390,47	101.169	0,015052	22,51
21/05/2015	28,97	302,12	65	3995,52	2610,07	101.169	0,016471	24,07
22/05/2015	28,58	301,73	60	3906,95	2351,60	101.169	0,014801	22,16
23/05/2015	29,53	302,68	61	4125,81	2514,73	101.169	0,015854	23,19
24/05/2015	30,50	303,65	63	4362,56	2746,00	101.169	0,017353	24,68
25/05/2015	28,20	301,35	61	3819,93	2343,45	101.169	0,014749	22,18
04/06/2015	39,77	312,92	63	7278,81	4585,65	101.169	0,029531	32,96
05/06/2015	38,97	312,12	65	6973,40	4550,07	101.169	0,029291	33,46
06/06/2015	31,20	304,35	66	4541,23	2975,46	101.169	0,018847	26,21
20/06/2015	36,88	310,03	64	6228,45	4014,70	101.169	0,025702	31,07
21/06/2015	36,69	309,84	67	6165,80	4103,65	101.169	0,026295	31,90
22/06/2015	36,13	309,28	67	5976,80	3996,85	101.169	0,025583	31,48
23/06/2015	35,81	308,96	66	5873,51	3903,60	101.169	0,024962	30,98
24/06/2015	35,37	308,52	65	5732,93	3725,75	101.169	0,023781	29,89
25/06/2015	35,88	309,03	61	5895,56	3582,33	101.169	0,022832	28,43
26/06/2015	39,49	312,64	66	7170,30	4740,40	101.169	0,030576	34,45
27/06/2015	38,48	311,63	63	6793,22	4279,73	101.169	0,027473	31,80
28/06/2015	38,82	311,97	65	6918,74	4497,18	101.169	0,028934	33,19
29/06/2015	38,55	311,70	66	6819,73	4519,06	101.169	0,029082	33,60
30/06/2015	38,40	311,55	64	6762,69	4346,52	101.169	0,027921	32,39
01/07/2015	37,71	310,86	67	6516,39	4353,43	101.169	0,027968	33,04
02/07/2015	37,31	310,46	68	6375,37	4333,07	101.169	0,027831	33,21
03/07/2015	37,95	311,10	64	6600,41	4225,91	101.169	0,027113	31,85
04/07/2015	39,06	312,21	63	7008,59	4395,73	101.169	0,028252	32,17
05/07/2015	39,29	312,44	64	7093,04	4539,54	101.169	0,029220	33,08
06/07/2015	39,12	312,27	64	7029,88	4488,43	101.169	0,028875	32,84
07/07/2015	40,10	313,25	64	7409,02	4723,74	101.169	0,030463	33,70
08/07/2015	39,65	312,80	63	7234,18	4587,12	101.169	0,029540	33,09
09/07/2015	37,97	311,12	65	6607,91	4290,69	101.169	0,027547	32,33
10/07/2015	38,64	311,79	59	6851,26	4063,72	101.169	0,026029	29,95
11/07/2015	38,13	311,28	60	6667,29	4018,73	101.169	0,025729	30,06
12/07/2015	38,74	311,89	66	6887,60	4524,80	101.169	0,029120	33,48
13/07/2015	39,11	312,26	67	7025,73	4690,21	101.169	0,030237	34,43
14/07/2015	38,74	311,89	61	6887,32	4181,12	101.169	0,026813	30,79
15/07/2015	40,39	313,54	65	7522,43	4889,58	101.169	0,031587	34,70
16/07/2015	39,16	312,31	65	7044,21	4579,75	101.169	0,029491	33,52
17/07/2015	39,57	312,72	63	7202,44	4562,24	101.169	0,029373	32,98
18/07/2015	38,84	311,99	60	6923,82	4187,04	101.169	0,026853	30,74
19/07/2015	38,97	312,12	63	6972,46	4410,53	101.169	0,028351	32,37
20/07/2015	38,82	311,97	58	6919,33	3983,93	101.169	0,025497	29,14
21/07/2015	40,11	313,26	62	7413,02	4593,52	101.169	0,029584	32,67
22/07/2015	39,68	312,83	62	7244,02	4503,52	101.169	0,028977	32,41
23/07/2015	39,63	312,78	61	7224,19	4425,84	101.169	0,028454	31,85
24/07/2015	40,77	313,92	60	7678,03	4612,70	101.169	0,029713	32,10
25/07/2015	39,14	312,29	61	7036,25	4312,45	101.169	0,027693	31,44



26/07/2015	38,63	311,78	61	6847,93	4146,75	101.169	0,026583	30,61
27/07/2015	39,90	313,05	60	7329,83	4418,73	101.169	0,028407	31,51
28/07/2015	39,84	312,99	62	7307,12	4530,41	101.169	0,029158	32,45
29/07/2015	40,22	313,37	64	7456,48	4796,85	101.169	0,030958	34,15
30/07/2015	38,02	311,17	64	6626,82	4240,78	101.169	0,027213	31,90
31/07/2015	36,13	309,28	56	5976,93	3353,55	101.169	0,021324	26,44
01/08/2015	34,58	307,73	57	5489,70	3103,16	101.169	0,019682	25,52
02/08/2015	36,94	310,09	60	6249,48	3723,90	101.169	0,023769	28,74
03/08/2015	38,97	312,12	65	6973,03	4512,94	101.169	0,029041	33,17
04/08/2015	39,40	312,55	65	7137,26	4639,22	101.169	0,029892	33,75
05/08/2015	39,54	312,69	59	7188,82	4251,80	101.169	0,027286	30,56
06/08/2015	39,76	312,91	64	7275,32	4649,34	101.169	0,029960	33,47
07/08/2015	39,92	313,07	61	7338,68	4450,84	101.169	0,028622	31,74
08/08/2015	37,94	311,09	65	6596,12	4287,48	101.169	0,027525	32,34
09/08/2015	36,40	309,55	67	6067,18	4048,74	101.169	0,025929	31,69
10/08/2015	37,42	310,57	60	6415,15	3872,80	101.169	0,024757	29,52
11/08/2015	39,66	312,81	61	7235,98	4449,00	101.169	0,028610	32,00
12/08/2015	39,87	313,02	62	7318,78	4524,96	101.169	0,029121	32,38
13/08/2015	37,72	310,87	65	6519,69	4209,24	101.169	0,027001	31,91
14/08/2015	34,76	307,91	64	5542,54	3540,87	101.169	0,022558	28,84
15/08/2015	34,88	308,03	64	5579,95	3564,35	101.169	0,022713	28,95
16/08/2015	36,55	309,70	63	6117,63	3873,60	101.169	0,024763	30,21
17/08/2015	33,84	306,99	67	5268,09	3506,33	101.169	0,022330	29,11
18/08/2015	35,56	308,71	63	5793,26	3668,66	101.169	0,023403	29,32
19/08/2015	36,82	309,97	65	6207,60	4033,24	101.169	0,025825	31,26
20/08/2015	37,59	310,74	64	6472,92	4116,62	101.169	0,026382	31,30
21/08/2015	37,66	310,81	61	6496,98	3953,11	101.169	0,025292	29,95
22/08/2015	37,83	310,98	67	6560,02	4378,25	101.169	0,028135	33,13
23/08/2015	38,64	311,79	66	6850,67	4504,69	101.169	0,028985	33,41
24/08/2015	36,73	309,88	67	6177,44	4145,70	101.169	0,026576	32,20
25/08/2015	36,99	310,14	66	6265,64	4130,46	101.169	0,026474	31,88
26/08/2015	37,42	310,57	61	6414,87	3942,10	101.169	0,025218	30,06
27/08/2015	37,34	310,49	61	6387,05	3885,88	101.169	0,024844	29,69
28/08/2015	37,75	310,90	67	6531,14	4347,86	101.169	0,027930	32,96
29/08/2015	37,42	310,57	61	6415,54	3912,90	101.169	0,025024	29,83
30/08/2015	38,12	311,27	64	6660,34	4238,47	101.169	0,027197	31,80
01/09/2015	37,35	310,50	66	6390,40	4217,77	101.169	0,027058	32,28
02/09/2015	35,99	309,14	64	5930,96	3796,23	101.169	0,024249	30,02
03/09/2015	35,05	308,20	64	5632,33	3617,69	101.169	0,023066	29,26
04/09/2015	32,32	305,47	61	4836,16	2930,24	101.169	0,018552	25,39
05/09/2015	33,27	306,42	60	5102,17	3072,09	101.169	0,019478	26,03
06/09/2015	33,14	306,29	64	5064,37	3251,08	101.169	0,020651	27,50
07/09/2015	31,91	305,06	61	4727,32	2876,39	101.169	0,018201	25,15
08/09/2015	32,44	305,59	59	4869,22	2893,91	101.169	0,018315	25,05
09/09/2015	32,84	305,99	61	4979,84	3060,21	101.169	0,019401	26,16

10/09/2015	34,48	307,63	62	5456,96	3400,63	101.169	0,021634	27,92
11/09/2015	35,85	309,00	63	5887,53	3711,15	101.169	0,023685	29,45
12/09/2015	34,97	308,12	60	5608,52	3355,24	101.169	0,021335	27,26
13/09/2015	35,89	309,04	58	5900,66	3447,82	101.169	0,021945	27,36
14/09/2015	37,36	310,51	64	6393,76	4069,94	101.169	0,026070	31,12
15/09/2015	35,52	308,67	65	5781,16	3736,08	101.169	0,023850	29,87
16/09/2015	36,72	309,87	68	6175,67	4170,14	101.169	0,026740	32,39
17/09/2015	36,24	309,39	65	6013,53	3901,32	101.169	0,024947	30,66
18/09/2015	32,99	306,14	61	5024,07	3051,61	101.169	0,019344	26,01
19/09/2015	32,75	305,90	57	4955,08	2819,47	101.169	0,017831	24,31
20/09/2015	33,38	306,53	58	5133,52	2984,55	101.169	0,018906	25,28
21/09/2015	33,53	306,68	62	5176,88	3196,56	101.169	0,020293	26,87
22/09/2015	29,75	302,90	66	4179,35	2779,04	101.169	0,017568	25,17
23/09/2015	33,63	306,78	67	5207,26	3490,25	101.169	0,022224	29,09
24/09/2015	32,19	305,34	61	4801,80	2934,49	101.169	0,018580	25,48
25/09/2015	33,16	306,31	62	5070,56	3124,77	101.169	0,019823	26,50
26/09/2015	33,33	306,48	65	5120,76	3313,17	101.169	0,021059	27,88
27/09/2015	32,72	305,87	65	4946,35	3209,17	101.169	0,020376	27,38
28/09/2015	30,42	303,57	66	4343,21	2845,60	101.169	0,018001	25,48
29/09/2015	29,16	302,31	63	4040,02	2549,61	101.169	0,016080	23,56
30/09/2015	30,06	303,21	65	4254,78	2764,92	101.169	0,017476	24,97
01/10/2015	31,23	304,38	61	4547,31	2793,28	101.169	0,017660	24,78
02/10/2015	31,48	304,63	65	4612,45	2992,16	101.169	0,018956	26,23
03/10/2015	31,26	304,41	67	4556,61	3054,07	101.169	0,019361	26,79
04/10/2015	32,31	305,46	67	4833,40	3222,57	101.169	0,020464	27,67
05/10/2015	37,32	310,47	65	6377,99	4145,69	101.169	0,026576	31,74
06/10/2015	37,59	310,74	66	6475,31	4273,71	101.169	0,027433	32,52
07/10/2015	34,16	307,31	66	5361,46	3538,57	101.169	0,022543	31,33
08/10/2015	30,90	304,05	68	4462,76	3044,31	101.169	0,019297	26,85
09/10/2015	32,05	305,20	62	4763,65	2959,88	101.169	0,018745	25,74
10/10/2015	31,06	304,21	63	4503,63	2814,87	101.169	0,017801	25,01
11/10/2015	32,59	305,74	66	4911,32	3230,58	101.169	0,020516	27,60
12/10/2015	33,10	306,25	62	5053,43	3147,55	101.169	0,019972	26,71
13/10/2015	29,39	302,54	60	4092,72	2457,19	101.169	0,015483	22,78
14/10/2015	28,14	301,29	58	3808,24	2213,62	101.169	0,013914	21,18
15/10/2015	27,62	300,77	60	3692,91	2231,42	101.169	0,014028	21,43
16/10/2015	29,01	302,16	63	4003,97	2506,50	101.169	0,015801	23,26
17/10/2015	30,02	303,17	68	4243,11	2903,82	101.169	0,018380	26,06
18/10/2015	32,08	305,23	62	4771,97	2957,89	101.169	0,018732	25,71
19/10/2015	29,81	302,96	62	4192,16	2609,24	101.169	0,016466	23,84
20/10/2015	29,40	302,55	63	4095,61	2578,50	101.169	0,016267	23,72
21/10/2015	28,75	301,90	65	3943,56	2558,88	101.169	0,016140	23,73
22/10/2015	27,19	300,34	69	3602,06	2490,10	101.169	0,015695	23,50
23/10/2015	28,40	301,55	65	3865,56	2511,40	101.169	0,015833	23,44
24/10/2015	29,34	302,49	67	4080,63	2741,86	101.169	0,017326	25,00

25/10/2015	29,08	302,23	66	4020,04	2648,84	101.169	0,016723	24,35
26/10/2015	29,57	302,72	64	4136,04	2665,49	101.169	0,016831	24,34
27/10/2015	30,36	303,51	64	4326,84	2781,66	101.169	0,017585	25,00
28/10/2015	31,39	304,54	66	4588,76	3048,73	101.169	0,019326	26,70
29/10/2015	30,55	303,70	68	4374,73	2995,92	101.169	0,018981	26,60
30/10/2015	29,07	302,22	66	4017,89	2654,64	101.169	0,016760	24,40
31/10/2015	28,28	301,43	67	3837,73	2567,09	101.169	0,016193	23,90
01/11/2015	27,40	300,55	60	3647,49	2170,49	101.169	0,013637	20,99
02/11/2015	28,75	301,90	58	3945,21	2268,67	101.169	0,014267	21,47
03/11/2015	28,21	301,36	59	3822,23	2267,24	101.169	0,014258	21,59
04/11/2015	28,65	301,80	57	3922,47	2239,14	101.169	0,014078	21,27
05/11/2015	30,07	303,22	64	4256,05	2723,70	101.169	0,017208	24,65
06/11/2015	30,41	303,56	63	4340,85	2755,43	101.169	0,017414	24,78
07/11/2015	30,09	303,24	60	4260,31	2572,52	101.169	0,016228	23,47
08/11/2015	29,30	302,45	64	4072,12	2621,87	101.169	0,016548	24,08
09/11/2015	28,33	301,48	69	3848,67	2639,21	101.169	0,016660	24,45
10/11/2015	28,41	301,56	68	3866,67	2645,78	101.169	0,016703	24,48
11/11/2015	28,05	301,20	68	3786,93	2566,71	101.169	0,016191	23,94
12/11/2015	28,73	301,88	59	3939,03	2341,36	101.169	0,014735	22,05
13/11/2015	28,89	302,04	68	3977,39	2707,19	101.169	0,017101	24,84
14/11/2015	28,04	301,19	68	3784,89	2579,62	101.169	0,016274	24,05
15/11/2015	26,85	300,00	68	3530,31	2415,59	101.169	0,015214	22,97
16/11/2015	26,80	299,95	67	3519,74	2366,90	101.169	0,014900	22,60
17/11/2015	26,69	299,84	63	3498,91	2202,72	101.169	0,013843	21,35
18/11/2015	26,26	299,41	63	3410,42	2162,87	101.169	0,013588	21,09
19/11/2015	27,62	300,77	63	3693,17	2314,30	101.169	0,014561	22,07
20/11/2015	29,63	302,78	62	4149,65	2558,14	101.169	0,016135	23,49
21/11/2015	29,16	302,31	63	4040,18	2542,59	101.169	0,016035	23,50
22/11/2015	24,25	297,40	63	3027,00	1908,21	101.169	0,011957	19,23
23/11/2015	21,11	294,26	66	2501,56	1638,91	101.169	0,010242	16,97
24/11/2015	21,21	294,36	67	2516,68	1695,92	101.169	0,010604	17,42
25/11/2015	27,52	300,67	69	3673,30	2523,71	101.169	0,015912	23,71
26/11/2015	29,86	303,01	62	4205,55	2609,08	101.169	0,016465	23,82
27/11/2015	26,12	299,27	68	3382,31	2287,13	101.169	0,014386	22,07
28/11/2015	25,34	298,49	68	3230,14	2194,04	101.169	0,013788	21,41
29/11/2015	23,61	296,76	56	2913,05	1642,73	101.169	0,010266	17,17
30/11/2015	23,86	297,01	67	2956,21	1988,65	101.169	0,012471	19,86
01/12/2015	23,95	297,10	64	2971,94	1915,44	101.169	0,012003	19,29
02/12/2015	23,06	296,21	63	2817,77	1769,03	101.169	0,011069	18,14
03/12/2015	23,45	296,60	61	2883,89	1772,88	101.169	0,011094	18,18
04/12/2015	23,87	297,02	62	2957,67	1827,90	101.169	0,011444	18,61
05/12/2015	24,47	297,62	58	3067,07	1773,20	101.169	0,011096	18,18
06/12/2015	26,19	299,34	64	3396,87	2171,92	101.169	0,013646	21,17
07/12/2015	27,06	300,21	61	3575,69	2195,57	101.169	0,013798	21,24
08/12/2015	26,64	299,79	57	3488,57	1998,41	101.169	0,012534	19,76

09/12/2015	25,50	298,65	57	3260,75	1845,00	101.169	0,011554	18,69
10/12/2015	25,51	298,66	57	3261,77	1864,59	101.169	0,011679	18,84
11/12/2015	24,60	297,75	59	3091,04	1826,96	101.169	0,011438	18,60
12/12/2015	25,04	298,19	61	3173,00	1948,88	101.169	0,012217	19,53
13/12/2015	24,43	297,58	68	3059,16	2094,37	101.169	0,013148	20,67
14/12/2015	23,22	296,37	63	2843,82	1785,08	101.169	0,011172	18,27
15/12/2015	24,65	297,80	67	3100,37	2074,63	101.169	0,013022	20,51
16/12/2015	26,28	299,43	65	3415,24	2231,81	101.169	0,014030	21,62
17/12/2015	25,53	298,68	64	3266,61	2093,76	101.169	0,013144	20,62
18/12/2015	24,89	298,04	67	3144,17	2093,16	101.169	0,013140	20,65
19/12/2015	24,99	298,14	63	3163,66	2003,05	101.169	0,012563	19,95
20/12/2015	25,64	298,79	68	3288,34	2237,52	101.169	0,014067	21,72
21/12/2015	25,68	298,83	65	3294,92	2155,20	101.169	0,013538	21,08
22/12/2015	24,57	297,72	61	3084,80	1871,79	101.169	0,011724	18,95
23/12/2015	25,08	298,23	58	3179,50	1853,50	101.169	0,011608	18,78
24/12/2015	24,69	297,84	60	3107,13	1858,05	101.169	0,011637	18,84
28/12/2015	25,07	298,22	60	3177,58	1904,39	101.169	0,011933	19,18
29/12/2015	25,49	298,64	61	3259,13	1980,37	101.169	0,012418	19,74
30/12/2015	23,16	296,31	59	2834,64	1681,31	101.169	0,010511	17,46
31/12/2015	17,58	290,73	62	2008,52	1250,05	101.169	0,007781	13,28

## ANEXO 2. TEMPERATURAS ALCANZABLES MÉTODOS EVAPORATIVOS:

Fecha	Ts(°C)	Th (°C)	Temp Superficie Húmeda (°C)	Temp Fogging (°C)
01/01/2015	10,97	6,97	7,37	7,17
02/01/2015	11,22	7,37	7,75	7,56
03/01/2015	11,67	7,49	7,91	7,70
04/01/2015	11,87	7,99	8,37	8,18
05/01/2015	12,15	8,48	8,85	8,66
06/01/2015	12,16	8,15	8,55	8,35
07/01/2015	12,37	8,38	8,78	8,58
08/01/2015	12,47	8,52	8,91	8,71
09/01/2015	12,70	8,90	9,28	9,09
10/01/2015	12,77	9,06	9,43	9,24
11/01/2015	12,90	8,86	9,26	9,06
12/01/2015	12,96	8,66	9,09	8,87
13/01/2015	13,60	9,24	9,67	9,45
14/01/2015	13,68	9,65	10,06	9,85
15/01/2015	14,11	10,23	10,62	10,42
16/01/2015	14,15	9,56	10,02	9,79
17/01/2015	14,38	10,52	10,91	10,71
18/01/2015	14,46	11,24	11,56	11,40
19/01/2015	14,50	11,22	11,55	11,39
20/01/2015	14,62	11,43	11,75	11,59
21/01/2015	14,70	10,89	11,27	11,08
22/01/2015	14,92	11,35	11,71	11,53
23/01/2015	15,00	11,36	11,72	11,54
24/01/2015	16,20	12,01	12,43	12,22
25/01/2015	17,74	14,07	14,44	14,26
26/01/2015	18,42	14,01	14,45	14,23
27/01/2015	22,20	17,85	18,29	18,07
28/01/2015	22,30	17,34	17,84	17,59
29/01/2015	22,35	18,35	18,75	18,55
02/02/2015	8,90	5,78	6,09	5,94
03/02/2015	10,20	7,52	7,78	7,65
04/02/2015	10,29	7,01	7,33	7,17
05/02/2015	11,81	8,49	8,82	8,66
06/02/2015	11,86	8,09	8,47	8,28
07/02/2015	12,11	8,98	9,29	9,14
08/02/2015	13,07	9,84	10,16	10,00
09/02/2015	13,32	9,97	10,30	10,14
10/02/2015	13,32	9,76	10,12	9,94
11/02/2015	13,46	9,77	10,14	9,96
12/02/2015	13,49	9,73	10,11	9,92
13/02/2015	13,99	10,47	10,83	10,65

14/02/2015	14,13	9,58	10,03	9,80
15/02/2015	15,00	10,51	10,96	10,74
16/02/2015	15,08	10,72	11,16	10,94
17/02/2015	15,71	11,37	11,80	11,58
18/02/2015	15,02	10,86	11,28	11,07
19/02/2015	13,60	9,76	10,15	9,96
20/02/2015	12,59	8,91	9,27	9,09
21/02/2015	13,79	9,30	9,75	9,52
22/02/2015	16,01	11,14	11,63	11,39
23/02/2015	20,52	15,42	15,93	15,68
24/02/2015	16,22	12,01	12,43	12,22
25/02/2015	17,25	12,84	13,28	13,06
26/02/2015	19,85	15,14	15,61	15,38
27/02/2015	17,91	13,52	13,96	13,74
28/02/2015	15,24	11,55	11,92	11,73
01/03/2015	18,99	14,95	15,36	15,16
02/03/2015	24,84	18,74	19,35	19,05
05/03/2015	12,88	8,59	9,01	8,80
06/03/2015	15,57	11,51	11,91	11,71
07/03/2015	14,86	10,60	11,03	10,81
08/03/2015	14,45	9,93	10,38	10,15
09/03/2015	15,87	11,72	12,14	11,93
10/03/2015	15,31	11,09	11,51	11,30
11/03/2015	17,23	12,13	12,64	12,38
12/03/2015	18,34	13,66	14,13	13,89
13/03/2015	17,28	13,01	13,44	13,23
14/03/2015	16,26	11,99	12,42	12,21
15/03/2015	15,12	11,72	12,06	11,89
16/03/2015	14,58	11,22	11,56	11,39
17/03/2015	13,83	10,65	10,96	10,81
18/03/2015	16,38	13,00	13,33	13,17
19/03/2015	15,87	12,63	12,95	12,79
20/03/2015	15,47	12,17	12,50	12,34
21/03/2015	17,43	13,57	13,95	13,76
22/03/2015	15,07	10,30	10,78	10,54
23/03/2015	15,06	10,77	11,20	10,99
24/03/2015	16,26	11,41	11,90	11,66
25/03/2015	16,21	11,99	12,42	12,21
26/03/2015	18,53	14,60	14,99	14,79
27/03/2015	24,81	20,63	21,05	20,84
28/03/2015	26,38	22,56	22,94	22,75
29/03/2015	25,76	21,04	21,52	21,28
30/03/2015	29,63	23,30	23,94	23,62
31/03/2015	31,68	24,04	24,80	24,42
01/04/2015	27,89	21,10	21,78	21,44

02/04/2015	25,09	18,39	19,06	18,73
03/04/2015	25,08	18,34	19,01	18,67
04/04/2015	25,29	19,44	20,02	19,73
05/04/2015	24,66	20,12	20,57	20,34
06/04/2015	24,01	19,91	20,32	20,12
07/04/2015	22,28	18,41	18,80	18,61
08/04/2015	22,76	18,48	18,91	18,70
09/04/2015	22,99	18,65	19,08	18,86
10/04/2015	24,45	20,65	21,03	20,84
11/04/2015	24,05	19,82	20,24	20,03
12/04/2015	25,23	20,10	20,61	20,35
13/04/2015	25,24	20,52	20,99	20,75
14/04/2015	26,67	22,00	22,47	22,23
15/04/2015	25,49	20,81	21,27	21,04
16/04/2015	28,40	23,74	24,21	23,98
17/04/2015	30,23	25,81	26,25	26,03
18/04/2015	29,24	24,94	25,37	25,15
19/04/2015	29,78	25,54	25,97	25,76
20/04/2015	28,51	24,03	24,48	24,25
21/04/2015	27,37	21,42	22,02	21,72
22/04/2015	27,89	20,85	21,55	21,20
23/04/2015	28,77	23,88	24,37	24,13
24/04/2015	29,32	24,05	24,58	24,31
25/04/2015	29,20	21,82	22,56	22,19
26/04/2015	31,49	26,26	26,78	26,52
27/04/2015	32,64	27,79	28,27	28,03
01/05/2015	32,54	25,97	26,63	26,30
02/05/2015	34,13	28,23	28,82	28,53
03/05/2015	33,94	29,29	29,75	29,52
04/05/2015	32,06	27,34	27,81	27,57
05/05/2015	34,00	28,68	29,21	28,94
06/05/2015	31,16	26,68	27,13	26,90
07/05/2015	30,91	26,92	27,32	27,12
08/05/2015	33,12	29,37	29,75	29,56
09/05/2015	33,55	28,63	29,12	28,87
10/05/2015	33,22	30,00	30,33	30,17
11/05/2015	32,09	28,48	28,84	28,66
12/05/2015	32,70	27,17	27,72	27,45
13/05/2015	32,50	25,36	26,08	25,72
14/05/2015	36,87	27,77	28,68	28,23
15/05/2015	33,70	25,33	26,17	25,75
16/05/2015	32,36	28,21	28,62	28,42
17/05/2015	31,93	26,85	27,36	27,10
18/05/2015	30,62	26,08	26,53	26,31
19/05/2015	27,71	22,31	22,85	22,58

20/05/2015	28,37	22,51	23,10	22,81
21/05/2015	28,97	24,07	24,56	24,32
22/05/2015	28,58	22,16	22,80	22,48
23/05/2015	29,53	23,19	23,82	23,50
24/05/2015	30,50	24,68	25,26	24,97
25/05/2015	28,20	22,18	22,79	22,48
04/06/2015	39,77	32,96	33,64	33,30
05/06/2015	38,97	33,46	34,01	33,74
06/06/2015	31,20	26,21	26,71	26,46
20/06/2015	36,88	31,07	31,65	31,36
21/06/2015	36,69	31,90	32,38	32,14
22/06/2015	36,13	31,48	31,95	31,72
23/06/2015	35,81	30,98	31,46	31,22
24/06/2015	35,37	29,89	30,44	30,17
25/06/2015	35,88	28,43	29,17	28,80
26/06/2015	39,49	34,45	34,96	34,70
27/06/2015	38,48	31,80	32,47	32,13
28/06/2015	38,82	33,19	33,75	33,47
29/06/2015	38,55	33,60	34,10	33,85
30/06/2015	38,40	32,39	33,00	32,70
01/07/2015	37,71	33,04	33,51	33,27
02/07/2015	37,31	33,21	33,62	33,41
03/07/2015	37,95	31,85	32,46	32,15
04/07/2015	39,06	32,17	32,86	32,51
05/07/2015	39,29	33,08	33,70	33,39
06/07/2015	39,12	32,84	33,47	33,15
07/07/2015	40,10	33,70	34,34	34,02
08/07/2015	39,65	33,09	33,75	33,42
09/07/2015	37,97	32,33	32,90	32,62
10/07/2015	38,64	29,95	30,82	30,38
11/07/2015	38,13	30,06	30,86	30,46
12/07/2015	38,74	33,48	34,01	33,74
13/07/2015	39,11	34,43	34,89	34,66
14/07/2015	38,74	30,79	31,58	31,18
15/07/2015	40,39	34,70	35,27	34,99
16/07/2015	39,16	33,52	34,08	33,80
17/07/2015	39,57	32,98	33,64	33,31
18/07/2015	38,84	30,74	31,55	31,14
19/07/2015	38,97	32,37	33,03	32,70
20/07/2015	38,82	29,14	30,11	29,63
21/07/2015	40,11	32,67	33,41	33,04
22/07/2015	39,68	32,41	33,13	32,77
23/07/2015	39,63	31,85	32,62	32,24
24/07/2015	40,77	32,10	32,97	32,54
25/07/2015	39,14	31,44	32,21	31,83



26/07/2015	38,63	30,61	31,42	31,01
27/07/2015	39,90	31,51	32,35	31,93
28/07/2015	39,84	32,45	33,19	32,82
29/07/2015	40,22	34,15	34,76	34,46
30/07/2015	38,02	31,90	32,51	32,20
31/07/2015	36,13	26,44	27,41	26,92
01/08/2015	34,58	25,52	26,42	25,97
02/08/2015	36,94	28,74	29,56	29,15
03/08/2015	38,97	33,17	33,75	33,46
04/08/2015	39,40	33,75	34,31	34,03
05/08/2015	39,54	30,56	31,46	31,01
06/08/2015	39,76	33,47	34,10	33,79
07/08/2015	39,92	31,74	32,56	32,15
08/08/2015	37,94	32,34	32,90	32,62
09/08/2015	36,40	31,69	32,16	31,93
10/08/2015	37,42	29,52	30,31	29,91
11/08/2015	39,66	32,00	32,76	32,38
12/08/2015	39,87	32,38	33,13	32,75
13/08/2015	37,72	31,91	32,49	32,20
14/08/2015	34,76	28,84	29,44	29,14
15/08/2015	34,88	28,95	29,54	29,25
16/08/2015	36,55	30,21	30,85	30,53
17/08/2015	33,84	29,11	29,58	29,34
18/08/2015	35,56	29,32	29,95	29,63
19/08/2015	36,82	31,26	31,81	31,54
20/08/2015	37,59	31,30	31,92	31,61
21/08/2015	37,66	29,95	30,72	30,34
22/08/2015	37,83	33,13	33,60	33,36
23/08/2015	38,64	33,41	33,94	33,68
24/08/2015	36,73	32,20	32,65	32,43
25/08/2015	36,99	31,88	32,39	32,14
26/08/2015	37,42	30,06	30,80	30,43
27/08/2015	37,34	29,69	30,45	30,07
28/08/2015	37,75	32,96	33,44	33,20
29/08/2015	37,42	29,83	30,59	30,21
30/08/2015	38,12	31,80	32,43	32,12
01/09/2015	37,35	32,28	32,78	32,53
02/09/2015	35,99	30,02	30,62	30,32
03/09/2015	35,05	29,26	29,84	29,55
04/09/2015	32,32	25,39	26,08	25,74
05/09/2015	33,27	26,03	26,75	26,39
06/09/2015	33,14	27,50	28,06	27,78
07/09/2015	31,91	25,15	25,83	25,49
08/09/2015	32,44	25,05	25,79	25,42
09/09/2015	32,84	26,16	26,83	26,49

10/09/2015	34,48	27,92	28,58	28,25
11/09/2015	35,85	29,45	30,09	29,77
12/09/2015	34,97	27,26	28,03	27,64
13/09/2015	35,89	27,36	28,21	27,78
14/09/2015	37,36	31,12	31,74	31,43
15/09/2015	35,52	29,87	30,44	30,16
16/09/2015	36,72	32,39	32,83	32,61
17/09/2015	36,24	30,66	31,22	30,94
18/09/2015	32,99	26,01	26,71	26,36
19/09/2015	32,75	24,31	25,16	24,74
20/09/2015	33,38	25,28	26,09	25,69
21/09/2015	33,53	26,87	27,53	27,20
22/09/2015	29,75	25,17	25,63	25,40
23/09/2015	33,63	29,09	29,55	29,32
24/09/2015	32,19	25,48	26,15	25,82
25/09/2015	33,16	26,50	27,17	26,83
26/09/2015	33,33	27,88	28,42	28,15
27/09/2015	32,72	27,38	27,91	27,64
28/09/2015	30,42	25,48	25,97	25,73
29/09/2015	29,16	23,56	24,12	23,84
30/09/2015	30,06	24,97	25,48	25,22
01/10/2015	31,23	24,78	25,43	25,10
02/10/2015	31,48	26,23	26,76	26,49
03/10/2015	31,26	26,79	27,24	27,02
04/10/2015	32,31	27,67	28,13	27,90
05/10/2015	37,32	31,74	32,30	32,02
06/10/2015	37,59	32,52	33,02	32,77
07/10/2015	34,16	31,33	31,61	31,47
08/10/2015	30,90	26,85	27,26	27,05
09/10/2015	32,05	25,74	26,37	26,06
10/10/2015	31,06	25,01	25,62	25,32
11/10/2015	32,59	27,60	28,10	27,85
12/10/2015	33,10	26,71	27,35	27,03
13/10/2015	29,39	22,78	23,44	23,11
14/10/2015	28,14	21,18	21,88	21,53
15/10/2015	27,62	21,43	22,05	21,74
16/10/2015	29,01	23,26	23,84	23,55
17/10/2015	30,02	26,06	26,45	26,26
18/10/2015	32,08	25,71	26,35	26,03
19/10/2015	29,81	23,84	24,44	24,14
20/10/2015	29,40	23,72	24,29	24,00
21/10/2015	28,75	23,73	24,23	23,98
22/10/2015	27,19	23,50	23,87	23,68
23/10/2015	28,40	23,44	23,94	23,69
24/10/2015	29,34	25,00	25,43	25,22

25/10/2015	29,08	24,35	24,82	24,58
26/10/2015	29,57	24,34	24,87	24,61
27/10/2015	30,36	25,00	25,54	25,27
28/10/2015	31,39	26,70	27,17	26,94
29/10/2015	30,55	26,60	26,99	26,80
30/10/2015	29,07	24,40	24,86	24,63
31/10/2015	28,28	23,90	24,34	24,12
01/11/2015	27,40	20,99	21,63	21,31
02/11/2015	28,75	21,47	22,20	21,84
03/11/2015	28,21	21,59	22,25	21,92
04/11/2015	28,65	21,27	22,00	21,64
05/11/2015	30,07	24,65	25,19	24,92
06/11/2015	30,41	24,78	25,35	25,06
07/11/2015	30,09	23,47	24,13	23,80
08/11/2015	29,30	24,08	24,60	24,34
09/11/2015	28,33	24,45	24,84	24,64
10/11/2015	28,41	24,48	24,87	24,68
11/11/2015	28,05	23,94	24,35	24,15
12/11/2015	28,73	22,05	22,71	22,38
13/11/2015	28,89	24,84	25,25	25,05
14/11/2015	28,04	24,05	24,44	24,25
15/11/2015	26,85	22,97	23,36	23,17
16/11/2015	26,80	22,60	23,02	22,81
17/11/2015	26,69	21,35	21,88	21,61
18/11/2015	26,26	21,09	21,61	21,35
19/11/2015	27,62	22,07	22,63	22,35
20/11/2015	29,63	23,49	24,11	23,80
21/11/2015	29,16	23,50	24,07	23,79
22/11/2015	24,25	19,23	19,74	19,49
23/11/2015	21,11	16,97	17,38	17,17
24/11/2015	21,21	17,42	17,80	17,61
25/11/2015	27,52	23,71	24,09	23,90
26/11/2015	29,86	23,82	24,43	24,12
27/11/2015	26,12	22,07	22,47	22,27
28/11/2015	25,34	21,41	21,80	21,60
29/11/2015	23,61	17,17	17,82	17,49
30/11/2015	23,86	19,86	20,26	20,06
01/12/2015	23,95	19,29	19,76	19,52
02/12/2015	23,06	18,14	18,63	18,38
03/12/2015	23,45	18,18	18,71	18,44
04/12/2015	23,87	18,61	19,14	18,88
05/12/2015	24,47	18,18	18,81	18,50
06/12/2015	26,19	21,17	21,67	21,42
07/12/2015	27,06	21,24	21,82	21,53
08/12/2015	26,64	19,76	20,45	20,11

09/12/2015	25,50	18,69	19,37	19,03
10/12/2015	25,51	18,84	19,51	19,17
11/12/2015	24,60	18,60	19,20	18,90
12/12/2015	25,04	19,53	20,08	19,80
13/12/2015	24,43	20,67	21,05	20,86
14/12/2015	23,22	18,27	18,76	18,52
15/12/2015	24,65	20,51	20,93	20,72
16/12/2015	26,28	21,62	22,09	21,85
17/12/2015	25,53	20,62	21,11	20,87
18/12/2015	24,89	20,65	21,07	20,86
19/12/2015	24,99	19,95	20,45	20,20
20/12/2015	25,64	21,72	22,11	21,92
21/12/2015	25,68	21,08	21,54	21,31
22/12/2015	24,57	18,95	19,51	19,23
23/12/2015	25,08	18,78	19,41	19,10
24/12/2015	24,69	18,84	19,42	19,13
28/12/2015	25,07	19,18	19,77	19,47
29/12/2015	25,49	19,74	20,32	20,03
30/12/2015	23,16	17,46	18,03	17,75
31/12/2015	17,58	13,28	13,71	13,49

**ANEXO 3. RESULTADOS POTENCIA A INTERCAMBIAR:**

Fecha	Ts(°C)	Ws (kg vapor/kg aire seco)	h1 (kJ/kgas)	m1(kg/s)	Tr (°C)	ΔT (°C)	Ts2 (°C)
01/01/2015	10,97	0,008104	22,74	27,49	2,72	15	7,00
02/01/2015	11,22	0,008245	23,56	27,46	3,40	15	7,00
03/01/2015	11,67	0,008497	23,87	27,42	3,21	15	7,00
04/01/2015	11,87	0,008609	24,90	27,40	4,17	15	7,00
05/01/2015	12,15	0,008774	25,95	27,36	4,99	15	7,00
06/01/2015	12,16	0,008776	25,29	27,37	4,26	15	7,00
07/01/2015	12,37	0,008905	25,78	27,35	4,56	15	7,00
08/01/2015	12,47	0,008962	26,08	27,34	4,77	15	7,00
09/01/2015	12,70	0,009099	26,90	27,31	5,39	15	7,00
10/01/2015	12,77	0,009145	27,23	27,30	5,65	15	7,00
11/01/2015	12,90	0,009220	26,85	27,29	5,12	15	7,00
12/01/2015	12,96	0,009254	26,41	27,29	4,59	15	7,00
13/01/2015	13,60	0,009651	27,78	27,22	5,34	15	7,00
14/01/2015	13,68	0,009710	28,64	27,21	6,12	15	7,00
15/01/2015	14,11	0,009990	29,93	27,16	6,93	15	7,00
16/01/2015	14,15	0,010006	28,59	27,17	5,59	15	7,00
17/01/2015	14,38	0,010165	30,59	27,14	7,29	15	7,00
18/01/2015	14,46	0,010231	32,07	27,12	8,51	15	7,00
19/01/2015	14,50	0,010256	32,05	27,12	8,46	15	7,00
20/01/2015	14,62	0,010336	32,51	27,10	8,74	15	7,00
21/01/2015	14,70	0,010379	31,44	27,10	7,76	15	7,00
22/01/2015	14,92	0,010533	32,45	27,08	8,43	15	7,00
23/01/2015	15,00	0,010592	32,49	27,07	8,40	15	7,00
24/01/2015	16,20	0,011444	34,26	26,95	8,84	15	7,00
25/01/2015	17,74	0,012638	39,16	26,79	11,40	15	7,00
26/01/2015	18,42	0,013188	39,40	26,73	11,07	15	7,00
27/01/2015	22,20	0,016725	49,94	26,35	15,31	15	7,20
28/01/2015	22,30	0,016818	48,97	26,34	14,70	15	7,30
29/01/2015	22,35	0,016891	51,10	26,33	15,86	15	7,35
02/02/2015	8,90	0,007052	20,23	27,70	2,25	15	7,00
03/02/2015	10,20	0,007712	23,78	27,55	4,79	15	7,00
04/02/2015	10,29	0,007750	22,75	27,55	3,56	15	7,00
05/02/2015	11,81	0,008585	25,92	27,39	5,31	15	7,00
06/02/2015	11,86	0,008607	25,11	27,40	4,41	15	7,00
07/02/2015	12,11	0,008761	26,95	27,36	6,04	15	7,00
08/02/2015	13,07	0,009333	28,87	27,26	6,94	15	7,00
09/02/2015	13,32	0,009490	29,20	27,24	7,00	15	7,00
10/02/2015	13,32	0,009488	28,77	27,24	6,60	15	7,00
11/02/2015	13,46	0,009573	28,83	27,23	6,52	15	7,00
12/02/2015	13,49	0,009593	28,76	27,23	6,42	15	7,00
13/02/2015	13,99	0,009914	30,39	27,17	7,46	15	7,00
14/02/2015	14,13	0,009990	28,61	27,17	5,64	15	7,00

15/02/2015	15,00	0,010578	30,77	27,08	6,86	15	7,00
16/02/2015	15,08	0,010634	31,22	27,07	7,21	15	7,00
17/02/2015	15,71	0,011082	32,75	27,01	8,00	15	7,00
18/02/2015	15,02	0,010598	31,48	27,08	7,50	15	7,00
19/02/2015	13,60	0,009661	28,85	27,22	6,40	15	7,00
20/02/2015	12,59	0,009039	26,89	27,32	5,48	15	7,00
21/02/2015	13,79	0,009774	27,96	27,21	5,32	15	7,00
22/02/2015	16,01	0,011291	32,42	26,98	7,43	15	7,00
23/02/2015	20,52	0,015049	43,63	26,53	12,51	15	7,00
24/02/2015	16,22	0,011456	34,27	26,95	8,84	15	7,00
25/02/2015	17,25	0,012240	36,41	26,85	9,72	15	7,00
26/02/2015	19,85	0,014433	42,59	26,59	12,27	15	7,00
27/02/2015	17,91	0,012770	38,13	26,78	10,52	15	7,00
28/02/2015	15,24	0,010754	32,95	27,05	8,59	15	7,00
01/03/2015	18,99	0,013685	41,66	26,67	12,24	15	7,00
02/03/2015	24,84	0,019635	54,36	26,10	16,25	15	9,84
05/03/2015	12,88	0,009202	26,30	27,30	4,56	15	7,00
06/03/2015	15,57	0,010987	32,98	27,02	8,32	15	7,00
07/03/2015	14,86	0,010486	30,90	27,09	7,12	15	7,00
08/03/2015	14,45	0,010203	29,41	27,14	6,11	15	7,00
09/03/2015	15,87	0,011200	33,54	26,99	8,53	15	7,00
10/03/2015	15,31	0,010800	32,05	27,05	7,74	15	7,00
11/03/2015	17,23	0,012211	34,95	26,86	8,55	15	7,00
12/03/2015	18,34	0,013116	38,64	26,74	10,57	15	7,00
13/03/2015	17,28	0,012262	36,77	26,85	9,98	15	7,00
14/03/2015	16,26	0,011486	34,24	26,95	8,79	15	7,00
15/03/2015	15,12	0,010674	33,27	27,06	8,95	15	7,00
16/03/2015	14,58	0,010305	32,08	27,11	8,42	15	7,00
17/03/2015	13,83	0,009814	30,70	27,18	7,88	15	7,00
18/03/2015	16,38	0,011583	36,34	26,93	10,35	15	7,00
19/03/2015	15,87	0,011209	35,39	26,98	10,03	15	7,00
20/03/2015	15,47	0,010924	34,30	27,02	9,49	15	7,00
21/03/2015	17,43	0,012387	37,98	26,83	10,77	15	7,00
22/03/2015	15,07	0,010621	30,37	27,08	6,42	15	7,00
23/03/2015	15,06	0,010622	31,31	27,07	7,31	15	7,00
24/03/2015	16,26	0,011473	33,07	26,96	7,79	15	7,00
25/03/2015	16,21	0,011450	34,23	26,95	8,81	15	7,00
26/03/2015	18,53	0,013287	40,66	26,71	11,88	15	7,00
27/03/2015	24,81	0,019647	58,23	26,08	18,21	15	9,81
28/03/2015	26,38	0,021617	64,08	25,92	20,12	15	11,38
29/03/2015	25,76	0,020793	60,16	25,99	18,66	15	10,76
30/03/2015	29,63	0,026165	70,30	25,62	21,31	15	14,63
31/03/2015	31,68	0,029480	75,46	25,43	22,48	15	16,68
01/04/2015	27,89	0,023581	63,08	25,80	19,00	15	12,89
02/04/2015	25,09	0,019912	53,92	26,09	15,88	15	10,09

03/04/2015	25,08	0,019903	53,80	26,09	15,81	15	10,08
04/04/2015	25,29	0,020179	56,30	26,06	17,02	15	10,29
05/04/2015	24,66	0,019453	56,99	26,10	17,69	15	9,66
06/04/2015	24,01	0,018713	55,89	26,16	17,47	15	9,01
07/04/2015	22,28	0,016824	51,17	26,33	15,94	15	7,28
08/04/2015	22,76	0,017315	51,73	26,29	15,98	15	7,76
09/04/2015	22,99	0,017562	52,28	26,27	16,15	15	7,99
10/04/2015	24,45	0,019224	57,88	26,11	18,22	15	9,45
11/04/2015	24,05	0,018748	55,73	26,16	17,37	15	9,05
12/04/2015	25,23	0,020126	57,58	26,05	17,69	15	10,23
13/04/2015	25,24	0,020150	58,47	26,05	18,11	15	10,24
14/04/2015	26,67	0,021979	63,28	25,90	19,64	15	11,67
15/04/2015	25,49	0,020456	59,35	26,02	18,41	15	10,49
16/04/2015	28,40	0,024380	69,31	25,73	21,41	15	13,40
17/04/2015	30,23	0,027180	76,53	25,54	23,41	15	15,23
18/04/2015	29,24	0,025637	73,09	25,64	22,53	15	14,24
19/04/2015	29,78	0,026478	75,23	25,58	23,11	15	14,78
20/04/2015	28,51	0,024544	70,06	25,71	21,67	15	13,51
21/04/2015	27,37	0,022878	63,00	25,85	19,21	15	12,37
22/04/2015	27,89	0,023578	62,56	25,81	18,76	15	12,89
23/04/2015	28,77	0,024909	70,14	25,69	21,60	15	13,77
24/04/2015	29,32	0,025728	71,35	25,64	21,84	15	14,32
25/04/2015	29,20	0,025481	66,54	25,68	19,93	15	14,20
26/04/2015	31,49	0,029242	79,72	25,42	24,07	15	16,49
27/04/2015	32,64	0,031281	85,17	25,30	25,47	15	17,64
01/05/2015	32,54	0,031040	81,16	25,33	24,20	15	17,54
02/05/2015	34,13	0,034053	89,28	25,16	26,27	15	19,13
03/05/2015	33,94	0,033741	91,10	25,17	26,87	15	18,94
04/05/2015	32,06	0,030253	83,08	25,36	24,99	15	17,06
05/05/2015	34,00	0,033829	89,94	25,17	26,51	15	19,00
06/05/2015	31,16	0,028708	80,00	25,45	24,28	15	16,16
07/05/2015	30,91	0,028301	80,06	25,47	24,39	15	15,91
08/05/2015	33,12	0,032225	89,54	25,24	26,66	15	18,12
09/05/2015	33,55	0,032983	88,85	25,21	26,32	15	18,55
10/05/2015	33,22	0,032407	89,94	25,23	26,74	15	18,22
11/05/2015	32,09	0,030344	85,55	25,34	25,77	15	17,09
12/05/2015	32,70	0,031362	83,99	25,30	25,08	15	17,70
13/05/2015	32,50	0,030944	79,81	25,34	23,75	15	17,50
14/05/2015	36,87	0,039680	95,06	24,92	27,14	15	21,87
15/05/2015	33,70	0,033120	82,26	25,24	24,17	15	18,70
16/05/2015	32,36	0,030813	85,52	25,32	25,67	15	17,36
17/05/2015	31,93	0,030010	81,80	25,38	24,62	15	16,93
18/05/2015	30,62	0,027813	77,78	25,50	23,71	15	15,62
19/05/2015	27,71	0,023375	65,33	25,81	20,07	15	12,71
20/05/2015	28,37	0,024295	66,69	25,74	20,36	15	13,37

21/05/2015	28,97	0,025215	70,86	25,67	21,79	15	13,97
22/05/2015	28,58	0,024591	66,29	25,73	20,10	15	13,58
23/05/2015	29,53	0,026012	69,89	25,63	21,19	15	14,53
24/05/2015	30,50	0,027569	74,63	25,53	22,63	15	15,50
25/05/2015	28,20	0,024041	65,76	25,76	20,04	15	13,20
04/06/2015	39,77	0,046874	114,58	24,60	31,37	15	24,77
05/06/2015	38,97	0,044891	113,16	24,67	31,23	15	23,97
06/06/2015	31,20	0,028765	79,09	25,45	23,96	15	16,20
20/06/2015	36,88	0,039874	102,05	24,88	29,04	15	21,88
21/06/2015	36,69	0,039509	103,34	24,89	29,42	15	21,69
22/06/2015	36,13	0,038256	100,98	24,95	28,97	15	21,13
23/06/2015	35,81	0,037559	99,10	24,98	28,56	15	20,81
24/06/2015	35,37	0,036593	95,69	25,03	27,76	15	20,37
25/06/2015	35,88	0,037576	93,84	25,01	27,09	15	20,88
26/06/2015	39,49	0,046249	116,91	24,61	31,95	15	24,49
27/06/2015	38,48	0,043609	108,12	24,73	30,16	15	23,48
28/06/2015	38,82	0,044514	112,12	24,68	31,02	15	23,82
29/06/2015	38,55	0,043887	112,21	24,70	31,11	15	23,55
30/06/2015	38,40	0,043443	109,15	24,73	30,43	15	23,40
01/07/2015	37,71	0,041863	108,56	24,79	30,45	15	22,71
02/07/2015	37,31	0,040949	107,81	24,82	30,37	15	22,31
03/07/2015	37,95	0,042347	106,67	24,78	29,93	15	22,95
04/07/2015	39,06	0,045045	110,66	24,67	30,62	15	24,06
05/07/2015	39,29	0,045656	113,31	24,64	31,19	15	24,29
06/07/2015	39,12	0,045225	112,27	24,66	30,99	15	24,12
07/07/2015	40,10	0,047781	117,25	24,56	31,89	15	25,10
08/07/2015	39,65	0,046587	114,49	24,61	31,37	15	24,65
09/07/2015	37,97	0,042424	107,78	24,77	30,20	15	22,97
10/07/2015	38,64	0,043883	104,66	24,74	29,25	15	23,64
11/07/2015	38,13	0,042685	103,40	24,78	29,06	15	23,13
12/07/2015	38,74	0,044327	112,50	24,69	31,13	15	23,74
13/07/2015	39,11	0,045293	115,67	24,64	31,76	15	24,11
14/07/2015	38,74	0,044168	106,73	24,72	29,75	15	23,74
15/07/2015	40,39	0,048596	120,36	24,52	32,50	15	25,39
16/07/2015	39,16	0,045360	113,85	24,65	31,34	15	24,16
17/07/2015	39,57	0,046371	113,98	24,62	31,28	15	24,57
18/07/2015	38,84	0,044405	106,93	24,71	29,77	15	23,84
19/07/2015	38,97	0,044820	110,81	24,68	30,68	15	23,97
20/07/2015	38,82	0,044283	103,52	24,73	28,91	15	23,82
21/07/2015	40,11	0,047742	115,06	24,57	31,40	15	25,11
22/07/2015	39,68	0,046610	113,10	24,62	31,05	15	24,68
23/07/2015	39,63	0,046445	111,74	24,63	30,74	15	24,63
24/07/2015	40,77	0,049459	116,06	24,52	31,47	15	25,77
25/07/2015	39,14	0,045184	109,33	24,68	30,29	15	24,14
26/07/2015	38,63	0,043900	106,04	24,73	29,61	15	23,63



27/07/2015	39,90	0,047121	111,90	24,61	30,71	15	24,90
28/07/2015	39,84	0,047029	113,72	24,60	31,15	15	24,84
29/07/2015	40,22	0,048123	118,61	24,55	32,16	15	25,22
30/07/2015	38,02	0,042523	106,99	24,77	30,00	15	23,02
31/07/2015	36,13	0,038005	90,32	25,01	25,97	15	21,13
01/08/2015	34,58	0,034818	84,64	25,16	24,66	15	19,58
02/08/2015	36,94	0,039889	97,27	24,91	27,75	15	21,94
03/08/2015	38,97	0,044871	112,53	24,67	31,08	15	23,97
04/08/2015	39,40	0,045988	115,11	24,63	31,57	15	24,40
05/08/2015	39,54	0,046135	108,73	24,65	30,04	15	24,54
06/08/2015	39,76	0,046882	115,65	24,60	31,61	15	24,76
07/08/2015	39,92	0,047194	112,47	24,60	30,84	15	24,92
08/08/2015	37,94	0,042347	107,69	24,77	30,19	15	22,94
09/08/2015	36,40	0,038855	102,12	24,92	29,19	15	21,40
10/08/2015	37,42	0,041010	100,24	24,85	28,42	15	22,42
11/08/2015	39,66	0,046532	112,16	24,62	30,83	15	24,66
12/08/2015	39,87	0,047102	113,66	24,60	31,13	15	24,87
13/08/2015	37,72	0,041822	106,16	24,80	29,87	15	22,72
14/08/2015	34,76	0,035311	92,01	25,10	26,89	15	19,76
15/08/2015	34,88	0,035558	92,52	25,09	27,00	15	19,88
16/08/2015	36,55	0,039108	99,36	24,92	28,43	15	21,55
17/08/2015	33,84	0,033550	90,50	25,18	26,72	15	18,84
18/08/2015	35,56	0,036956	94,94	25,02	27,49	15	20,56
19/08/2015	36,82	0,039748	102,29	24,89	29,12	15	21,82
20/08/2015	37,59	0,041483	104,47	24,82	29,48	15	22,59
21/08/2015	37,66	0,041567	101,81	24,83	28,78	15	22,66
22/08/2015	37,83	0,042155	109,11	24,77	30,55	15	22,83
23/08/2015	38,64	0,044080	112,06	24,70	31,05	15	23,64
24/08/2015	36,73	0,039601	104,08	24,88	29,60	15	21,73
25/08/2015	36,99	0,040160	104,09	24,86	29,54	15	21,99
26/08/2015	37,42	0,041037	101,39	24,85	28,73	15	22,42
27/08/2015	37,34	0,040835	100,37	24,86	28,48	15	22,34
28/08/2015	37,75	0,041956	108,51	24,78	30,43	15	22,75
29/08/2015	37,42	0,041029	100,91	24,85	28,60	15	22,42
30/08/2015	38,12	0,042737	107,05	24,76	29,99	15	23,12
01/09/2015	37,35	0,040997	105,92	24,83	29,90	15	22,35
02/09/2015	35,99	0,037884	97,49	24,98	28,08	15	20,99
03/09/2015	35,05	0,035911	93,58	25,07	27,25	15	20,05
04/09/2015	32,32	0,030619	79,49	25,36	23,70	15	17,32
05/09/2015	33,27	0,032350	82,78	25,27	24,49	15	18,27
06/09/2015	33,14	0,032169	85,58	25,26	25,44	15	18,14
07/09/2015	31,91	0,029914	78,20	25,40	23,39	15	16,91
08/09/2015	32,44	0,030817	79,02	25,35	23,50	15	17,44
09/09/2015	32,84	0,031570	82,15	25,30	24,43	15	17,84
10/09/2015	34,48	0,034716	89,41	25,14	26,20	15	19,48

11/09/2015	35,85	0,037574	95,95	25,00	27,69	15	20,85
12/09/2015	34,97	0,035663	89,17	25,10	25,97	15	19,97
13/09/2015	35,89	0,037556	91,64	25,02	26,43	15	20,89
14/09/2015	37,36	0,040956	103,46	24,84	29,28	15	22,36
15/09/2015	35,52	0,036905	96,02	25,02	27,80	15	20,52
16/09/2015	36,72	0,039600	104,48	24,88	29,70	15	21,72
17/09/2015	36,24	0,038453	99,50	24,95	28,55	15	21,24
18/09/2015	32,99	0,031848	82,17	25,29	24,38	15	17,99
19/09/2015	32,75	0,031337	78,13	25,34	23,06	15	17,75
20/09/2015	33,38	0,032520	81,46	25,27	24,01	15	18,38
21/09/2015	33,53	0,032865	85,09	25,23	25,16	15	18,53
22/09/2015	29,75	0,026420	74,40	25,59	22,82	15	14,75
23/09/2015	33,63	0,033158	90,02	25,20	26,64	15	18,63
24/09/2015	32,19	0,030403	79,43	25,37	23,73	15	17,19
25/09/2015	33,16	0,032167	83,53	25,27	24,78	15	18,16
26/09/2015	33,33	0,032548	86,80	25,24	25,76	15	18,33
27/09/2015	32,72	0,031406	84,46	25,30	25,22	15	17,72
28/09/2015	30,42	0,027474	76,17	25,53	23,22	15	15,42
29/09/2015	29,16	0,025480	70,08	25,66	21,41	15	14,16
30/09/2015	30,06	0,026893	74,49	25,56	22,74	15	15,06
01/10/2015	31,23	0,028750	76,15	25,46	22,91	15	16,23
02/10/2015	31,48	0,029221	79,64	25,42	24,05	15	16,48
03/10/2015	31,26	0,028885	80,44	25,44	24,39	15	16,26
04/10/2015	32,31	0,030693	84,26	25,33	25,29	15	17,31
05/10/2015	37,32	0,040887	104,68	24,84	29,60	15	22,32
06/10/2015	37,59	0,041565	107,11	24,80	30,13	15	22,59
07/10/2015	34,16	0,034156	91,36	25,15	26,88	15	19,16
08/10/2015	30,90	0,028288	79,90	25,47	24,34	15	15,90
09/10/2015	32,05	0,030169	79,70	25,38	23,87	15	17,05
10/10/2015	31,06	0,028480	76,32	25,48	23,04	15	16,06
11/10/2015	32,59	0,031190	84,68	25,31	25,33	15	17,59
12/10/2015	33,10	0,032066	83,84	25,27	24,90	15	18,10
13/10/2015	29,39	0,025788	68,81	25,65	20,81	15	14,39
14/10/2015	28,14	0,023936	63,62	25,78	19,12	15	13,14
15/10/2015	27,62	0,023216	63,36	25,82	19,25	15	12,62
16/10/2015	29,01	0,025241	69,22	25,68	21,13	15	14,01
17/10/2015	30,02	0,026857	76,70	25,56	23,55	15	15,02
18/10/2015	32,08	0,030221	79,70	25,38	23,86	15	17,08
19/10/2015	29,81	0,026455	71,70	25,60	21,79	15	14,81
20/10/2015	29,40	0,025838	70,79	25,64	21,59	15	14,40
21/10/2015	28,75	0,024874	69,80	25,70	21,47	15	13,75
22/10/2015	27,19	0,022704	67,10	25,84	21,02	15	12,19
23/10/2015	28,40	0,024370	68,68	25,73	21,16	15	13,40
24/10/2015	29,34	0,025786	73,37	25,63	22,60	15	14,34
25/10/2015	29,08	0,025379	71,60	25,66	22,04	15	14,08

26/10/2015	29,57	0,026116	72,37	25,62	22,14	15	14,57
27/10/2015	30,36	0,027353	75,06	25,54	22,84	15	15,36
28/10/2015	31,39	0,029088	80,47	25,43	24,36	15	16,39
29/10/2015	30,55	0,027716	78,75	25,50	24,07	15	15,55
30/10/2015	29,07	0,025367	71,68	25,66	22,07	15	14,07
31/10/2015	28,28	0,024208	69,45	25,74	21,52	15	13,28
01/11/2015	27,40	0,022916	62,17	25,85	18,81	15	12,40
02/11/2015	28,75	0,024811	65,13	25,72	19,52	15	13,75
03/11/2015	28,21	0,024037	64,54	25,77	19,51	15	13,21
04/11/2015	28,65	0,024661	64,55	25,74	19,31	15	13,65
05/11/2015	30,07	0,026890	73,83	25,57	22,49	15	15,07
06/11/2015	30,41	0,027434	74,70	25,54	22,68	15	15,41
07/11/2015	30,09	0,026875	71,39	25,58	21,56	15	15,09
08/11/2015	29,30	0,025701	71,39	25,64	21,87	15	14,30
09/11/2015	28,33	0,024295	70,67	25,72	21,98	15	13,33
10/11/2015	28,41	0,024410	70,86	25,72	22,02	15	13,41
11/11/2015	28,05	0,023888	69,21	25,76	21,52	15	13,05
12/11/2015	28,73	0,024790	66,27	25,72	20,03	15	13,73
13/11/2015	28,89	0,025125	72,36	25,67	22,39	15	13,89
14/11/2015	28,04	0,023878	69,41	25,75	21,60	15	13,04
15/11/2015	26,85	0,022235	65,54	25,87	20,53	15	11,85
16/11/2015	26,80	0,022157	64,70	25,88	20,20	15	11,80
17/11/2015	26,69	0,021990	61,96	25,91	19,04	15	11,69
18/11/2015	26,26	0,021425	60,87	25,95	18,75	15	11,26
19/11/2015	27,62	0,023237	64,70	25,82	19,84	15	12,62
20/11/2015	29,63	0,026173	70,69	25,62	21,46	15	14,63
21/11/2015	29,16	0,025479	69,97	25,66	21,36	15	14,16
22/11/2015	24,25	0,018967	54,74	26,15	16,76	15	9,25
23/11/2015	21,11	0,015633	47,23	26,45	14,39	15	7,00
24/11/2015	21,21	0,015736	48,24	26,44	14,92	15	7,00
25/11/2015	27,52	0,023161	67,98	25,80	21,24	15	12,52
26/11/2015	29,86	0,026540	71,76	25,60	21,79	15	14,86
27/11/2015	26,12	0,021275	62,73	25,95	19,65	15	11,12
28/11/2015	25,34	0,020299	60,43	26,03	18,98	15	10,34
29/11/2015	23,61	0,018205	49,86	26,23	14,42	15	8,61
30/11/2015	23,86	0,018539	55,62	26,18	17,41	15	8,86
01/12/2015	23,95	0,018624	54,54	26,17	16,82	15	8,95
02/12/2015	23,06	0,017632	51,30	26,27	15,57	15	8,06
03/12/2015	23,45	0,018046	51,76	26,23	15,61	15	8,45
04/12/2015	23,87	0,018518	53,06	26,19	16,09	15	8,87
05/12/2015	24,47	0,019192	52,81	26,14	15,61	15	9,47
06/12/2015	26,19	0,021342	60,95	25,95	18,82	15	11,19
07/12/2015	27,06	0,022471	62,22	25,88	18,99	15	12,06
08/12/2015	26,64	0,021880	58,63	25,93	17,49	15	11,64
09/12/2015	25,50	0,020419	55,01	26,05	16,23	15	10,50

10/12/2015	25,51	0,020430	55,33	26,04	16,40	15	10,51
11/12/2015	24,60	0,019353	53,80	26,13	16,08	15	9,60
12/12/2015	25,04	0,019890	56,20	26,08	17,09	15	10,04
13/12/2015	24,43	0,019205	57,90	26,11	18,24	15	9,43
14/12/2015	23,22	0,017798	51,71	26,25	15,72	15	8,22
15/12/2015	24,65	0,019460	57,81	26,10	18,09	15	9,65
16/12/2015	26,28	0,021470	62,00	25,94	19,25	15	11,28
17/12/2015	25,53	0,020507	59,02	26,02	18,23	15	10,53
18/12/2015	24,89	0,019738	58,35	26,07	18,23	15	9,89
19/12/2015	24,99	0,019843	57,01	26,07	17,53	15	9,99
20/12/2015	25,64	0,020674	61,44	25,99	19,29	15	10,64
21/12/2015	25,68	0,020698	60,15	26,00	18,69	15	10,68
22/12/2015	24,57	0,019323	54,48	26,12	16,46	15	9,57
23/12/2015	25,08	0,019912	54,71	26,08	16,30	15	10,08
24/12/2015	24,69	0,019460	54,39	26,12	16,34	15	9,69
28/12/2015	25,07	0,019910	55,51	26,08	16,73	15	10,07
29/12/2015	25,49	0,020437	57,16	26,03	17,35	15	10,49
30/12/2015	23,16	0,017722	50,01	26,27	14,78	15	8,16
31/12/2015	17,58	0,012503	37,46	26,82	10,27	15	7,00

$Ts2 > Tr = Verdadero$

$Ts2 < Tr = Falso$

Fecha	Ts(°C)	Tb (°C)	Temp Cond (°C)	Comprobación (Ts2>Tr)	h2 (kJ/kgas)	Tb (°C)	TCond (°C)
01/01/2015	10,97	2,00	20,97	VERDADERO	18,68	2,00	20,97
02/01/2015	11,22	2,00	21,22	VERDADERO	19,24	2,00	21,22
03/01/2015	11,67	2,00	21,67	VERDADERO	19,09	2,00	21,67
04/01/2015	11,87	2,00	21,87	VERDADERO	19,92	2,00	21,87
05/01/2015	12,15	2,00	22,15	VERDADERO	20,68	2,00	22,15
06/01/2015	12,16	2,00	22,16	VERDADERO	20,01	2,00	22,16
07/01/2015	12,37	2,00	22,37	VERDADERO	20,28	2,00	22,37
08/01/2015	12,47	2,00	22,47	VERDADERO	20,48	2,00	22,47
09/01/2015	12,70	2,00	22,70	VERDADERO	21,07	2,00	22,70
10/01/2015	12,77	2,00	22,77	VERDADERO	21,32	2,00	22,77
11/01/2015	12,90	2,00	22,90	VERDADERO	20,81	2,00	22,90
12/01/2015	12,96	2,00	22,96	VERDADERO	20,31	2,00	22,96
13/01/2015	13,60	2,00	23,60	VERDADERO	21,02	2,00	23,60
14/01/2015	13,68	2,00	23,68	VERDADERO	21,80	2,00	23,68
15/01/2015	14,11	2,00	24,11	VERDADERO	22,64	2,00	24,11
16/01/2015	14,15	2,00	24,15	VERDADERO	21,27	2,00	24,15
17/01/2015	14,38	2,00	24,38	FALSO	20,09	2,00	24,38
18/01/2015	14,46	2,00	24,46	FALSO	20,63	2,00	24,46
19/01/2015	14,50	2,00	24,50	FALSO	20,60	2,00	24,50
20/01/2015	14,62	2,00	24,62	FALSO	20,71	2,00	24,62

21/01/2015	14,70	2,00	24,70	FALSO	20,24	2,00	24,70
22/01/2015	14,92	2,00	24,92	FALSO	20,51	2,00	24,92
23/01/2015	15,00	2,00	25,00	FALSO	20,47	2,00	25,00
24/01/2015	16,20	2,00	26,20	FALSO	20,46	2,00	26,20
25/01/2015	17,74	2,00	27,74	FALSO	21,29	2,00	27,74
26/01/2015	18,42	2,00	28,42	FALSO	21,02	2,00	28,42
27/01/2015	22,20	2,20	32,20	FALSO	22,48	2,20	32,20
28/01/2015	22,30	2,30	32,30	FALSO	22,38	2,30	32,30
29/01/2015	22,35	2,35	32,35	FALSO	26,52	2,35	32,35
02/02/2015	8,90	2,00	18,90	VERDADERO	18,29	2,00	18,90
03/02/2015	10,20	2,00	20,20	VERDADERO	20,50	2,00	20,20
04/02/2015	10,29	2,00	20,29	VERDADERO	19,38	2,00	20,29
05/02/2015	11,81	2,00	21,81	VERDADERO	20,99	2,00	21,81
06/02/2015	11,86	2,00	21,86	VERDADERO	20,14	2,00	21,86
07/02/2015	12,11	2,00	22,11	VERDADERO	21,72	2,00	22,11
08/02/2015	13,07	2,00	23,07	VERDADERO	22,66	2,00	23,07
09/02/2015	13,32	2,00	23,32	FALSO	20,13	2,00	23,32
10/02/2015	13,32	2,00	23,32	VERDADERO	22,30	2,00	23,32
11/02/2015	13,46	2,00	23,46	VERDADERO	22,22	2,00	23,46
12/02/2015	13,49	2,00	23,49	VERDADERO	22,11	2,00	23,49
13/02/2015	13,99	2,00	23,99	FALSO	20,23	2,00	23,99
14/02/2015	14,13	2,00	24,13	VERDADERO	21,31	2,00	24,13
15/02/2015	15,00	2,00	25,00	VERDADERO	22,58	2,00	25,00
16/02/2015	15,08	2,00	25,08	FALSO	19,94	2,00	25,08
17/02/2015	15,71	2,00	25,71	FALSO	20,18	2,00	25,71
18/02/2015	15,02	2,00	25,02	FALSO	20,07	2,00	25,02
19/02/2015	13,60	2,00	23,60	VERDADERO	22,09	2,00	23,60
20/02/2015	12,59	2,00	22,59	VERDADERO	21,16	2,00	22,59
21/02/2015	13,79	2,00	23,79	VERDADERO	21,00	2,00	23,79
22/02/2015	16,01	2,00	26,01	FALSO	19,91	2,00	26,01
23/02/2015	20,52	2,00	30,52	FALSO	21,24	2,00	30,52
24/02/2015	16,22	2,00	26,22	FALSO	20,45	2,00	26,22
25/02/2015	17,25	2,00	27,25	FALSO	20,65	2,00	27,25
26/02/2015	19,85	2,00	29,85	FALSO	21,26	2,00	29,85
27/02/2015	17,91	2,00	27,91	FALSO	20,87	2,00	27,91
28/02/2015	15,24	2,00	25,24	FALSO	20,52	2,00	25,24
01/03/2015	18,99	2,00	28,99	FALSO	21,41	2,00	28,99
02/03/2015	24,84	4,84	34,84	FALSO	27,34	4,84	34,84
05/03/2015	12,88	2,00	22,88	VERDADERO	20,28	2,00	22,88
06/03/2015	15,57	2,00	25,57	FALSO	20,34	2,00	25,57
07/03/2015	14,86	2,00	24,86	FALSO	19,94	2,00	24,86
08/03/2015	14,45	2,00	24,45	VERDADERO	21,79	2,00	24,45
09/03/2015	15,87	2,00	25,87	FALSO	20,38	2,00	25,87
10/03/2015	15,31	2,00	25,31	FALSO	20,13	2,00	25,31
11/03/2015	17,23	2,00	27,23	FALSO	20,18	2,00	27,23

12/03/2015	18,34	2,00	28,34	FALSO	20,82	2,00	28,34
13/03/2015	17,28	2,00	27,28	FALSO	20,76	2,00	27,28
14/03/2015	16,26	2,00	26,26	FALSO	20,42	2,00	26,26
15/03/2015	15,12	2,00	25,12	FALSO	20,70	2,00	25,12
16/03/2015	14,58	2,00	24,58	FALSO	20,56	2,00	24,58
17/03/2015	13,83	2,00	23,83	FALSO	20,46	2,00	23,83
18/03/2015	16,38	2,00	26,38	FALSO	21,09	2,00	26,38
19/03/2015	15,87	2,00	25,87	FALSO	21,05	2,00	25,87
20/03/2015	15,47	2,00	25,47	FALSO	20,89	2,00	25,47
21/03/2015	17,43	2,00	27,43	FALSO	21,07	2,00	27,43
22/03/2015	15,07	2,00	25,07	VERDADERO	22,11	2,00	25,07
23/03/2015	15,06	2,00	25,06	FALSO	19,99	2,00	25,06
24/03/2015	16,26	2,00	26,26	FALSO	20,02	2,00	26,26
25/03/2015	16,21	2,00	26,21	FALSO	20,44	2,00	26,21
26/03/2015	18,53	2,00	28,53	FALSO	21,34	2,00	28,53
27/03/2015	24,81	4,81	34,81	FALSO	28,26	4,81	34,81
28/03/2015	26,38	6,38	36,38	FALSO	32,08	6,38	36,38
29/03/2015	25,76	5,76	35,76	FALSO	30,15	5,76	35,76
30/03/2015	29,63	9,63	39,63	FALSO	38,93	9,63	39,63
31/03/2015	31,68	11,68	41,68	FALSO	43,88	11,68	41,68
01/04/2015	27,89	7,89	37,89	FALSO	34,23	7,89	37,89
02/04/2015	25,09	5,09	35,09	FALSO	27,58	5,09	35,09
03/04/2015	25,08	5,08	35,08	FALSO	27,54	5,08	35,08
04/04/2015	25,29	5,29	35,29	FALSO	28,48	5,29	35,29
05/04/2015	24,66	4,66	34,66	FALSO	27,72	4,66	34,66
06/04/2015	24,01	4,01	34,01	FALSO	26,51	4,01	34,01
07/04/2015	22,28	2,28	32,28	FALSO	22,90	2,28	32,28
08/04/2015	22,76	2,76	32,76	FALSO	23,69	2,76	32,76
09/04/2015	22,99	2,99	32,99	FALSO	24,15	2,99	32,99
10/04/2015	24,45	4,45	34,45	FALSO	27,64	4,45	34,45
11/04/2015	24,05	4,05	34,05	FALSO	26,52	4,05	34,05
12/04/2015	25,23	5,23	35,23	FALSO	28,71	5,23	35,23
13/04/2015	25,24	5,24	35,24	FALSO	28,95	5,24	35,24
14/04/2015	26,67	6,67	36,67	FALSO	32,34	6,67	36,67
15/04/2015	25,49	5,49	35,49	FALSO	29,54	5,49	35,49
16/04/2015	28,40	8,40	38,40	FALSO	36,62	8,40	38,40
17/04/2015	30,23	10,23	40,23	FALSO	41,53	10,23	40,23
18/04/2015	29,24	9,24	39,24	FALSO	38,97	9,24	39,24
19/04/2015	29,78	9,78	39,78	FALSO	40,43	9,78	39,78
20/04/2015	28,51	8,51	38,51	FALSO	36,99	8,51	38,51
21/04/2015	27,37	7,37	37,37	FALSO	33,37	7,37	37,37
22/04/2015	27,89	7,89	37,89	FALSO	34,10	7,89	37,89
23/04/2015	28,77	8,77	38,77	FALSO	37,44	8,77	38,77
24/04/2015	29,32	9,32	39,32	FALSO	38,67	9,32	39,32
25/04/2015	29,20	9,20	39,20	FALSO	37,27	9,20	39,20

26/04/2015	31,49	11,49	41,49	FALSO	44,59	11,49	41,49
27/04/2015	32,64	12,64	42,64	FALSO	48,10	12,64	42,64
01/05/2015	32,54	12,54	42,54	FALSO	46,91	12,54	42,54
02/05/2015	34,13	14,13	44,13	FALSO	52,04	14,13	44,13
03/05/2015	33,94	13,94	43,94	FALSO	52,12	13,94	43,94
04/05/2015	32,06	12,06	42,06	FALSO	46,48	12,06	42,06
05/05/2015	34,00	14,00	44,00	FALSO	51,95	14,00	44,00
06/05/2015	31,16	11,16	41,16	FALSO	44,06	11,16	41,16
07/05/2015	30,91	10,91	40,91	FALSO	43,62	10,91	40,91
08/05/2015	33,12	13,12	43,12	FALSO	50,13	13,12	43,12
09/05/2015	33,55	13,55	43,55	FALSO	50,79	13,55	43,55
10/05/2015	33,22	13,22	43,22	FALSO	50,41	13,22	43,22
11/05/2015	32,09	12,09	42,09	FALSO	47,15	12,09	42,09
12/05/2015	32,70	12,70	42,70	FALSO	47,91	12,70	42,70
13/05/2015	32,50	12,50	42,50	FALSO	46,50	12,50	42,50
14/05/2015	36,87	16,87	46,87	FALSO	59,29	16,87	46,87
15/05/2015	33,70	13,70	43,70	FALSO	49,44	13,70	43,70
16/05/2015	32,36	12,36	42,36	FALSO	47,66	12,36	42,36
17/05/2015	31,93	11,93	41,93	FALSO	45,92	11,93	41,93
18/05/2015	30,62	10,62	40,62	FALSO	42,54	10,62	40,62
19/05/2015	27,71	7,71	37,71	FALSO	34,50	7,71	37,71
20/05/2015	28,37	8,37	38,37	FALSO	35,91	8,37	38,37
21/05/2015	28,97	8,97	38,97	FALSO	37,96	8,97	38,97
22/05/2015	28,58	8,58	38,58	FALSO	36,17	8,58	38,58
23/05/2015	29,53	9,53	39,53	FALSO	38,66	9,53	39,53
24/05/2015	30,50	10,50	40,50	FALSO	41,54	10,50	40,50
25/05/2015	28,20	8,20	38,20	FALSO	35,40	8,20	38,20
04/06/2015	39,77	19,77	49,77	FALSO	71,00	19,77	49,77
05/06/2015	38,97	18,97	48,97	FALSO	68,68	18,97	48,97
06/06/2015	31,20	11,20	41,20	FALSO	43,91	11,20	41,20
20/06/2015	36,88	16,88	46,88	FALSO	61,06	16,88	46,88
21/06/2015	36,69	16,69	46,69	FALSO	60,97	16,69	46,69
22/06/2015	36,13	16,13	46,13	FALSO	59,14	16,13	46,13
23/06/2015	35,81	15,81	45,81	FALSO	57,98	15,81	45,81
24/06/2015	35,37	15,37	45,37	FALSO	56,20	15,37	45,37
25/06/2015	35,88	15,88	45,88	FALSO	56,81	15,88	45,88
26/06/2015	39,49	19,49	49,49	FALSO	70,89	19,49	49,49
27/06/2015	38,48	18,48	48,48	FALSO	66,26	18,48	48,48
28/06/2015	38,82	18,82	48,82	FALSO	68,07	18,82	48,82
29/06/2015	38,55	18,55	48,55	FALSO	67,45	18,55	48,55
30/06/2015	38,40	18,40	48,40	FALSO	66,32	18,40	48,40
01/07/2015	37,71	17,71	47,71	FALSO	64,57	17,71	47,71
02/07/2015	37,31	17,31	47,31	FALSO	63,46	17,31	47,31
03/07/2015	37,95	17,95	47,95	FALSO	64,65	17,95	47,95
04/07/2015	39,06	19,06	49,06	FALSO	68,29	19,06	49,06

05/07/2015	39,29	19,29	49,29	FALSO	69,49	19,29	49,29
06/07/2015	39,12	19,12	49,12	FALSO	68,83	19,12	49,12
07/07/2015	40,10	20,10	50,10	FALSO	72,51	20,10	50,10
08/07/2015	39,65	19,65	49,65	FALSO	70,69	19,65	49,65
09/07/2015	37,97	17,97	47,97	FALSO	64,97	17,97	47,97
10/07/2015	38,64	18,64	48,64	FALSO	65,77	18,64	48,64
11/07/2015	38,13	18,13	48,13	FALSO	64,26	18,13	48,13
12/07/2015	38,74	18,74	48,74	FALSO	67,96	18,74	48,74
13/07/2015	39,11	19,11	49,11	FALSO	69,65	19,11	49,11
14/07/2015	38,74	18,74	48,74	FALSO	66,52	18,74	48,74
15/07/2015	40,39	20,39	50,39	FALSO	74,01	20,39	50,39
16/07/2015	39,16	19,16	49,16	FALSO	69,31	19,16	49,16
17/07/2015	39,57	19,57	49,57	FALSO	70,36	19,57	49,57
18/07/2015	38,84	18,84	48,84	FALSO	66,81	18,84	48,84
19/07/2015	38,97	18,97	48,97	FALSO	68,09	18,97	48,97
20/07/2015	38,82	18,82	48,82	FALSO	65,93	18,82	48,82
21/07/2015	40,11	20,11	50,11	FALSO	71,98	20,11	50,11
22/07/2015	39,68	19,68	49,68	FALSO	70,41	19,68	49,68
23/07/2015	39,63	19,63	49,63	FALSO	69,94	19,63	49,63
24/07/2015	40,77	20,77	50,77	FALSO	73,93	20,77	50,77
25/07/2015	39,14	19,14	49,14	FALSO	68,13	19,14	49,14
26/07/2015	38,63	18,63	48,63	FALSO	66,09	18,63	48,63
27/07/2015	39,90	19,90	49,90	FALSO	70,66	19,90	49,90
28/07/2015	39,84	19,84	49,84	FALSO	70,97	19,84	49,84
29/07/2015	40,22	20,22	50,22	FALSO	73,15	20,22	50,22
30/07/2015	38,02	18,02	48,02	FALSO	64,90	18,02	48,02
31/07/2015	36,13	16,13	46,13	FALSO	56,47	16,13	46,13
01/08/2015	34,58	14,58	44,58	FALSO	51,81	14,58	44,58
02/08/2015	36,94	16,94	46,94	FALSO	60,01	16,94	46,94
03/08/2015	38,97	18,97	48,97	FALSO	68,53	18,97	48,97
04/08/2015	39,40	19,40	49,40	FALSO	70,23	19,40	49,40
05/08/2015	39,54	19,54	49,54	FALSO	68,96	19,54	49,54
06/08/2015	39,76	19,76	49,76	FALSO	71,25	19,76	49,76
07/08/2015	39,92	19,92	49,92	FALSO	70,86	19,92	49,92
08/08/2015	37,94	17,94	47,94	FALSO	64,87	17,94	47,94
09/08/2015	36,40	16,40	46,40	FALSO	60,02	16,40	46,40
10/08/2015	37,42	17,42	47,42	FALSO	61,83	17,42	47,42
11/08/2015	39,66	19,66	49,66	FALSO	70,13	19,66	49,66
12/08/2015	39,87	19,87	49,87	FALSO	71,03	19,87	49,87
13/08/2015	37,72	17,72	47,72	FALSO	63,99	17,72	47,72
14/08/2015	34,76	14,76	44,76	FALSO	54,00	14,76	44,76
15/08/2015	34,88	14,88	44,88	FALSO	54,38	14,88	44,88
16/08/2015	36,55	16,55	46,55	FALSO	59,66	16,55	46,55
17/08/2015	33,84	13,84	43,84	FALSO	51,78	13,84	43,84
18/08/2015	35,56	15,56	45,56	FALSO	56,41	15,56	45,56



19/08/2015	36,82	16,82	46,82	FALSO	60,99	16,82	46,82
20/08/2015	37,59	17,59	47,59	FALSO	63,27	17,59	47,59
21/08/2015	37,66	17,66	47,66	FALSO	62,76	17,66	47,66
22/08/2015	37,83	17,83	47,83	FALSO	64,99	17,83	47,83
23/08/2015	38,64	18,64	48,64	FALSO	67,62	18,64	48,64
24/08/2015	36,73	16,73	46,73	FALSO	61,23	16,73	46,73
25/08/2015	36,99	16,99	46,99	FALSO	61,82	16,99	46,99
26/08/2015	37,42	17,42	47,42	FALSO	62,12	17,42	47,42
27/08/2015	37,34	17,34	47,34	FALSO	61,68	17,34	47,34
28/08/2015	37,75	17,75	47,75	FALSO	64,66	17,75	47,75
29/08/2015	37,42	17,42	47,42	FALSO	62,00	17,42	47,42
30/08/2015	38,12	18,12	48,12	FALSO	65,13	18,12	48,12
01/09/2015	37,35	17,35	47,35	FALSO	63,09	17,35	47,35
02/09/2015	35,99	15,99	45,99	FALSO	57,96	15,99	45,99
03/09/2015	35,05	15,05	45,05	FALSO	55,00	15,05	45,05
04/09/2015	32,32	12,32	42,32	FALSO	46,07	12,32	42,32
05/09/2015	33,27	13,27	43,27	FALSO	48,72	13,27	43,27
06/09/2015	33,14	13,14	43,14	FALSO	49,16	13,14	43,14
07/09/2015	31,91	11,91	41,91	FALSO	44,99	11,91	41,91
08/09/2015	32,44	12,44	42,44	FALSO	46,18	12,44	42,44
09/09/2015	32,84	12,84	42,84	FALSO	47,72	12,84	42,84
10/09/2015	34,48	14,48	44,48	FALSO	52,78	14,48	44,48
11/09/2015	35,85	15,85	45,85	FALSO	57,29	15,85	45,85
12/09/2015	34,97	14,97	44,97	FALSO	53,74	14,97	44,97
13/09/2015	35,89	15,89	45,89	FALSO	56,30	15,89	45,89
14/09/2015	37,36	17,36	47,36	FALSO	62,50	17,36	47,36
15/09/2015	35,52	15,52	45,52	FALSO	56,60	15,52	45,52
16/09/2015	36,72	16,72	46,72	FALSO	61,32	16,72	46,72
17/09/2015	36,24	16,24	46,24	FALSO	59,01	16,24	46,24
18/09/2015	32,99	12,99	42,99	FALSO	48,03	12,99	42,99
19/09/2015	32,75	12,75	42,75	FALSO	46,55	12,75	42,75
20/09/2015	33,38	13,38	43,38	FALSO	48,60	13,38	43,38
21/09/2015	33,53	13,53	43,53	FALSO	49,80	13,53	43,53
22/09/2015	29,75	9,75	39,75	FALSO	40,17	9,75	39,75
23/09/2015	33,63	13,63	43,63	FALSO	51,24	13,63	43,63
24/09/2015	32,19	12,19	42,19	FALSO	45,82	12,19	42,19
25/09/2015	33,16	13,16	43,16	FALSO	48,69	13,16	43,16
26/09/2015	33,33	13,33	43,33	FALSO	49,85	13,33	43,33
27/09/2015	32,72	12,72	42,72	FALSO	48,07	12,72	42,72
28/09/2015	30,42	10,42	40,42	FALSO	41,79	10,42	40,42
29/09/2015	29,16	9,16	39,16	FALSO	38,09	9,16	39,16
30/09/2015	30,06	10,06	40,06	FALSO	40,74	10,06	40,06
01/10/2015	31,23	11,23	41,23	FALSO	43,22	11,23	41,23
02/10/2015	31,48	11,48	41,48	FALSO	44,55	11,48	41,48
03/10/2015	31,26	11,26	41,26	FALSO	44,36	11,26	41,26

04/10/2015	32,31	12,31	42,31	FALSO	47,24	12,31	42,31
05/10/2015	37,32	17,32	47,32	FALSO	62,70	17,32	47,32
06/10/2015	37,59	17,59	47,59	FALSO	63,94	17,59	47,59
07/10/2015	34,16	14,16	44,16	FALSO	52,62	14,16	44,16
08/10/2015	30,90	10,90	40,90	FALSO	43,56	10,90	40,90
09/10/2015	32,05	12,05	42,05	FALSO	45,62	12,05	42,05
10/10/2015	31,06	11,06	41,06	FALSO	42,96	11,06	41,06
11/10/2015	32,59	12,59	42,59	FALSO	47,89	12,59	42,59
12/10/2015	33,10	13,10	43,10	FALSO	48,65	13,10	43,10
13/10/2015	29,39	9,39	39,39	FALSO	38,15	9,39	39,39
14/10/2015	28,14	8,14	38,14	FALSO	34,77	8,14	38,14
15/10/2015	27,62	7,62	37,62	FALSO	33,86	7,62	37,62
16/10/2015	29,01	9,01	39,01	FALSO	37,61	9,01	39,01
17/10/2015	30,02	10,02	40,02	FALSO	41,20	10,02	40,02
18/10/2015	32,08	12,08	42,08	FALSO	45,68	12,08	42,08
19/10/2015	29,81	9,81	39,81	FALSO	39,59	9,81	39,81
20/10/2015	29,40	9,40	39,40	FALSO	38,67	9,40	39,40
21/10/2015	28,75	8,75	38,75	FALSO	37,31	8,75	38,75
22/10/2015	27,19	7,19	37,19	FALSO	34,11	7,19	37,19
23/10/2015	28,40	8,40	38,40	FALSO	36,46	8,40	38,40
24/10/2015	29,34	9,34	39,34	FALSO	39,20	9,34	39,34
25/10/2015	29,08	9,08	39,08	FALSO	38,32	9,08	39,08
26/10/2015	29,57	9,57	39,57	FALSO	39,35	9,57	39,57
27/10/2015	30,36	10,36	40,36	FALSO	41,39	10,36	40,36
28/10/2015	31,39	11,39	41,39	FALSO	44,59	11,39	41,39
29/10/2015	30,55	10,55	40,55	FALSO	42,65	10,55	40,55
30/10/2015	29,07	9,07	39,07	FALSO	38,33	9,07	39,07
31/10/2015	28,28	8,28	38,28	FALSO	36,45	8,28	38,28
01/11/2015	27,40	7,40	37,40	FALSO	33,22	7,40	37,40
02/11/2015	28,75	8,75	38,75	FALSO	36,16	8,75	38,75
03/11/2015	28,21	8,21	38,21	FALSO	35,11	8,21	38,21
04/11/2015	28,65	8,65	38,65	FALSO	35,85	8,65	38,65
05/11/2015	30,07	10,07	40,07	FALSO	40,58	10,07	40,07
06/11/2015	30,41	10,41	40,41	FALSO	41,40	10,41	40,41
07/11/2015	30,09	10,09	40,09	FALSO	40,00	10,09	40,09
08/11/2015	29,30	9,30	39,30	FALSO	38,65	9,30	39,30
09/11/2015	28,33	8,32	38,33	FALSO	36,84	8,32	38,33
10/11/2015	28,41	8,41	38,41	FALSO	37,02	8,41	38,41
11/11/2015	28,05	8,05	38,05	FALSO	36,02	8,05	38,05
12/11/2015	28,73	8,73	38,73	FALSO	36,40	8,73	38,73
13/11/2015	28,89	8,89	38,89	FALSO	38,20	8,89	38,89
14/11/2015	28,04	8,04	38,04	FALSO	36,05	8,04	38,04
15/11/2015	26,85	6,85	36,85	FALSO	33,18	6,85	36,85
16/11/2015	26,80	6,80	36,80	FALSO	32,89	6,80	36,80
17/11/2015	26,69	6,69	36,69	FALSO	32,05	6,69	36,69

18/11/2015	26,26	6,26	36,26	FALSO	31,10	6,26	36,26
19/11/2015	27,62	7,62	37,62	FALSO	34,19	7,62	37,62
20/11/2015	29,63	9,63	39,63	FALSO	39,03	9,63	39,63
21/11/2015	29,16	9,16	39,16	FALSO	38,06	9,16	39,16
22/11/2015	24,25	4,25	34,25	FALSO	26,57	4,25	34,25
23/11/2015	21,11	2,00	31,11	FALSO	21,93	2,00	31,11
24/11/2015	21,21	2,00	31,21	FALSO	22,15	2,00	31,21
25/11/2015	27,52	7,52	37,52	FALSO	34,86	7,52	37,52
26/11/2015	29,86	9,86	39,86	FALSO	39,70	9,86	39,86
27/11/2015	26,12	6,12	36,12	FALSO	31,35	6,12	36,12
28/11/2015	25,34	5,34	35,34	FALSO	29,60	5,34	35,34
29/11/2015	23,61	3,61	33,61	FALSO	24,43	3,61	33,61
30/11/2015	23,86	3,86	33,86	FALSO	26,22	3,86	33,86
01/12/2015	23,95	3,95	33,95	FALSO	26,08	3,95	33,95
02/12/2015	23,06	3,06	33,06	FALSO	24,01	3,06	33,06
03/12/2015	23,45	3,45	33,45	FALSO	24,67	3,45	33,45
04/12/2015	23,87	3,87	33,87	FALSO	25,59	3,87	33,87
05/12/2015	24,47	4,47	34,47	FALSO	26,41	4,47	34,47
06/12/2015	26,19	6,19	36,19	FALSO	31,01	6,19	36,19
07/12/2015	27,06	7,06	37,06	FALSO	32,69	7,06	37,06
08/12/2015	26,64	6,64	36,64	FALSO	31,13	6,64	36,64
09/12/2015	25,50	5,50	35,50	FALSO	28,48	5,50	35,50
10/12/2015	25,51	5,51	35,51	FALSO	28,57	5,51	35,51
11/12/2015	24,60	4,60	34,60	FALSO	26,84	4,60	34,60
12/12/2015	25,04	5,04	35,04	FALSO	28,09	5,04	35,04
13/12/2015	24,43	4,43	34,43	FALSO	27,62	4,43	34,43
14/12/2015	23,22	3,22	33,22	FALSO	24,33	3,22	33,22
15/12/2015	24,65	4,65	34,65	FALSO	27,92	4,65	34,65
16/12/2015	26,28	6,28	36,28	FALSO	31,42	6,28	36,28
17/12/2015	25,53	5,53	35,53	FALSO	29,53	5,53	35,53
18/12/2015	24,89	4,89	34,89	FALSO	28,40	4,89	34,89
19/12/2015	24,99	4,99	34,99	FALSO	28,22	4,99	34,99
20/12/2015	25,64	5,64	35,64	FALSO	30,30	5,64	35,64
21/12/2015	25,68	5,68	35,68	FALSO	30,03	5,68	35,68
22/12/2015	24,57	4,57	34,57	FALSO	26,97	4,57	34,57
23/12/2015	25,08	5,08	35,08	FALSO	27,77	5,08	35,08
24/12/2015	24,69	4,69	34,69	FALSO	27,12	4,69	34,69
28/12/2015	25,07	5,07	35,07	FALSO	27,95	5,07	35,07
29/12/2015	25,49	5,49	35,49	FALSO	29,00	5,49	35,49
30/12/2015	23,16	3,16	33,16	FALSO	23,83	3,16	33,16
31/12/2015	17,58	2,00	27,58	FALSO	20,83	2,00	27,58

Fecha	Ts(°C)	mas (kg/s)	m2(kg/s)	magua(kg/s)	Qi requerida (kW)
01/01/2015	10,97		27,88		104,36
02/01/2015	11,22		27,88		110,71
03/01/2015	11,67		27,88		122,52
04/01/2015	11,87		27,87		127,01
05/01/2015	12,15		27,87		133,80
06/01/2015	12,16		27,87		134,43
07/01/2015	12,37		27,87		139,86
08/01/2015	12,47		27,87		142,18
09/01/2015	12,70		27,87		147,57
10/01/2015	12,77		27,86		149,32
11/01/2015	12,90		27,87		152,90
12/01/2015	12,96		27,87		154,77
13/01/2015	13,60		27,87		170,45
14/01/2015	13,68		27,86		172,09
15/01/2015	14,11		27,85		182,23
16/01/2015	14,15		27,86		184,21
17/01/2015	14,38	26,9611		0,03	362,96
18/01/2015	14,46	26,9292		0,04	410,45
19/01/2015	14,50	26,9266		0,04	410,04
20/01/2015	14,62	26,9099		0,04	425,20
21/01/2015	14,70	26,9225		0,04	390,84
22/01/2015	14,92	26,8885		0,04	424,14
23/01/2015	15,00	26,8812		0,04	425,87
24/01/2015	16,20	26,7604		0,05	486,18
25/01/2015	17,74	26,5630		0,07	657,59
26/01/2015	18,42	26,5086		0,07	664,94
27/01/2015	22,20	26,0592		0,13	1031,04
28/01/2015	22,30	26,0679		0,12	986,28
29/01/2015	22,35	26,0293		0,10	879,50
02/02/2015	8,90		27,88		50,32
03/02/2015	10,20		27,87		83,94
04/02/2015	10,29		27,88		86,50
05/02/2015	11,81		27,87		125,11
06/02/2015	11,86		27,87		126,76
07/02/2015	12,11		27,86		132,44
08/02/2015	13,07		27,85		156,04
09/02/2015	13,32	27,0658		0,03	315,48
10/02/2015	13,32		27,86		162,68
11/02/2015	13,46		27,86		166,22
12/02/2015	13,49		27,86		167,12
13/02/2015	13,99	26,9943		0,03	355,15
14/02/2015	14,13		27,86		183,55
15/02/2015	15,00		27,85		204,38
16/02/2015	15,08	26,8972		0,03	384,06

17/02/2015	15,71	26,8231		0,04	435,16
18/02/2015	15,02	26,8969		0,03	392,74
19/02/2015	13,60		27,86		169,87
20/02/2015	12,59		27,86		144,93
21/02/2015	13,79		27,87		175,38
22/02/2015	16,01	26,8063		0,04	423,44
23/02/2015	20,52	26,2842		0,09	813,01
24/02/2015	16,22	26,7589		0,05	486,62
25/02/2015	17,25	26,6455		0,06	560,14
26/02/2015	19,85	26,3505		0,09	777,23
27/02/2015	17,91	26,5673		0,06	620,27
28/02/2015	15,24	26,8556		0,04	441,61
01/03/2015	18,99	26,4285		0,08	745,90
02/03/2015	24,84	25,8000		0,12	998,35
05/03/2015	12,88		27,87		152,61
06/03/2015	15,57	26,8295		0,04	443,00
07/03/2015	14,86	26,9190		0,03	373,67
08/03/2015	14,45		27,86		191,23
09/03/2015	15,87	26,7977		0,04	461,67
10/03/2015	15,31	26,8653		0,04	411,55
11/03/2015	17,23	26,6720		0,05	508,27
12/03/2015	18,34	26,5275		0,07	637,18
13/03/2015	17,28	26,6375		0,06	572,85
14/03/2015	16,26	26,7562		0,05	485,77
15/03/2015	15,12	26,8593		0,05	451,67
16/03/2015	14,58	26,9206		0,04	411,07
17/03/2015	13,83	27,0013		0,04	363,98
18/03/2015	16,38	26,7123		0,06	557,88
19/03/2015	15,87	26,7667		0,06	524,50
20/03/2015	15,47	26,8149		0,05	487,03
21/03/2015	17,43	26,6061		0,07	615,50
22/03/2015	15,07		27,86		206,42
23/03/2015	15,06	26,8971		0,03	387,17
24/03/2015	16,26	26,7766		0,04	445,29
25/03/2015	16,21	26,7602		0,05	485,19
26/03/2015	18,53	26,4796		0,08	710,28
27/03/2015	24,81	25,7393		0,15	1147,66
28/03/2015	26,38	25,5364		0,17	1241,89
29/03/2015	25,76	25,6425		0,15	1145,28
30/03/2015	29,63	25,2168		0,16	1194,58
31/03/2015	31,68	24,9988		0,16	1194,78
01/04/2015	27,89	25,4490		0,14	1077,58
02/04/2015	25,09	25,7903		0,11	962,23
03/04/2015	25,08	25,7927		0,11	958,24
04/04/2015	25,29	25,7376		0,13	1036,63

05/04/2015	24,66	25,7702		0,14	1112,93
06/04/2015	24,01	25,8331		0,14	1121,27
07/04/2015	22,28	26,0329		0,13	1071,96
08/04/2015	22,76	25,9901		0,13	1058,00
09/04/2015	22,99	25,9647		0,13	1061,76
10/04/2015	24,45	25,7704		0,15	1163,06
11/04/2015	24,05	25,8336		0,14	1112,34
12/04/2015	25,23	25,7208		0,14	1090,12
13/04/2015	25,24	25,7058		0,15	1122,70
14/04/2015	26,67	25,5290		0,16	1187,71
15/04/2015	25,49	25,6743		0,15	1136,45
16/04/2015	28,40	25,3150		0,18	1266,04
17/04/2015	30,23	25,0784		0,20	1370,04
18/04/2015	29,24	25,1988		0,19	1332,62
19/04/2015	29,78	25,1286		0,20	1363,08
20/04/2015	28,51	25,2957		0,18	1284,74
21/04/2015	27,37	25,4859		0,15	1119,29
22/04/2015	27,89	25,4570		0,13	1057,84
23/04/2015	28,77	25,2770		0,18	1265,33
24/04/2015	29,32	25,2207		0,17	1261,14
25/04/2015	29,20	25,3047		0,14	1092,72
26/04/2015	31,49	24,9449		0,20	1369,43
27/04/2015	32,64	24,7853		0,22	1457,08
01/05/2015	32,54	24,8535		0,19	1320,55
02/05/2015	34,13	24,6256		0,22	1455,84
03/05/2015	33,94	24,6099		0,23	1540,67
04/05/2015	32,06	24,8554		0,21	1437,26
05/05/2015	34,00	24,6238		0,22	1492,64
06/05/2015	31,16	24,9625		0,21	1410,86
07/05/2015	30,91	24,9783		0,21	1436,91
08/05/2015	33,12	24,6864		0,24	1567,03
09/05/2015	33,55	24,6693		0,22	1499,03
10/05/2015	33,22	24,6740		0,24	1571,69
11/05/2015	32,09	24,8154		0,23	1524,66
12/05/2015	32,70	24,7996		0,21	1408,45
13/05/2015	32,50	24,8771		0,18	1275,11
14/05/2015	36,87	24,3627		0,20	1368,73
15/05/2015	33,70	24,7610		0,17	1245,02
16/05/2015	32,36	24,7979		0,22	1496,62
17/05/2015	31,93	24,8837		0,20	1403,08
18/05/2015	30,62	25,0327		0,20	1379,75
19/05/2015	27,71	25,4250		0,16	1177,20
20/05/2015	28,37	25,3587		0,16	1171,61
21/05/2015	28,97	25,2519		0,18	1273,86
22/05/2015	28,58	25,3506		0,15	1137,73

23/05/2015	29,53	25,2298		0,16	1188,29
24/05/2015	30,50	25,0900		0,18	1275,30
25/05/2015	28,20	25,3853		0,15	1151,64
04/06/2015	39,77	23,8918		0,27	1715,22
05/06/2015	38,97	23,9619		0,28	1763,36
06/06/2015	31,20	24,9736		0,20	1373,37
20/06/2015	36,88	24,2570		0,25	1615,73
21/06/2015	36,69	24,2493		0,26	1682,27
22/06/2015	36,13	24,3206		0,26	1661,55
23/06/2015	35,81	24,3690		0,25	1629,54
24/06/2015	35,37	24,4484		0,24	1555,71
25/06/2015	35,88	24,4441		0,21	1434,67
26/06/2015	39,49	23,8750		0,29	1830,61
27/06/2015	38,48	24,0665		0,25	1645,05
28/06/2015	38,82	23,9863		0,28	1744,62
29/06/2015	38,55	24,0015		0,28	1779,84
30/06/2015	38,40	24,0564		0,26	1691,21
01/07/2015	37,71	24,1078		0,28	1750,75
02/07/2015	37,31	24,1441		0,28	1770,50
03/07/2015	37,95	24,1212		0,26	1656,75
04/07/2015	39,06	23,9930		0,26	1664,73
05/07/2015	39,29	23,9402		0,27	1730,15
06/07/2015	39,12	23,9657		0,27	1714,39
07/07/2015	40,10	23,8323		0,28	1766,75
08/07/2015	39,65	23,9003		0,27	1726,17
09/07/2015	37,97	24,1034		0,26	1693,20
10/07/2015	38,64	24,1079		0,23	1504,96
11/07/2015	38,13	24,1582		0,23	1519,77
12/07/2015	38,74	23,9859		0,28	1767,89
13/07/2015	39,11	23,9165		0,29	1833,88
14/07/2015	38,74	24,0713		0,24	1565,89
15/07/2015	40,39	23,7697		0,29	1838,27
16/07/2015	39,16	23,9401		0,28	1764,80
17/07/2015	39,57	23,9127		0,27	1718,75
18/07/2015	38,84	24,0622		0,24	1561,17
19/07/2015	38,97	23,9967		0,26	1681,57
20/07/2015	38,82	24,1135		0,21	1442,78
21/07/2015	40,11	23,8637		0,26	1689,47
22/07/2015	39,68	23,9190		0,26	1674,88
23/07/2015	39,63	23,9421		0,25	1633,77
24/07/2015	40,77	23,8088		0,25	1640,71
25/07/2015	39,14	24,0080		0,25	1609,56
26/07/2015	38,63	24,0880		0,24	1554,53
27/07/2015	39,90	23,9231		0,25	1605,74
28/07/2015	39,84	23,8999		0,26	1676,40

29/07/2015	40,22	23,8052		0,29	1798,87
30/07/2015	38,02	24,1117		0,26	1659,56
31/07/2015	36,13	24,4816		0,18	1281,39
01/08/2015	34,58	24,6673		0,17	1240,82
02/08/2015	36,94	24,3247		0,21	1439,47
03/08/2015	38,97	23,9712		0,27	1741,63
04/08/2015	39,40	23,9066		0,28	1778,68
05/08/2015	39,54	23,9923		0,23	1539,57
06/08/2015	39,76	23,8768		0,28	1753,38
07/08/2015	39,92	23,9134		0,25	1622,58
08/08/2015	37,94	24,1068		0,26	1693,96
09/08/2015	36,40	24,2861		0,26	1671,96
10/08/2015	37,42	24,2500		0,22	1490,27
11/08/2015	39,66	23,9341		0,26	1644,70
12/08/2015	39,87	23,8990		0,26	1670,57
13/08/2015	37,72	24,1429		0,26	1665,07
14/08/2015	34,76	24,5434		0,22	1488,58
15/08/2015	34,88	24,5278		0,22	1494,18
16/08/2015	36,55	24,3180		0,24	1557,25
17/08/2015	33,84	24,6252		0,23	1529,02
18/08/2015	35,56	24,4477		0,23	1508,49
19/08/2015	36,82	24,2572		0,25	1631,35
20/08/2015	37,59	24,1763		0,25	1621,01
21/08/2015	37,66	24,2117		0,23	1519,28
22/08/2015	37,83	24,0920		0,28	1755,54
23/08/2015	38,64	23,9986		0,28	1764,40
24/08/2015	36,73	24,2361		0,27	1704,48
25/08/2015	36,99	24,2196		0,26	1675,69
26/08/2015	37,42	24,2327		0,23	1531,18
27/08/2015	37,34	24,2530		0,23	1504,26
28/08/2015	37,75	24,1059		0,27	1744,15
29/08/2015	37,42	24,2399		0,23	1513,82
30/08/2015	38,12	24,1051		0,26	1650,66
01/09/2015	37,35	24,1695		0,27	1699,16
02/09/2015	35,99	24,3819		0,24	1553,23
03/09/2015	35,05	24,5010		0,23	1514,13
04/09/2015	32,32	24,8942		0,18	1281,67
05/09/2015	33,27	24,7809		0,19	1307,68
06/09/2015	33,14	24,7464		0,21	1422,45
07/09/2015	31,91	24,9408		0,18	1273,43
08/09/2015	32,44	24,8936		0,17	1252,78
09/09/2015	32,84	24,8190		0,19	1327,52
10/09/2015	34,48	24,6011		0,21	1424,42
11/09/2015	35,85	24,4138		0,23	1512,62
12/09/2015	34,97	24,5730		0,20	1363,96



13/09/2015	35,89	24,4765		0,20	1354,01
14/09/2015	37,36	24,2056		0,25	1611,26
15/09/2015	35,52	24,4338		0,24	1551,07
16/09/2015	36,72	24,2304		0,27	1719,30
17/09/2015	36,24	24,3357		0,24	1596,89
18/09/2015	32,99	24,8084		0,19	1312,67
19/09/2015	32,75	24,8871		0,16	1189,66
20/09/2015	33,38	24,7942		0,17	1248,74
21/09/2015	33,53	24,7285		0,20	1365,20
22/09/2015	29,75	25,1436		0,19	1335,14
23/09/2015	33,63	24,6460		0,23	1532,97
24/09/2015	32,19	24,9034		0,18	1291,74
25/09/2015	33,16	24,7766		0,19	1345,96
26/09/2015	33,33	24,7148		0,21	1446,90
27/09/2015	32,72	24,7910		0,21	1423,56
28/09/2015	30,42	25,0711		0,19	1339,14
29/09/2015	29,16	25,2513		0,17	1227,86
30/09/2015	30,06	25,1214		0,18	1310,18
01/10/2015	31,23	25,0180		0,18	1263,21
02/10/2015	31,48	24,9469		0,20	1367,71
03/10/2015	31,26	24,9488		0,21	1416,95
04/10/2015	32,31	24,8209		0,21	1456,47
05/10/2015	37,32	24,1903		0,26	1659,45
06/10/2015	37,59	24,1367		0,27	1713,03
07/10/2015	34,16	24,5918		0,23	1527,43
08/10/2015	30,90	24,9812		0,21	1431,77
09/10/2015	32,05	24,9085		0,19	1315,25
10/10/2015	31,06	25,0265		0,18	1285,65
11/10/2015	32,59	24,7959		0,21	1444,04
12/10/2015	33,10	24,7757		0,20	1363,28
13/10/2015	29,39	25,2562		0,15	1160,94
14/10/2015	28,14	25,4231		0,14	1076,01
15/10/2015	27,62	25,4631		0,14	1111,57
16/10/2015	29,01	25,2753		0,16	1209,80
17/10/2015	30,02	25,0899		0,20	1395,96
18/10/2015	32,08	24,9065		0,19	1312,23
19/10/2015	29,81	25,1826		0,17	1230,55
20/10/2015	29,40	25,2241		0,17	1233,12
21/10/2015	28,75	25,2839		0,17	1254,41
22/10/2015	27,19	25,4326		0,18	1287,26
23/10/2015	28,40	25,3250		0,17	1242,82
24/10/2015	29,34	25,1876		0,19	1334,42
25/10/2015	29,08	25,2331		0,18	1291,80
26/10/2015	29,57	25,1877		0,18	1276,50
27/10/2015	30,36	25,0928		0,18	1304,45

28/10/2015	31,39	24,9400		0,20	1406,69
29/10/2015	30,55	25,0223		0,21	1422,19
30/10/2015	29,07	25,2324		0,18	1295,75
31/10/2015	28,28	25,3211		0,18	1282,38
01/11/2015	27,40	25,4968		0,14	1084,61
02/11/2015	28,75	25,3577		0,14	1079,61
03/11/2015	28,21	25,4040		0,14	1105,27
04/11/2015	28,65	25,3737		0,14	1066,76
05/11/2015	30,07	25,1315		0,18	1285,20
06/11/2015	30,41	25,0948		0,18	1285,69
07/11/2015	30,09	25,1686		0,16	1193,71
08/11/2015	29,30	25,2214		0,18	1264,26
09/11/2015	28,33	25,2985		0,19	1323,39
10/11/2015	28,41	25,2901		0,19	1323,42
11/11/2015	28,05	25,3405		0,18	1293,21
12/11/2015	28,73	25,3413		0,15	1124,64
13/11/2015	28,89	25,2335		0,19	1336,16
14/11/2015	28,04	25,3380		0,18	1301,43
15/11/2015	26,85	25,4809		0,17	1257,87
16/11/2015	26,80	25,4978		0,17	1230,74
17/11/2015	26,69	25,5487		0,15	1136,04
18/11/2015	26,26	25,5961		0,15	1131,01
19/11/2015	27,62	25,4417		0,15	1161,47
20/11/2015	29,63	25,2104		0,16	1209,15
21/11/2015	29,16	25,2531		0,17	1223,62
22/11/2015	24,25	25,8351		0,13	1058,76
23/11/2015	21,11	26,1820		0,11	946,55
24/11/2015	21,21	26,1583		0,12	984,42
25/11/2015	27,52	25,3956		0,18	1292,04
26/11/2015	29,86	25,1780		0,17	1227,54
27/11/2015	26,12	25,5760		0,16	1212,26
28/11/2015	25,34	25,6667		0,16	1188,74
29/11/2015	23,61	25,9600		0,10	921,35
30/11/2015	23,86	25,8484		0,15	1122,88
01/12/2015	23,95	25,8598		0,14	1074,94
02/12/2015	23,06	25,9753		0,12	1018,57
03/12/2015	23,45	25,9406		0,12	1006,86
04/12/2015	23,87	25,8896		0,13	1024,68
05/12/2015	24,47	25,8511		0,11	968,12
06/12/2015	26,19	25,5996		0,15	1139,40
07/12/2015	27,06	25,5191		0,14	1115,19
08/12/2015	26,64	25,6058		0,12	1014,79
09/12/2015	25,50	25,7435		0,11	970,54
10/12/2015	25,51	25,7380		0,12	982,20
11/12/2015	24,60	25,8258		0,12	995,70

12/12/2015	25,04	25,7562		0,13	1052,27
13/12/2015	24,43	25,7713		0,15	1165,09
14/12/2015	23,22	25,9577		0,12	1022,83
15/12/2015	24,65	25,7571		0,15	1144,22
16/12/2015	26,28	25,5763		0,16	1171,68
17/12/2015	25,53	25,6765		0,15	1120,09
18/12/2015	24,89	25,7320		0,15	1146,05
19/12/2015	24,99	25,7464		0,14	1087,15
20/12/2015	25,64	25,6296		0,16	1202,54
21/12/2015	25,68	25,6480		0,15	1151,23
22/12/2015	24,57	25,8171		0,13	1024,28
23/12/2015	25,08	25,7780		0,12	992,99
24/12/2015	24,69	25,8102		0,12	1011,17
28/12/2015	25,07	25,7657		0,13	1024,29
29/12/2015	25,49	25,7092		0,13	1052,95
30/12/2015	23,16	25,9895		0,11	961,46
31/12/2015	17,58	26,6032		0,06	597,00



## ANEXO 4. CÁLCULOS COMPRESOR

Fecha	Ts(°C)	Qi req (kW)	Qi aport por 1 comp(kW)	nº Comp	Qit (kW)	Pt(kW)	mt(kg/s)
01/01/2015	10,97	104,36	184,12	0,57	1104,69	173,02	6,34
02/01/2015	11,22	110,71	184,04	0,60	1104,22	173,76	6,35
03/01/2015	11,67	122,52	183,91	0,67	1103,47	175,09	6,36
04/01/2015	11,87	127,01	183,86	0,69	1103,19	175,65	6,37
05/01/2015	12,15	133,80	183,80	0,73	1102,81	176,48	6,38
06/01/2015	12,16	134,43	183,80	0,73	1102,80	176,51	6,38
07/01/2015	12,37	139,86	183,76	0,76	1102,54	177,16	6,39
08/01/2015	12,47	142,18	183,74	0,77	1102,44	177,44	6,39
09/01/2015	12,70	147,57	183,70	0,80	1102,21	178,11	6,40
10/01/2015	12,77	149,32	183,69	0,81	1102,15	178,34	6,40
11/01/2015	12,90	152,90	183,67	0,83	1102,04	178,72	6,40
12/01/2015	12,96	154,77	183,67	0,84	1101,99	178,91	6,41
13/01/2015	13,60	170,45	183,60	0,93	1101,63	180,84	6,43
14/01/2015	13,68	172,09	183,60	0,94	1101,60	181,10	6,43
15/01/2015	14,11	182,23	183,59	0,99	1101,52	182,41	6,45
16/01/2015	14,15	184,21	183,59	1,00	1101,52	182,53	6,45
17/01/2015	14,38	362,96	183,59	1,98	1101,53	183,23	6,46
18/01/2015	14,46	410,45	183,59	2,24	1101,55	183,49	6,46
19/01/2015	14,50	410,04	183,59	2,23	1101,56	183,61	6,47
20/01/2015	14,62	425,20	183,60	2,32	1101,58	183,97	6,47
21/01/2015	14,70	390,84	183,60	2,13	1101,61	184,21	6,47
22/01/2015	14,92	424,14	183,62	2,31	1101,70	184,90	6,48
23/01/2015	15,00	425,87	183,62	2,32	1101,74	185,17	6,49
24/01/2015	16,20	486,18	183,81	2,64	1102,87	188,97	6,54
25/01/2015	17,74	657,59	184,30	3,57	1105,78	193,94	6,61
26/01/2015	18,42	664,94	184,60	3,60	1107,62	196,21	6,65
27/01/2015	22,20	1031,04	188,42	5,47	1130,53	209,67	6,91
28/01/2015	22,30	986,28	189,05	5,22	1134,27	210,22	6,94
29/01/2015	22,35	879,50	189,35	4,64	1136,12	210,50	6,96
02/02/2015	8,90	50,32	184,97	0,27	1109,83	167,12	6,28
03/02/2015	10,20	83,94	184,39	0,46	1106,32	170,82	6,32
04/02/2015	10,29	86,50	184,35	0,47	1106,12	171,06	6,32
05/02/2015	11,81	125,11	183,88	0,68	1103,26	175,49	6,37
06/02/2015	11,86	126,76	183,87	0,69	1103,19	175,63	6,37
07/02/2015	12,11	132,44	183,81	0,72	1102,85	176,38	6,38
08/02/2015	13,07	156,04	183,65	0,85	1101,91	179,23	6,41
09/02/2015	13,32	315,48	183,63	1,72	1101,76	180,00	6,42
10/02/2015	13,32	162,68	183,63	0,89	1101,75	180,00	6,42
11/02/2015	13,46	166,22	183,61	0,91	1101,69	180,42	6,43
12/02/2015	13,49	167,12	183,61	0,91	1101,67	180,52	6,43
13/02/2015	13,99	355,15	183,59	1,93	1101,53	182,03	6,45

14/02/2015	14,13	183,55	183,59	1,00	1101,52	182,45	6,45
15/02/2015	15,00	204,38	183,62	1,11	1101,74	185,16	6,49
16/02/2015	15,08	384,06	183,63	2,09	1101,78	185,40	6,49
17/02/2015	15,71	435,16	183,72	2,37	1102,29	187,40	6,52
18/02/2015	15,02	392,74	183,63	2,14	1101,75	185,23	6,49
19/02/2015	13,60	169,87	183,60	0,93	1101,63	180,85	6,43
20/02/2015	12,59	144,93	183,72	0,79	1102,31	177,81	6,39
21/02/2015	13,79	175,38	183,60	0,96	1101,57	181,43	6,44
22/02/2015	16,01	423,44	183,77	2,30	1102,62	188,34	6,53
23/02/2015	20,52	813,01	185,92	4,37	1115,54	203,37	6,77
24/02/2015	16,22	486,62	183,82	2,65	1102,90	189,02	6,54
25/02/2015	17,25	560,14	184,11	3,04	1104,68	192,35	6,59
26/02/2015	19,85	777,23	185,44	4,19	1112,63	201,05	6,73
27/02/2015	17,91	620,27	184,37	3,36	1106,22	194,53	6,62
28/02/2015	15,24	441,61	183,65	2,40	1101,89	185,90	6,50
01/03/2015	18,99	745,90	184,91	4,03	1109,45	198,14	6,68
02/03/2015	24,84	998,35	205,19	4,87	1231,14	224,41	7,67
05/03/2015	12,88	152,61	183,68	0,83	1102,06	178,65	6,40
06/03/2015	15,57	443,00	183,69	2,41	1102,16	186,96	6,51
07/03/2015	14,86	373,67	183,61	2,04	1101,67	184,73	6,48
08/03/2015	14,45	191,23	183,59	1,04	1101,55	183,44	6,46
09/03/2015	15,87	461,67	183,74	2,51	1102,46	187,90	6,52
10/03/2015	15,31	411,55	183,66	2,24	1101,94	186,14	6,50
11/03/2015	17,23	508,27	184,10	2,76	1104,63	192,28	6,59
12/03/2015	18,34	637,18	184,56	3,45	1107,39	195,94	6,64
13/03/2015	17,28	572,85	184,12	3,11	1104,73	192,44	6,59
14/03/2015	16,26	485,77	183,83	2,64	1102,95	189,15	6,54
15/03/2015	15,12	451,67	183,63	2,46	1101,81	185,52	6,49
16/03/2015	14,58	411,07	183,60	2,24	1101,57	183,84	6,47
17/03/2015	13,83	363,98	183,59	1,98	1101,56	181,54	6,44
18/03/2015	16,38	557,88	183,85	3,03	1103,11	189,51	6,55
19/03/2015	15,87	524,50	183,74	2,85	1102,45	187,89	6,52
20/03/2015	15,47	487,03	183,68	2,65	1102,07	186,63	6,51
21/03/2015	17,43	615,50	184,18	3,34	1105,05	192,92	6,60
22/03/2015	15,07	206,42	183,63	1,12	1101,78	185,37	6,49
23/03/2015	15,06	387,17	183,63	2,11	1101,77	185,34	6,49
24/03/2015	16,26	445,29	183,82	2,42	1102,95	189,14	6,54
25/03/2015	16,21	485,19	183,81	2,64	1102,89	189,00	6,54
26/03/2015	18,53	710,28	184,66	3,85	1107,95	196,57	6,65
27/03/2015	24,81	1147,66	204,99	5,60	1229,94	224,23	7,66
28/03/2015	26,38	1241,89	215,42	5,76	1292,52	233,37	8,14
29/03/2015	25,76	1145,28	211,22	5,42	1267,35	229,70	7,94
30/03/2015	29,63	1194,58	238,21	5,01	1429,28	253,36	9,20
31/03/2015	31,68	1194,78	253,45	4,71	1520,69	266,77	9,92
01/04/2015	27,89	1077,58	225,83	4,77	1354,99	242,49	8,62

02/04/2015	25,09	962,23	206,78	4,65	1240,70	225,80	7,74
03/04/2015	25,08	958,24	206,74	4,64	1240,43	225,77	7,74
04/04/2015	25,29	1036,63	208,11	4,98	1248,66	226,97	7,80
05/04/2015	24,66	1112,93	203,98	5,46	1223,87	223,35	7,61
06/04/2015	24,01	1121,27	199,82	5,61	1198,93	219,70	7,43
07/04/2015	22,28	1071,96	188,94	5,67	1133,67	210,14	6,94
08/04/2015	22,76	1058,00	191,87	5,51	1151,22	212,71	7,07
09/04/2015	22,99	1061,76	193,31	5,49	1159,86	213,98	7,13
10/04/2015	24,45	1163,06	202,62	5,74	1215,70	222,15	7,55
11/04/2015	24,05	1112,34	200,03	5,56	1200,18	219,88	7,43
12/04/2015	25,23	1090,12	207,72	5,25	1246,32	226,63	7,78
13/04/2015	25,24	1122,70	207,79	5,40	1246,74	226,69	7,79
14/04/2015	26,67	1187,71	217,42	5,46	1304,51	235,12	8,23
15/04/2015	25,49	1136,45	209,43	5,43	1256,56	228,12	7,86
16/04/2015	28,40	1266,04	229,43	5,52	1376,58	245,65	8,78
17/04/2015	30,23	1370,04	242,61	5,65	1455,67	257,22	9,40
18/04/2015	29,24	1332,62	235,41	5,66	1412,44	250,89	9,06
19/04/2015	29,78	1363,08	239,34	5,70	1436,04	254,35	9,25
20/04/2015	28,51	1284,74	230,20	5,58	1381,19	246,32	8,82
21/04/2015	27,37	1119,29	222,18	5,04	1333,10	239,30	8,45
22/04/2015	27,89	1057,84	225,86	4,68	1355,13	242,52	8,62
23/04/2015	28,77	1265,33	232,03	5,45	1392,15	247,92	8,91
24/04/2015	29,32	1261,14	235,99	5,34	1415,94	251,40	9,09
25/04/2015	29,20	1092,72	235,15	4,65	1410,93	250,67	9,05
26/04/2015	31,49	1369,43	252,00	5,43	1512,01	265,49	9,85
27/04/2015	32,64	1457,08	260,72	5,59	1564,34	273,19	10,27
01/05/2015	32,54	1320,55	260,00	5,08	1560,00	272,55	10,23
02/05/2015	34,13	1455,84	272,34	5,35	1634,04	283,50	10,83
03/05/2015	33,94	1540,67	270,86	5,69	1625,15	282,18	10,76
04/05/2015	32,06	1437,26	256,31	5,61	1537,88	269,29	10,05
05/05/2015	34,00	1492,64	271,33	5,50	1628,01	282,60	10,78
06/05/2015	31,16	1410,86	249,51	5,65	1497,07	263,30	9,73
07/05/2015	30,91	1436,91	247,62	5,80	1485,70	261,63	9,64
08/05/2015	33,12	1567,03	264,49	5,92	1586,93	276,53	10,45
09/05/2015	33,55	1499,03	267,82	5,60	1606,93	279,48	10,61
10/05/2015	33,22	1571,69	265,24	5,93	1591,46	277,20	10,48
11/05/2015	32,09	1524,66	256,51	5,94	1539,08	269,47	10,06
12/05/2015	32,70	1408,45	261,18	5,39	1567,10	273,60	10,29
13/05/2015	32,50	1275,11	259,69	4,91	1558,15	272,28	10,22
14/05/2015	36,87	1368,73	294,56	4,65	1767,34	303,36	11,92
15/05/2015	33,70	1245,02	268,99	4,63	1613,97	280,52	10,67
16/05/2015	32,36	1496,62	258,62	5,79	1551,70	271,33	10,17
17/05/2015	31,93	1403,08	255,33	5,50	1531,96	268,42	10,01
18/05/2015	30,62	1379,75	245,51	5,62	1473,07	259,77	9,54
19/05/2015	27,71	1177,20	224,59	5,24	1347,56	241,41	8,56

20/05/2015	28,37	1171,61	229,20	5,11	1375,20	245,45	8,77
21/05/2015	28,97	1273,86	233,49	5,46	1400,95	249,21	8,97
22/05/2015	28,58	1137,73	230,73	4,93	1384,37	246,79	8,85
23/05/2015	29,53	1188,29	237,50	5,00	1424,99	252,73	9,16
24/05/2015	30,50	1275,30	244,62	5,21	1467,69	258,98	9,50
25/05/2015	28,20	1151,64	227,98	5,05	1367,90	244,38	8,72
04/06/2015	39,77	1715,22	319,17	5,37	1914,99	325,65	13,15
05/06/2015	38,97	1763,36	312,26	5,65	1873,53	319,36	12,80
06/06/2015	31,20	1373,37	249,85	5,50	1499,12	263,60	9,75
20/06/2015	36,88	1615,73	294,64	5,48	1767,87	303,44	11,92
21/06/2015	36,69	1682,27	293,11	5,74	1758,66	302,06	11,85
22/06/2015	36,13	1661,55	288,43	5,76	1730,57	297,86	11,62
23/06/2015	35,81	1629,54	285,84	5,70	1715,02	295,54	11,49
24/06/2015	35,37	1555,71	282,27	5,51	1693,59	292,34	11,31
25/06/2015	35,88	1434,67	286,39	5,01	1718,35	296,03	11,52
26/06/2015	39,49	1830,61	316,73	5,78	1900,38	323,43	13,03
27/06/2015	38,48	1645,05	308,10	5,34	1848,59	315,59	12,60
28/06/2015	38,82	1744,62	311,00	5,61	1866,00	318,22	12,74
29/06/2015	38,55	1779,84	308,71	5,77	1852,28	316,14	12,63
30/06/2015	38,40	1691,21	307,39	5,50	1844,32	314,94	12,56
01/07/2015	37,71	1750,75	301,59	5,81	1809,51	309,69	12,27
02/07/2015	37,31	1770,50	298,21	5,94	1789,25	306,65	12,10
03/07/2015	37,95	1656,75	303,58	5,46	1821,47	311,49	12,37
04/07/2015	39,06	1664,73	313,06	5,32	1878,36	320,09	12,85
05/07/2015	39,29	1730,15	314,98	5,49	1889,89	321,84	12,94
06/07/2015	39,12	1714,39	313,55	5,47	1881,28	320,53	12,87
07/07/2015	40,10	1766,75	322,06	5,49	1932,36	328,29	13,30
08/07/2015	39,65	1726,17	318,17	5,43	1909,00	324,74	13,10
09/07/2015	37,97	1693,20	303,76	5,57	1822,53	311,65	12,38
10/07/2015	38,64	1504,96	309,44	4,86	1856,66	316,81	12,66
11/07/2015	38,13	1519,77	305,15	4,98	1830,93	312,92	12,45
12/07/2015	38,74	1767,89	310,28	5,70	1861,70	317,57	12,71
13/07/2015	39,11	1833,88	313,45	5,85	1880,71	320,45	12,87
14/07/2015	38,74	1565,89	310,28	5,05	1861,66	317,56	12,71
15/07/2015	40,39	1838,27	324,56	5,66	1947,35	330,58	13,43
16/07/2015	39,16	1764,80	313,87	5,62	1883,24	320,83	12,89
17/07/2015	39,57	1718,75	317,45	5,41	1904,72	324,09	13,07
18/07/2015	38,84	1561,17	311,12	5,02	1866,71	318,32	12,75
19/07/2015	38,97	1681,57	312,23	5,39	1873,40	319,34	12,80
20/07/2015	38,82	1442,78	311,01	4,64	1866,08	318,23	12,74
21/07/2015	40,11	1689,47	322,15	5,24	1932,89	328,38	13,31
22/07/2015	39,68	1674,88	318,39	5,26	1910,32	324,94	13,11
23/07/2015	39,63	1633,77	317,94	5,14	1907,65	324,53	13,09
24/07/2015	40,77	1640,71	327,95	5,00	1967,70	333,69	13,60
25/07/2015	39,14	1609,56	313,69	5,13	1882,15	320,66	12,88



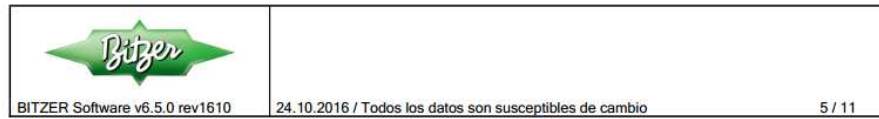
26/07/2015	38,63	1554,53	309,37	5,02	1856,20	316,74	12,66
27/07/2015	39,90	1605,74	320,30	5,01	1921,82	326,69	13,21
28/07/2015	39,84	1676,40	319,80	5,24	1918,78	326,23	13,19
29/07/2015	40,22	1798,87	323,11	5,57	1938,65	329,25	13,35
30/07/2015	38,02	1659,56	304,20	5,46	1825,21	312,06	12,40
31/07/2015	36,13	1281,39	288,43	4,44	1730,59	297,86	11,62
01/08/2015	34,58	1240,82	275,97	4,50	1655,83	286,73	11,00
02/08/2015	36,94	1439,47	295,16	4,88	1770,95	303,90	11,95
03/08/2015	38,97	1741,63	312,25	5,58	1873,48	319,35	12,80
04/08/2015	39,40	1778,68	315,98	5,63	1895,90	322,75	12,99
05/08/2015	39,54	1539,57	317,15	4,85	1902,88	323,81	13,05
06/08/2015	39,76	1753,38	319,09	5,50	1914,52	325,58	13,15
07/08/2015	39,92	1622,58	320,50	5,06	1923,00	326,87	13,22
08/08/2015	37,94	1693,96	303,48	5,58	1820,86	311,40	12,36
09/08/2015	36,40	1671,96	290,68	5,75	1744,07	299,88	11,73
10/08/2015	37,42	1490,27	299,17	4,98	1794,99	307,51	12,15
11/08/2015	39,66	1644,70	318,21	5,17	1909,24	324,78	13,11
12/08/2015	39,87	1670,57	320,06	5,22	1920,34	326,46	13,20
13/08/2015	37,72	1665,07	301,66	5,52	1809,98	309,77	12,27
14/08/2015	34,76	1488,58	277,35	5,37	1664,11	287,96	11,07
15/08/2015	34,88	1494,18	278,32	5,37	1669,95	288,83	11,12
16/08/2015	36,55	1557,25	291,92	5,33	1751,55	301,00	11,79
17/08/2015	33,84	1529,02	270,10	5,66	1620,61	281,51	10,72
18/08/2015	35,56	1508,49	283,80	5,32	1702,82	293,72	11,39
19/08/2015	36,82	1631,35	294,13	5,55	1764,81	302,98	11,90
20/08/2015	37,59	1621,01	300,55	5,39	1803,29	308,76	12,22
21/08/2015	37,66	1519,28	301,12	5,05	1806,74	309,28	12,25
22/08/2015	37,83	1755,54	302,62	5,80	1815,73	310,63	12,32
23/08/2015	38,64	1764,40	309,43	5,70	1856,58	316,79	12,66
24/08/2015	36,73	1704,48	293,40	5,81	1760,38	302,32	11,86
25/08/2015	36,99	1675,69	295,55	5,67	1773,31	304,25	11,97
26/08/2015	37,42	1531,18	299,16	5,12	1794,95	307,50	12,15
27/08/2015	37,34	1504,26	298,49	5,04	1790,94	306,90	12,11
28/08/2015	37,75	1744,15	301,94	5,78	1811,62	310,01	12,29
29/08/2015	37,42	1513,82	299,17	5,06	1795,05	307,52	12,15
30/08/2015	38,12	1650,66	304,99	5,41	1829,95	312,77	12,44
01/09/2015	37,35	1699,16	298,57	5,69	1791,42	306,97	12,12
02/09/2015	35,99	1553,23	287,28	5,41	1723,69	296,83	11,56
03/09/2015	35,05	1514,13	279,68	5,41	1678,08	290,03	11,19
04/09/2015	32,32	1281,67	258,26	4,96	1549,59	271,02	10,15
05/09/2015	33,27	1307,68	265,62	4,92	1593,72	277,53	10,50
06/09/2015	33,14	1422,45	264,59	5,38	1587,52	276,61	10,45
07/09/2015	31,91	1273,43	255,19	4,99	1531,16	268,31	10,00
08/09/2015	32,44	1252,78	259,19	4,83	1555,14	271,84	10,19
09/09/2015	32,84	1327,52	262,26	5,06	1573,58	274,56	10,34

10/09/2015	34,48	1424,42	275,11	5,18	1650,68	285,96	10,96
11/09/2015	35,85	1512,62	286,19	5,29	1717,14	295,85	11,51
12/09/2015	34,97	1363,96	279,07	4,89	1674,39	289,49	11,16
13/09/2015	35,89	1354,01	286,52	4,73	1719,12	296,15	11,52
14/09/2015	37,36	1611,26	298,65	5,40	1791,91	307,05	12,12
15/09/2015	35,52	1551,07	283,50	5,47	1700,97	293,44	11,37
16/09/2015	36,72	1719,30	293,35	5,86	1760,12	302,28	11,86
17/09/2015	36,24	1596,89	289,35	5,52	1736,07	298,68	11,66
18/09/2015	32,99	1312,67	263,48	4,98	1580,89	275,64	10,40
19/09/2015	32,75	1189,66	261,58	4,55	1569,47	273,95	10,31
20/09/2015	33,38	1248,74	266,47	4,69	1598,84	278,29	10,54
21/09/2015	33,53	1365,20	267,65	5,10	1605,89	279,33	10,60
22/09/2015	29,75	1335,14	239,13	5,58	1434,76	254,16	9,24
23/09/2015	33,63	1532,97	268,47	5,71	1610,81	280,06	10,64
24/09/2015	32,19	1291,74	257,30	5,02	1543,80	270,17	10,10
25/09/2015	33,16	1345,96	264,76	5,08	1588,54	276,77	10,46
26/09/2015	33,33	1446,90	266,13	5,44	1596,75	277,98	10,53
27/09/2015	32,72	1423,56	261,34	5,45	1568,02	273,74	10,30
28/09/2015	30,42	1339,14	244,04	5,49	1464,25	258,48	9,47
29/09/2015	29,16	1227,86	234,87	5,23	1409,20	250,42	9,04
30/09/2015	30,06	1310,18	241,40	5,43	1448,41	256,16	9,35
01/10/2015	31,23	1263,21	250,03	5,05	1500,17	263,75	9,75
02/10/2015	31,48	1367,71	251,91	5,43	1511,46	265,41	9,84
03/10/2015	31,26	1416,95	250,30	5,66	1501,79	263,99	9,77
04/10/2015	32,31	1456,47	258,19	5,64	1549,13	270,95	10,14
05/10/2015	37,32	1659,45	298,27	5,56	1789,63	306,70	12,10
06/10/2015	37,59	1713,03	300,61	5,70	1803,64	308,81	12,22
07/10/2015	34,16	1527,43	272,59	5,60	1635,55	283,72	10,84
08/10/2015	30,90	1431,77	247,57	5,78	1485,40	261,58	9,64
09/10/2015	32,05	1315,25	256,22	5,13	1537,34	269,22	10,05
10/10/2015	31,06	1285,65	248,76	5,17	1492,56	262,63	9,69
11/10/2015	32,59	1444,04	260,36	5,55	1562,19	272,88	10,25
12/10/2015	33,10	1363,28	264,29	5,16	1585,73	276,35	10,44
13/10/2015	29,39	1160,94	236,49	4,91	1418,92	251,84	9,11
14/10/2015	28,14	1076,01	227,61	4,73	1365,67	244,05	8,70
15/10/2015	27,62	1111,57	223,92	4,96	1343,51	240,82	8,53
16/10/2015	29,01	1209,80	233,75	5,18	1402,52	249,44	8,99
17/10/2015	30,02	1395,96	241,05	5,79	1446,30	255,85	9,33
18/10/2015	32,08	1312,23	256,46	5,12	1538,75	269,42	10,06
19/10/2015	29,81	1230,55	239,51	5,14	1437,08	254,50	9,26
20/10/2015	29,40	1233,12	236,58	5,21	1419,45	251,92	9,12
21/10/2015	28,75	1254,41	231,87	5,41	1391,25	247,79	8,90
22/10/2015	27,19	1287,26	220,97	5,83	1325,80	238,23	8,39
23/10/2015	28,40	1242,82	229,43	5,42	1376,56	245,65	8,78
24/10/2015	29,34	1334,42	236,12	5,65	1416,70	251,51	9,10

25/10/2015	29,08	1291,80	234,25	5,51	1405,50	249,88	9,01
26/10/2015	29,57	1276,50	237,81	5,37	1426,86	253,00	9,18
27/10/2015	30,36	1304,45	243,55	5,36	1461,33	258,05	9,45
28/10/2015	31,39	1406,69	251,23	5,60	1507,37	264,81	9,81
29/10/2015	30,55	1422,19	244,98	5,81	1469,85	259,30	9,51
30/10/2015	29,07	1295,75	234,18	5,53	1405,10	249,82	9,01
31/10/2015	28,28	1282,38	228,55	5,61	1371,28	244,87	8,74
01/11/2015	27,40	1084,61	222,45	4,88	1334,68	239,53	8,46
02/11/2015	28,75	1079,61	231,93	4,65	1391,56	247,84	8,90
03/11/2015	28,21	1105,27	228,06	4,85	1368,34	244,44	8,72
04/11/2015	28,65	1066,76	231,22	4,61	1387,29	247,21	8,87
05/11/2015	30,07	1285,20	241,44	5,32	1448,63	256,19	9,35
06/11/2015	30,41	1285,69	243,97	5,27	1463,83	258,42	9,47
07/11/2015	30,09	1193,71	241,57	4,94	1449,40	256,30	9,35
08/11/2015	29,30	1264,26	235,86	5,36	1415,13	251,29	9,09
09/11/2015	28,33	1323,39	228,89	5,78	1373,36	245,18	8,76
10/11/2015	28,41	1323,42	229,46	5,77	1376,77	245,68	8,79
11/11/2015	28,05	1293,21	226,93	5,70	1361,60	243,46	8,67
12/11/2015	28,73	1124,64	231,73	4,85	1390,40	247,67	8,89
13/11/2015	28,89	1336,16	232,93	5,74	1397,57	248,72	8,95
14/11/2015	28,04	1301,43	226,87	5,74	1361,21	243,40	8,67
15/11/2015	26,85	1257,87	218,61	5,75	1311,66	236,17	8,28
16/11/2015	26,80	1230,74	218,26	5,64	1309,56	235,86	8,27
17/11/2015	26,69	1136,04	217,57	5,22	1305,42	235,26	8,24
18/11/2015	26,26	1131,01	214,62	5,27	1287,70	232,67	8,10
19/11/2015	27,62	1161,47	223,93	5,19	1343,56	240,82	8,53
20/11/2015	29,63	1209,15	238,22	5,08	1429,35	253,37	9,20
21/11/2015	29,16	1223,62	234,87	5,21	1409,23	250,42	9,04
22/11/2015	24,25	1058,76	201,36	5,26	1208,18	221,05	7,50
23/11/2015	21,11	946,55	186,40	5,08	1118,39	205,43	6,80
24/11/2015	21,21	984,42	186,48	5,28	1118,89	205,78	6,81
25/11/2015	27,52	1292,04	223,28	5,79	1339,70	240,26	8,50
26/11/2015	29,86	1227,54	239,92	5,12	1439,51	254,85	9,28
27/11/2015	26,12	1212,26	213,67	5,67	1282,02	231,84	8,06
28/11/2015	25,34	1188,74	208,48	5,70	1250,88	227,29	7,82
29/11/2015	23,61	921,35	197,27	4,67	1183,62	217,46	7,31
30/11/2015	23,86	1122,88	198,83	5,65	1192,97	218,83	7,38
01/12/2015	23,95	1074,94	199,39	5,39	1196,37	219,32	7,41
02/12/2015	23,06	1018,57	193,79	5,26	1162,74	214,40	7,15
03/12/2015	23,45	1006,86	196,21	5,13	1177,26	216,53	7,26
04/12/2015	23,87	1024,68	198,88	5,15	1193,29	218,87	7,38
05/12/2015	24,47	968,12	202,78	4,77	1216,71	222,30	7,56
06/12/2015	26,19	1139,40	214,16	5,32	1284,97	232,27	8,08
07/12/2015	27,06	1115,19	220,10	5,07	1320,62	237,47	8,35
08/12/2015	26,64	1014,79	217,23	4,67	1303,36	234,96	8,22

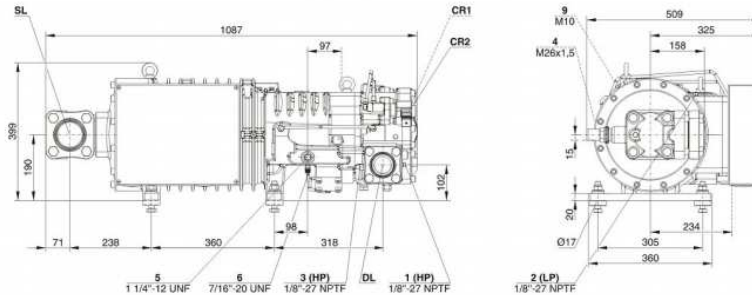
09/12/2015	25,50	970,54	209,53	4,63	1257,21	228,22	7,87
10/12/2015	25,51	982,20	209,57	4,69	1257,42	228,25	7,87
11/12/2015	24,60	995,70	203,63	4,89	1221,79	223,04	7,60
12/12/2015	25,04	1052,27	206,50	5,10	1239,01	225,56	7,73
13/12/2015	24,43	1165,09	202,50	5,75	1215,03	222,05	7,55
14/12/2015	23,22	1022,83	194,75	5,25	1168,48	215,24	7,20
15/12/2015	24,65	1144,22	203,96	5,61	1223,76	223,33	7,61
16/12/2015	26,28	1171,68	214,78	5,46	1288,67	232,81	8,11
17/12/2015	25,53	1120,09	209,74	5,34	1258,41	228,39	7,88
18/12/2015	24,89	1146,05	205,50	5,58	1232,97	224,68	7,68
19/12/2015	24,99	1087,15	206,18	5,27	1237,05	225,27	7,71
20/12/2015	25,64	1202,54	210,48	5,71	1262,88	229,04	7,91
21/12/2015	25,68	1151,23	210,70	5,46	1264,23	229,24	7,92
22/12/2015	24,57	1024,28	203,41	5,04	1220,47	222,85	7,59
23/12/2015	25,08	992,99	206,73	4,80	1240,36	225,76	7,74
24/12/2015	24,69	1011,17	204,20	4,95	1225,18	223,54	7,62
28/12/2015	25,07	1024,29	206,66	4,96	1239,96	225,70	7,74
29/12/2015	25,49	1052,95	209,48	5,03	1256,87	228,17	7,86
30/12/2015	23,16	961,46	194,41	4,95	1166,46	214,95	7,18
31/12/2015	17,58	597,00	184,23	3,24	1105,41	193,43	6,61

## ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR:



### Datos técnicos: HSK7471-90

#### Dimensiones y conexiones



#### Datos técnicos

##### Informaciones técnicas

Volumen desplazado (2900 RPM 50Hz)	250 m <sup>3</sup> /h
Volumen desplazado (3500 RPM 60Hz)	302 m <sup>3</sup> /h
Peso	336 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 28 bar
Conexión línea aspiración	76 mm - 3 1/8"
Conexión línea descarga	54 mm - 2 1/8"
Adaptador/ Válvula de cierre para ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Adaptador para inyección de líquido	16 mm - 5/8" (Option)
Tipo de aceite R22	B150SH, B100 (Option)
Aceite para	BSE170 (Option)
R134a/R404A/R507A/R407A/R407F/R448A/R449A	

##### Informaciones motor

Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-415V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	162.0 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	423.0 A D / 686.0 A DD
Potencia máx. absorbida	92,0 kW

##### Estándar de entrega

Sensor de temperatura del gas comprimido	Standard
Arranque en vacío	Standard
Control de caudal de aceite	SE-B2 (Standard)
Protección motor	SE-E1 (Standard), SE-E3 (Standard for 660-690V)
Válvula de aspiración	Standard
Regulación de capacidad	100-75-50% (Standard)
Clase de protección	IP54

##### Opciones disponibles

Válvula de descarga	Option
Conexión ECO con válvula de cierre	Option
Protección motor	SE-C1 (Option)

##### Nivel sonoro medido

Potencia sonora (-10°C / 45°C)	87,0 dB(A)
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	79,0 dB(A)



## ANEXO 6. PROPIEDADES DEL AIRE:

Tabla 4.4.1: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^{-5}$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^{-3}$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
-150	2.867	0.982	8.64	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.965	11.90	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.975	12.49	6.482	16.62	8.842	0.7330
-80	1.828	0.983	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.990	13.64	7.850	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.995	14.20	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.7440
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.30	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.80	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255
45	1.110	1.007	19.41	17.49	26.99	24.16	0.7241
50	1.092	1.007	19.63	17.97	27.35	24.87	0.7228
55	1.076	1.007	19.86	18.46	27.72	25.59	0.7215
60	1.060	1.007	20.08	18.95	28.08	26.31	0.7202
65	1.044	1.007	20.30	19.45	28.45	27.05	0.7190
70	1.029	1.007	20.52	19.95	28.81	27.79	0.7177
75	1.014	1.008	20.74	20.45	29.17	28.55	0.7166





## ANEXO 7. PRECIO VENTA ENERGÍA ELÉCTRICA:

	Incremento SH en 1 día	Incremento fogging en 1 día	Incremento compresión 1 día	
Fecha	Energía Eléctrica (MWh)	Energía Eléctrica (MWh)	Energía Eléctrica (MWh)	Precio Electricidad(€/MWh)
01/01/2015	5,30	5,60	5,85	46,70
02/01/2015	5,11	5,40	6,22	54,32
03/01/2015	5,56	5,86	6,89	53,77
04/01/2015	5,15	5,43	7,17	45,76
05/01/2015	4,86	5,13	7,59	59,78
06/01/2015	5,31	5,61	7,60	53,42
07/01/2015	5,30	5,60	7,92	64,40
08/01/2015	5,25	5,54	8,06	65,72
09/01/2015	5,03	5,31	8,40	63,60
10/01/2015	4,93	5,20	8,51	56,75
11/01/2015	5,36	5,66	8,70	46,52
12/01/2015	5,71	6,03	8,79	58,20
13/01/2015	5,79	6,11	9,73	56,88
14/01/2015	5,35	5,65	9,85	61,50
15/01/2015	5,15	5,44	10,49	47,66
16/01/2015	6,09	6,42	10,54	52,64
17/01/2015	5,12	5,40	10,88	46,61
18/01/2015	4,28	4,52	11,00	42,80
19/01/2015	4,35	4,59	11,06	52,17
20/01/2015	4,23	4,47	11,23	60,57
21/01/2015	5,05	5,33	11,35	52,12
22/01/2015	4,73	4,99	11,67	50,64
23/01/2015	4,83	5,10	11,80	53,65
24/01/2015	5,57	5,88	13,57	46,94
25/01/2015	4,86	5,13	15,83	40,69
26/01/2015	5,85	6,17	16,84	57,59
27/01/2015	5,76	6,08	22,11	55,58
28/01/2015	6,58	6,95	22,11	57,45
29/01/2015	5,31	5,60	22,11	44,35
02/02/2015	2,79	4,36	2,79	48,26
03/02/2015	3,57	3,77	4,72	43,39
04/02/2015	4,36	4,60	4,85	39,52
05/02/2015	4,40	4,65	7,09	42,65
06/02/2015	5,00	5,28	7,16	46,12
07/02/2015	4,16	4,39	7,54	53,09
08/02/2015	4,29	4,53	8,95	40,22

09/02/2015	4,45	4,70	9,32	51,60
10/02/2015	4,73	4,99	9,32	60,21
11/02/2015	4,89	5,17	9,53	63,70
12/02/2015	4,99	5,27	9,58	65,34
13/02/2015	4,66	4,92	10,30	51,47
14/02/2015	6,04	6,37	10,51	39,02
15/02/2015	5,95	6,29	11,79	28,90
16/02/2015	5,78	6,10	11,91	51,23
17/02/2015	5,77	6,09	12,84	39,83
18/02/2015	5,52	5,83	11,83	45,82
19/02/2015	5,09	5,38	9,74	56,27
20/02/2015	4,89	5,16	8,25	52,01
21/02/2015	5,96	6,29	10,01	35,40
22/02/2015	6,46	6,82	13,28	16,35
23/02/2015	6,76	7,14	19,93	29,65
24/02/2015	5,58	5,89	13,60	26,18
25/02/2015	5,85	6,18	15,12	34,02
26/02/2015	6,24	6,59	18,94	40,50
27/02/2015	5,82	6,15	16,09	39,64
28/02/2015	4,89	5,16	12,14	34,99
01/03/2015	5,36	5,66	17,68	25,80
02/03/2015	8,09	8,54	22,11	42,73
05/03/2015	5,69	6,01	8,66	26,50
06/03/2015	5,40	5,70	12,64	47,91
07/03/2015	5,65	5,97	11,59	45,49
08/03/2015	6,00	6,33	10,98	37,60
09/03/2015	5,51	5,81	13,08	46,28
10/03/2015	5,60	5,91	12,26	53,50
11/03/2015	6,77	7,15	15,08	48,50
12/03/2015	6,21	6,56	16,72	46,60
13/03/2015	5,66	5,98	15,15	41,82
14/03/2015	5,66	5,98	13,66	40,81
15/03/2015	4,50	4,75	11,97	41,30
16/03/2015	4,45	4,70	11,17	54,16
17/03/2015	4,22	4,46	10,07	46,59
18/03/2015	4,48	4,73	13,82	46,70
19/03/2015	4,29	4,53	13,07	38,56
20/03/2015	4,38	4,62	12,49	39,11
21/03/2015	5,12	5,41	15,37	43,31
22/03/2015	6,32	6,67	11,89	40,53
23/03/2015	5,69	6,01	11,88	53,39
24/03/2015	6,42	6,78	13,65	45,91
25/03/2015	5,60	5,91	13,58	42,55
26/03/2015	5,22	5,51	17,00	45,08

27/03/2015	5,54	5,85	22,11	45,82
28/03/2015	5,07	5,35	22,11	44,07
29/03/2015	6,25	6,60	22,11	30,97
30/03/2015	8,39	8,85	22,11	41,71
31/03/2015	10,14	10,70	22,11	43,50
01/04/2015	9,01	9,51	22,11	29,87
02/04/2015	8,88	9,38	22,11	37,72
03/04/2015	8,95	9,44	22,11	35,82
04/04/2015	7,76	8,19	22,11	25,37
05/04/2015	6,02	6,36	22,11	23,62
06/04/2015	5,44	5,75	22,11	37,58
07/04/2015	5,13	5,42	22,11	44,51
08/04/2015	5,67	5,99	22,11	41,47
09/04/2015	5,76	6,08	22,11	51,32
10/04/2015	5,03	5,31	22,11	56,10
11/04/2015	5,62	5,93	22,11	49,83
12/04/2015	6,81	7,19	22,11	33,26
13/04/2015	6,26	6,61	22,11	47,15
14/04/2015	6,20	6,54	22,11	43,01
15/04/2015	6,21	6,55	22,11	48,95
16/04/2015	6,18	6,52	22,11	50,91
17/04/2015	5,87	6,20	22,11	56,30
18/04/2015	5,71	6,02	22,11	48,12
19/04/2015	5,62	5,93	22,11	40,74
20/04/2015	5,95	6,28	22,11	55,29
21/04/2015	7,89	8,33	22,11	48,42
22/04/2015	9,35	9,87	22,11	49,49
23/04/2015	6,48	6,84	22,11	61,63
24/04/2015	6,99	7,38	22,11	56,22
25/04/2015	9,80	10,34	22,11	44,27
26/04/2015	6,94	7,33	22,11	31,60
27/04/2015	6,44	6,79	22,11	43,02
01/05/2015	8,72	9,20	22,11	38,81
02/05/2015	7,82	8,25	22,11	40,39
03/05/2015	6,17	6,51	22,11	38,41
04/05/2015	6,27	6,62	22,11	44,89
05/05/2015	7,06	7,45	22,11	44,33
06/05/2015	5,95	6,28	22,11	59,78
07/05/2015	5,29	5,58	22,11	49,46
08/05/2015	4,97	5,25	22,11	38,35
09/05/2015	6,54	6,90	22,11	52,80
10/05/2015	4,27	4,51	22,11	42,10
11/05/2015	4,79	5,06	22,11	52,39
12/05/2015	7,33	7,74	22,11	52,64

13/05/2015	9,47	10,00	22,11	48,98
14/05/2015	12,07	12,74	22,11	44,68
15/05/2015	11,11	11,73	22,11	43,28
16/05/2015	5,51	5,82	22,11	34,01
17/05/2015	6,75	7,12	22,11	29,36
18/05/2015	6,03	6,36	22,11	51,82
19/05/2015	7,16	7,56	22,11	42,19
20/05/2015	7,77	8,20	22,11	45,93
21/05/2015	6,50	6,86	22,11	43,68
22/05/2015	8,52	9,00	22,11	44,21
23/05/2015	8,42	8,88	22,11	34,38
24/05/2015	7,72	8,15	22,11	31,64
25/05/2015	7,98	8,42	22,11	48,23
04/06/2015	9,03	9,53	22,11	56,41
05/06/2015	7,30	7,71	22,11	55,77
06/06/2015	6,63	7,00	22,11	48,44
20/06/2015	7,71	8,14	22,11	46,13
21/06/2015	6,36	6,72	22,11	47,35
22/06/2015	6,16	6,50	22,11	60,77
23/06/2015	6,40	6,76	22,11	58,54
24/06/2015	7,26	7,67	22,11	59,46
25/06/2015	9,89	10,43	22,11	60,94
26/06/2015	6,68	7,05	22,11	62,51
27/06/2015	8,87	9,36	22,11	56,04
28/06/2015	7,48	7,89	22,11	49,56
29/06/2015	6,57	6,94	22,11	58,98
30/06/2015	7,97	8,41	22,11	59,02
01/07/2015	6,20	6,54	22,11	59,47
02/07/2015	5,44	5,74	22,11	63,98
03/07/2015	8,10	8,55	22,11	60,18
04/07/2015	9,15	9,66	22,11	56,61
05/07/2015	8,23	8,69	22,11	50,30
06/07/2015	8,33	8,79	22,11	59,48
07/07/2015	8,49	8,96	22,11	61,06
08/07/2015	8,71	9,19	22,11	59,26
09/07/2015	7,48	7,89	22,11	59,73
10/07/2015	11,53	12,17	22,11	62,95
11/07/2015	10,72	11,32	22,11	55,93
12/07/2015	6,98	7,36	22,11	52,43
13/07/2015	6,21	6,56	22,11	62,51
14/07/2015	10,55	11,14	22,11	60,42
15/07/2015	7,54	7,96	22,11	61,59
16/07/2015	7,48	7,90	22,11	64,25
17/07/2015	8,75	9,24	22,11	63,49

18/07/2015	10,74	11,34	22,11	61,93
19/07/2015	8,75	9,23	22,11	56,23
20/07/2015	12,85	13,56	22,11	63,87
21/07/2015	9,87	10,42	22,11	65,25
22/07/2015	9,65	10,19	22,11	64,03
23/07/2015	10,32	10,90	22,11	64,50
24/07/2015	11,50	12,14	22,11	59,71
25/07/2015	10,21	10,78	22,11	51,58
26/07/2015	10,64	11,23	22,11	49,39
27/07/2015	11,13	11,75	22,11	60,65
28/07/2015	9,80	10,35	22,11	62,74
29/07/2015	8,05	8,50	22,11	60,47
30/07/2015	8,13	8,58	22,11	56,33
31/07/2015	12,85	13,57	22,11	55,64
01/08/2015	12,03	12,70	22,11	53,47
02/08/2015	10,89	11,49	22,11	45,79
03/08/2015	7,69	8,11	22,11	61,34
04/08/2015	7,50	7,92	22,11	61,71
05/08/2015	11,91	12,57	22,11	61,44
06/08/2015	8,35	8,81	22,11	62,49
07/08/2015	10,86	11,46	22,11	62,83
08/08/2015	7,43	7,84	22,11	54,93
09/08/2015	6,25	6,59	22,11	46,46
10/08/2015	10,49	11,07	22,11	60,28
11/08/2015	10,16	10,73	22,11	62,11
12/08/2015	9,94	10,49	22,11	59,50
13/08/2015	7,71	8,14	22,11	52,27
14/08/2015	7,84	8,28	22,11	55,22
15/08/2015	7,86	8,30	22,11	49,14
16/08/2015	8,41	8,87	22,11	52,05
17/08/2015	6,28	6,63	22,11	60,01
18/08/2015	8,27	8,73	22,11	55,93
19/08/2015	7,38	7,79	22,11	57,34
20/08/2015	8,35	8,81	22,11	57,73
21/08/2015	10,22	10,79	22,11	61,87
22/08/2015	6,24	6,59	22,11	53,87
23/08/2015	6,93	7,32	22,11	32,68
24/08/2015	6,01	6,34	22,11	53,01
25/08/2015	6,77	7,15	22,11	60,41
26/08/2015	9,76	10,31	22,11	54,95
27/08/2015	10,16	10,72	22,11	51,28
28/08/2015	6,36	6,71	22,11	60,31
29/08/2015	10,07	10,63	22,11	52,40
30/08/2015	8,38	8,85	22,11	46,82

01/09/2015	6,73	7,11	22,11	57,97
02/09/2015	7,91	8,35	22,11	58,19
03/09/2015	7,68	8,10	22,11	54,74
04/09/2015	9,19	9,70	22,11	54,79
05/09/2015	9,61	10,14	22,11	51,89
06/09/2015	7,49	7,90	22,11	51,07
07/09/2015	8,98	9,47	22,11	59,04
08/09/2015	9,80	10,35	22,11	61,28
09/09/2015	8,86	9,36	22,11	60,97
10/09/2015	8,70	9,18	22,11	59,65
11/09/2015	8,49	8,96	22,11	55,70
12/09/2015	10,24	10,80	22,11	51,63
13/09/2015	11,33	11,96	22,11	35,92
14/09/2015	8,29	8,75	22,11	49,66
15/09/2015	7,49	7,91	22,11	46,95
16/09/2015	5,75	6,06	22,11	34,66
17/09/2015	7,40	7,81	22,11	48,24
18/09/2015	9,27	9,78	22,11	53,85
19/09/2015	11,19	11,81	22,11	47,30
20/09/2015	10,74	11,34	22,11	46,22
21/09/2015	8,84	9,33	22,11	54,52
22/09/2015	6,08	6,41	22,11	48,81
23/09/2015	6,02	6,36	22,11	49,83
24/09/2015	8,90	9,40	22,11	52,49
25/09/2015	8,84	9,33	22,11	52,37
26/09/2015	7,24	7,64	22,11	50,82
27/09/2015	7,09	7,48	22,11	46,09
28/09/2015	6,56	6,92	22,11	51,44
29/09/2015	7,44	7,85	22,11	54,25
30/09/2015	6,76	7,14	22,11	56,01
01/10/2015	8,55	9,03	22,11	57,38
02/10/2015	6,96	7,35	22,11	57,59
03/10/2015	5,93	6,26	22,11	50,40
04/10/2015	6,15	6,50	22,11	37,64
05/10/2015	7,39	7,80	22,11	41,30
06/10/2015	6,74	7,11	22,11	44,53
07/10/2015	3,76	3,97	22,11	58,88
08/10/2015	5,37	5,67	22,11	56,60
09/10/2015	8,37	8,83	22,11	56,02
10/10/2015	8,02	8,46	22,11	48,57
11/10/2015	6,62	6,99	22,11	47,02
12/10/2015	8,48	8,95	22,11	47,93
13/10/2015	8,77	9,26	22,11	50,07
14/10/2015	9,24	9,75	22,11	49,74

15/10/2015	8,21	8,67	22,11	54,28
16/10/2015	7,62	8,05	22,11	58,00
17/10/2015	5,25	5,54	22,11	45,52
18/10/2015	8,45	8,92	22,11	49,46
19/10/2015	7,92	8,36	22,11	54,84
20/10/2015	7,54	7,96	22,11	47,24
21/10/2015	6,65	7,02	22,11	48,88
22/10/2015	4,90	5,17	22,11	51,42
23/10/2015	6,58	6,94	22,11	56,76
24/10/2015	5,75	6,07	22,11	50,96
25/10/2015	6,27	6,62	22,11	44,26
26/10/2015	6,93	7,32	22,11	49,10
27/10/2015	7,10	7,50	22,11	47,19
28/10/2015	6,21	6,56	22,11	42,94
29/10/2015	5,24	5,53	22,11	50,16
30/10/2015	6,20	6,54	22,11	46,77
31/10/2015	5,81	6,13	22,11	45,54
01/11/2015	8,51	8,98	22,11	32,40
02/11/2015	9,66	10,20	22,11	44,71
03/11/2015	8,78	9,27	22,11	47,82
04/11/2015	9,80	10,35	22,11	50,05
05/11/2015	7,19	7,59	22,11	49,42
06/11/2015	7,47	7,89	22,11	53,43
07/11/2015	8,78	9,27	22,11	50,44
08/11/2015	6,92	7,31	22,11	40,45
09/11/2015	5,14	5,43	22,11	58,19
10/11/2015	5,21	5,50	22,11	59,44
11/11/2015	5,44	5,75	22,11	59,85
12/11/2015	8,86	9,35	22,11	60,15
13/11/2015	5,37	5,67	22,11	55,11
14/11/2015	5,30	5,59	22,11	50,23
15/11/2015	5,14	5,42	22,11	48,00
16/11/2015	5,56	5,87	22,11	56,83
17/11/2015	7,10	7,49	22,11	56,36
18/11/2015	6,86	7,24	22,11	58,14
19/11/2015	7,36	7,77	22,11	58,16
20/11/2015	8,14	8,59	22,11	49,53
21/11/2015	7,51	7,93	22,11	28,43
22/11/2015	6,66	7,03	22,11	38,31
23/11/2015	5,50	5,80	20,80	58,52
24/11/2015	5,03	5,31	20,95	59,62
25/11/2015	5,07	5,35	22,11	50,92
26/11/2015	8,01	8,46	22,11	50,03
27/11/2015	5,38	5,68	22,11	54,60

28/11/2015	5,22	5,51	22,11	47,05
29/11/2015	8,55	9,02	22,11	49,45
30/11/2015	5,31	5,61	22,11	60,32
01/12/2015	6,18	6,52	22,11	65,36
02/12/2015	6,54	6,90	22,11	66,41
03/12/2015	6,99	7,38	22,11	61,91
04/12/2015	6,97	7,36	22,11	64,23
05/12/2015	8,35	8,81	22,11	59,77
06/12/2015	6,67	7,04	22,11	50,34
07/12/2015	7,73	8,16	22,11	47,47
08/12/2015	9,13	9,64	22,11	53,83
09/12/2015	9,04	9,54	22,11	60,23
10/12/2015	8,85	9,34	22,11	64,02
11/12/2015	7,97	8,41	22,11	62,80
12/12/2015	7,32	7,73	22,11	60,48
13/12/2015	4,99	5,27	22,11	47,10
14/12/2015	6,56	6,93	22,11	52,20
15/12/2015	5,49	5,80	22,11	50,24
16/12/2015	6,19	6,53	22,11	55,66
17/12/2015	6,52	6,88	22,11	55,73
18/12/2015	5,63	5,94	22,11	55,85
19/12/2015	6,69	7,07	22,11	47,61
20/12/2015	5,20	5,49	22,11	45,83
21/12/2015	6,09	6,43	22,11	56,86
22/12/2015	7,46	7,88	22,11	55,01
23/12/2015	8,35	8,82	22,11	57,07
24/12/2015	7,77	8,20	22,11	48,42
28/12/2015	7,81	8,25	22,11	45,33
29/12/2015	7,63	8,05	22,11	41,94
30/12/2015	7,56	7,98	22,11	28,47
31/12/2015	5,71	6,03	15,60	35,62



## ANEXO 8. VALORES OBTENIDOS VIABILIDAD ECONOMICA:

GD (€) = gastos directos = consumo agua, electricidad etc...

$$GI (\text{€}) = \sum \text{amortizaciones}$$

$$GT (\text{€}) = GD + GI$$

Ingresos (€) = Energía eléctrica generada + energía de gas natural ahorrada

$$Bb(\text{€}) = \text{Ingresos} - \text{Gastos}$$

$$Bn (\text{€}) = Bb - Bb \times 0,25$$

I0= coste maquinaria (€)

$$Fc = Bn + \text{Amortizaciones}$$

$$Ir = \frac{In}{IPC}$$

$$VAN = -I0 + \frac{\sum_1^{10} FCn}{(1 + ir)^n}$$

$$Pr = \frac{I0}{Fc_{promedio}}$$

$$0 = -I0 + \frac{\sum_1^{10} FCn}{(1 + ir)^n}$$

-Sistema de enfriamiento superficie húmeda:

Coste de Mantenimiento €/año)	Consumo energético (€/año)	Consumo agua (€/año)	Energía eléctrica generada (€/año)	Consumo adicional de gas (€/año)	Ahorro de gas natural (€/año)	Coste de la maquinaria (€)
600	272 €	5.164 €	118.548 €	116.738 €	41.353	90.000 €

IPC	0,023
In	0,028
Ir	0,0122

I0	90.000 €
----	----------

Año	Gastos (€)	Ingresos (€)	Beneficio Bruto (€)	Beneficio Neto (€)	Flujo de caja (€)	VAN (€)	Periodo de retorno (años)
1	134.791	163.579	28.788	21.591	30.591 €	218.588	2,73
2	137.877	167.341	29.464	22.098	31.098 €		
3	141.034	171.190	30.155	22.617	31.617 €		
4	144.264	175.127	30.863	23.147	32.147 €		
5	147.569	179.155	31.586	23.690	32.690 €		
6	150.949	183.276	32.327	24.245	33.245 €		
7	154.407	187.491	33.084	24.813	33.813 €		
8	157.944	191.803	33.859	25.394	34.394 €		
9	161.563	196.215	34.651	25.988	34.988 €		
10	165.265	200.728	35.462	26.597	35.597 €		
Promedio	149.566	181.590	32.024	24.018	33.018		

ir	TIR
0,1	20.027
0,11	11.481
0,12	3.481
0,13	-4.018
0,14	-11.054
0,15	-17.661

-Sistema fogging:

Coste de mantenimiento (€/año)	Consumo energético (€/año)	Consumo agua (€/año)	Energía eléctrica generada (€/año)	Consumo adicional de gas (€/año)	Ahorro de gas natural (€/año)	Coste de la maquinaria (€)
300	952 €	5.164 €	125.202 €	123.294 €	43.675 €	85.000 €

IPC	0,023
In	0,028
Ir	0,0122

I0	85.000 €
----	----------

Año	Gastos (€)	Ingresos (€)	Beneficio Bruto (€)	Beneficio Neto (€)	Flujo de caja (€)	VAN (€)	Periodo de retorno (años)
1	141.381	172.761	31.380	23.535	32.035 €	238.838	2,45
2	144.626	176.735	32.109	24.081	32.581 €		
3	147.946	180.800	32.854	24.640	33.140 €		
4	151.342	184.958	33.617	25.212	33.712 €		
5	154.816	189.212	34.397	25.797	34.297 €		
6	158.370	193.564	35.195	26.396	34.896 €		
7	162.005	198.016	36.011	27.008	35.508 €		
8	165.724	202.571	36.846	27.635	36.135 €		
9	169.529	207.230	37.701	28.275	36.775 €		
10	173.421	211.996	38.575	28.931	37.431 €		
Promedio	156.916	191.784	34.868	26.151	34.651		

ir	TIR
0,1	19.733
0,11	10.762
0,12	2.362
0,13	-5.510
0,14	-12.896
0,15	-19.832

-Sistema compresión:

Coste de mantenimiento (€/año)	Consumo energético (€/año)	Consumo refrigerante (€/año)	Energía eléctrica generada (€/año)	Consumo adicional de gas (€/año)	Ahorro de gas natural (€/año)	Coste de la maquinaria (€)
2000	4.742 €	123 €	328.454	324.600	114.985	261.490 €

IPC	0,023
In	0,028
Ir	0,0122

IO	261.490 €
----	-----------

Año	Gastos (€)	Ingresos (€)	Beneficio Bruto (€)	Beneficio Neto (€)	Flujo de caja (€)	VAN (€)	Periodo de retorno (años)
1	365.793	453.637	87.844	65.883	92.032 €	667.969	2,63
2	374.160	464.071	89.911	67.433	93.582 €		
3	382.720	474.745	92.025	69.018	95.167 €		
4	391.477	485.664	94.187	70.640	96.789 €		
5	400.435	496.834	96.399	72.300	98.449 €		
6	409.599	508.261	98.663	73.997	100.146 €		
7	418.973	519.951	100.978	75.733	101.882 €		
8	428.564	531.910	103.346	77.510	103.659 €		
9	438.375	544.144	105.769	79.327	105.476 €		
10	448.411	556.659	108.248	81.186	107.335 €		
Promedio	405.851	503.588	97.737	73.303	99.452		

ir	TIR
0,12	53.730
0,13	31.140
0,14	9.945
0,15	-9.961
0,16	-28.674
0,17	-46.283

---

# *PLANOS*

---

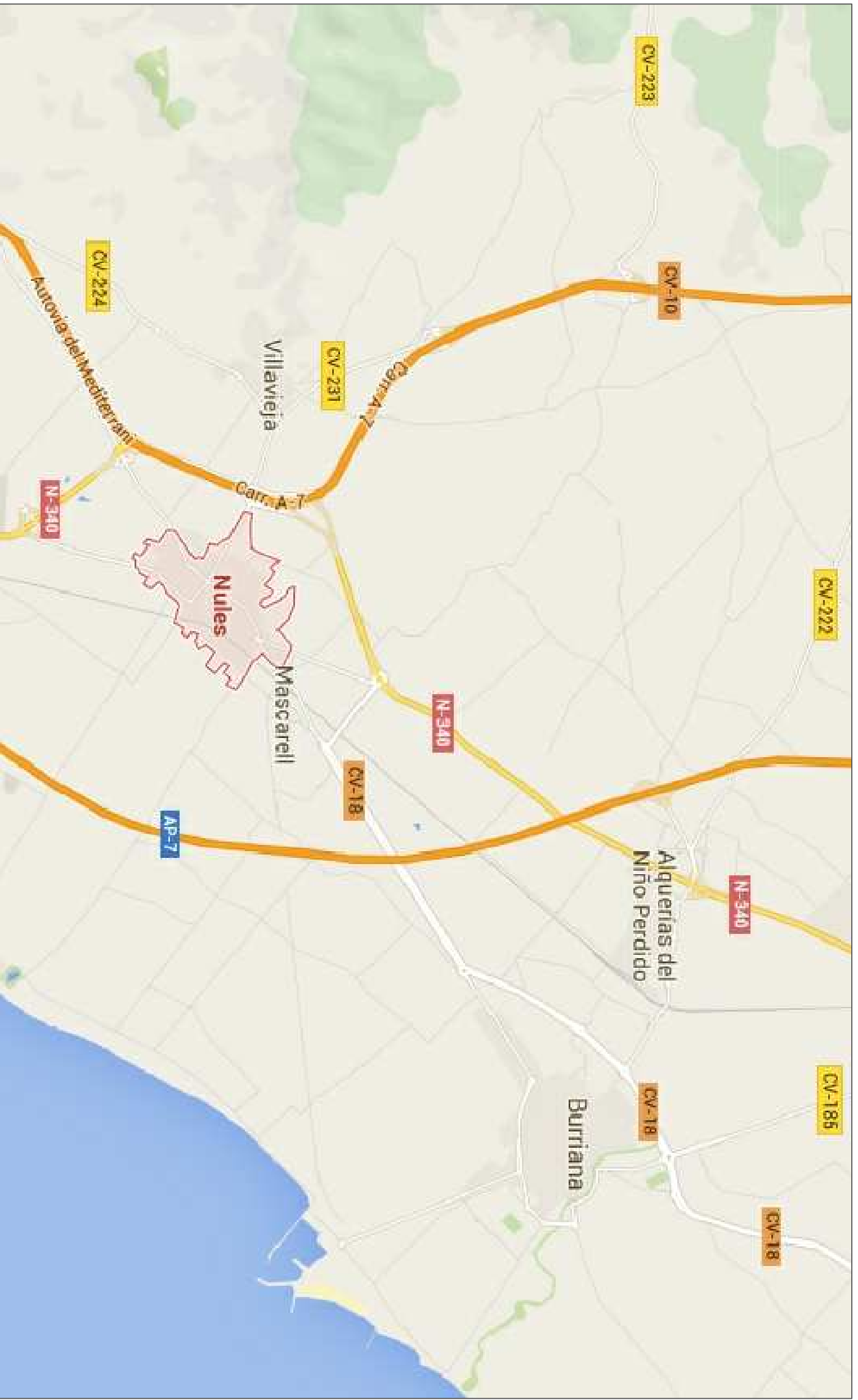



## Índice Planos

<b>Plano 1. Ubicación Nules .....</b>	<b>265</b>
<b>Plano 2. Emplazamiento STN Cerámica .....</b>	<b>267</b>
<b>Plano 3. Referencia Catastral .....</b>	<b>269</b>
<b>Plano 4. Vista aérea STN Cerámica .....</b>	<b>271</b>
<b>Plano 5. Distribución en planta .....</b>	<b>273</b>
<b>Plano 6. Ubicación planta de cogeneración.....</b>	<b>275</b>
<b>Plano 7. Conjunto planta de cogeneración.....</b>	<b>277</b>
<b>Plano 8. Dimensiones planta de cogeneración.....</b>	<b>279</b>
<b>Plano 9. Turbina.....</b>	<b>281</b>
<b>Plano 10. Esquema interno .....</b>	<b>283</b>







Cantidad -	Formato A3	Escala -	Titulo Ubicación Nules	Plano nº 1
	Unid. Dimensional -	Sistema Europeo		
Realizado Por: Vicent Arnau Martí				







GOBIERNO DE ESPAÑA



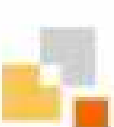
MINISTERIO DE HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS



SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

Sede Electrónica del Catastro



### CARTOGRAFÍA CATASTRAL

Parcela Catastral: 1758901YK4115N

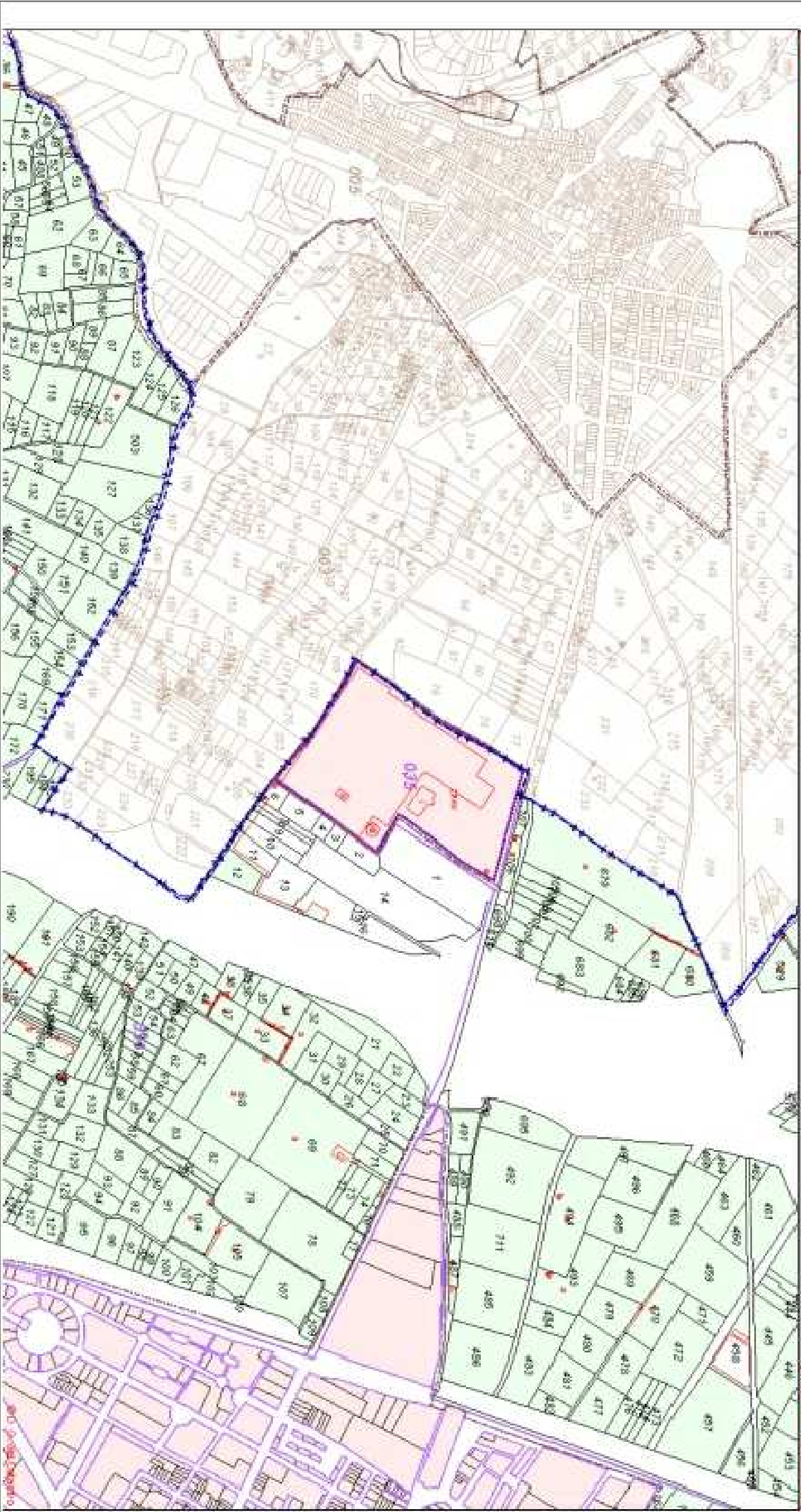
740.488 : 4.416.2561

742.888 : 4.416.2561

Provincia de CASTELLÓN  
Municipio de NULES

Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89

ESCALA 1:10.000



Cantidad	Formato	Escala	Titulo	Plano nº
	A3	-		
-	Unid. Dimensional		Referencia Catastral	3



 Realizado por: Vicent Arnau Martí
 
 Fecha: 26/10/2016



Turbina

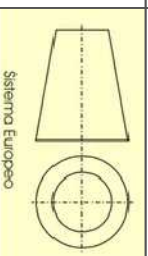
STN cerámica

CV-231

Autovia del Mediterráneo

CV-231


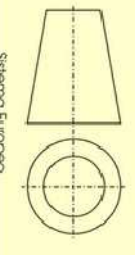

Cantidad	-		Formato	A3	Escala	-	Unid. Dimensional	-	Titulo	Vista Aérea STN Cerámica	Plano nº	4
	Realizado por:	Vicent Arnau Martí		Fecha		26/10/2016						

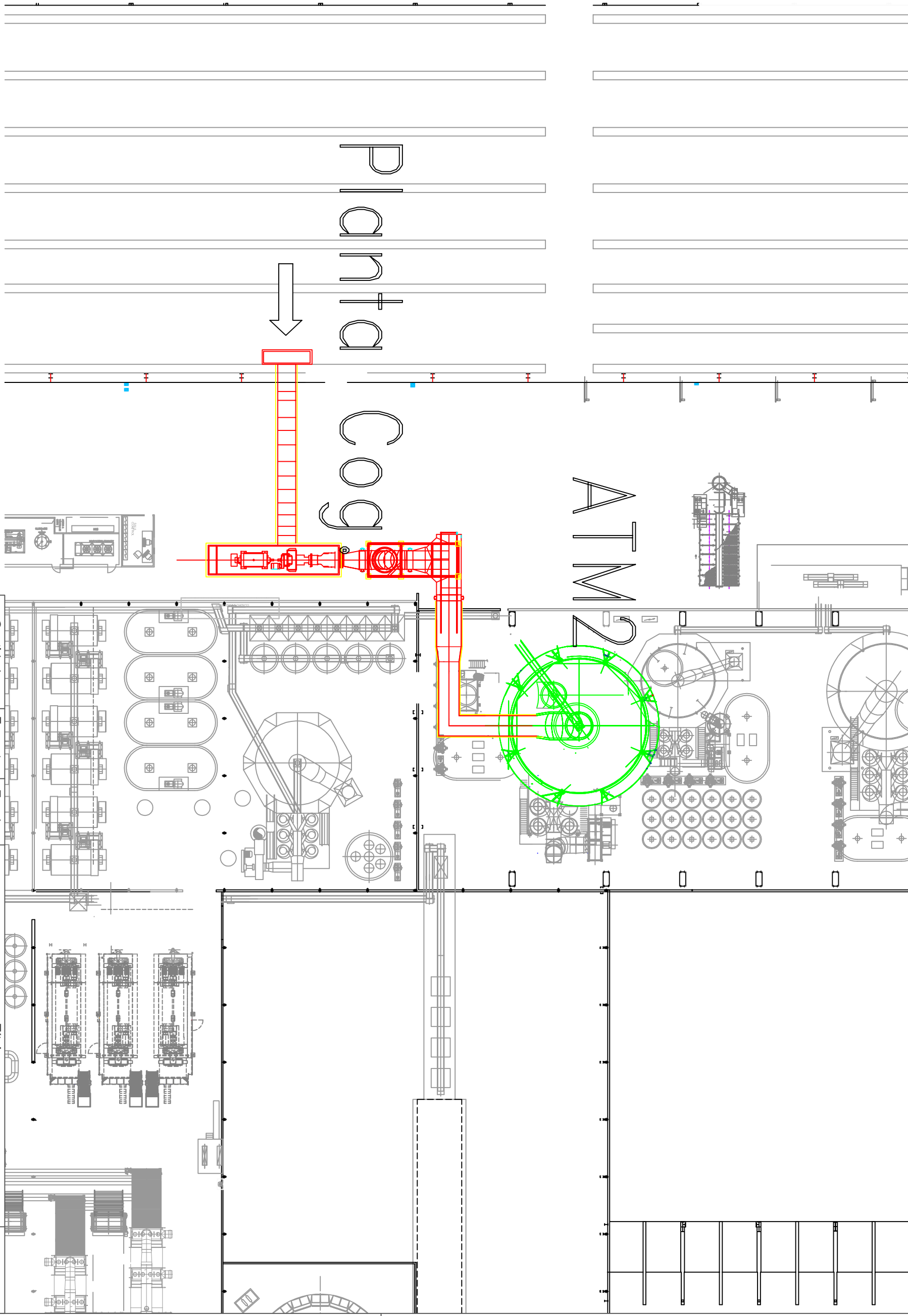


Realizado por: Vicent Arnau Martí

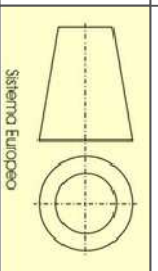
Fecha  
26/10/2016



Cantidad	Formato		Escala	Título	Plano nº
	-	A3			
Unid. Dimensional	mm		Realizado por: Vicent Arnau Mari	Distribución en planta	Fecha
	mm				
					
					26/10/2016



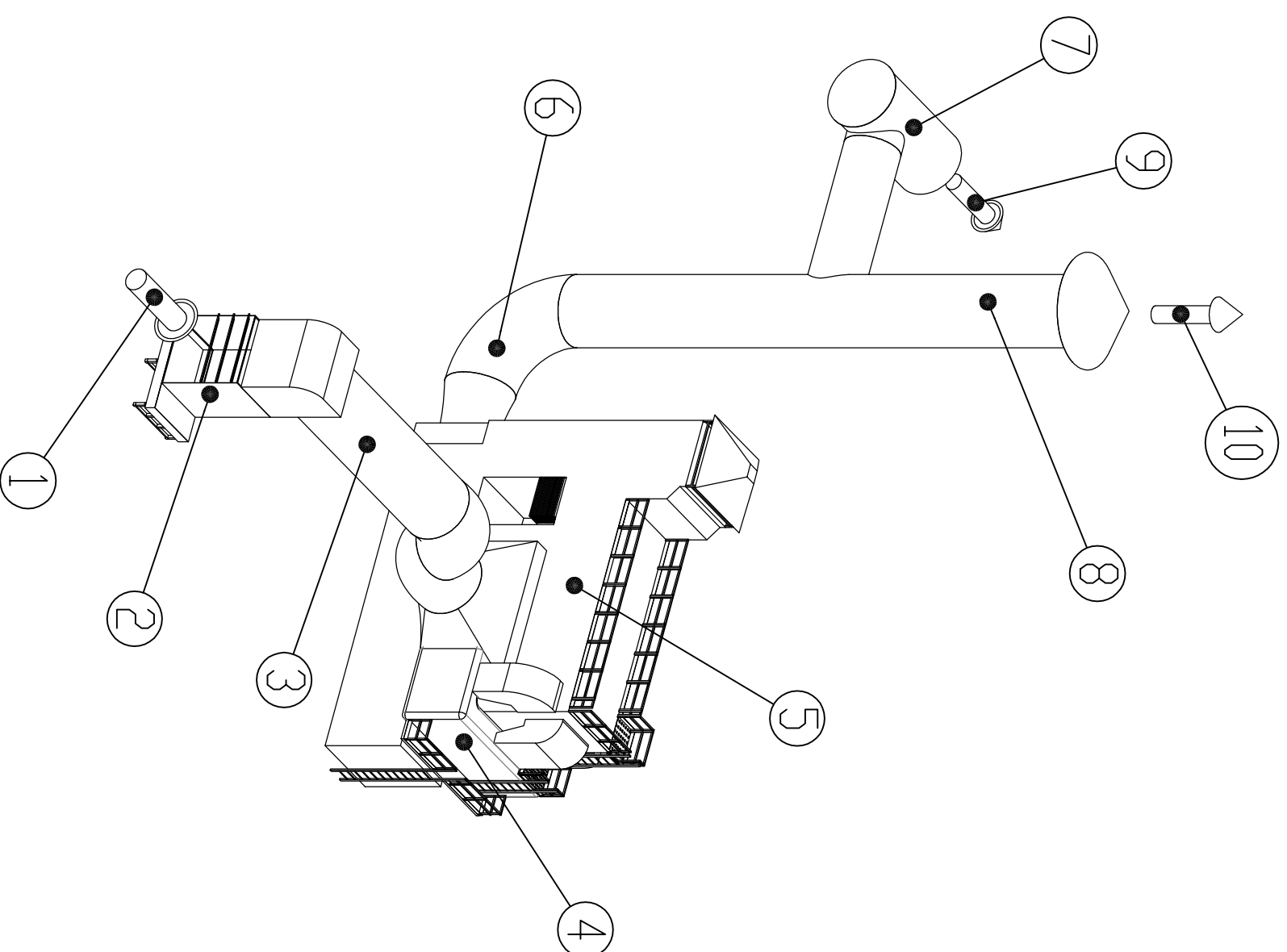
	Cantidad		Formato A3	Escala -	Ubicación planta cogeneración	Titulo 	Plano nº 6
	Unid. Dimensional						






Realizado por: Vicent Arnau Martí

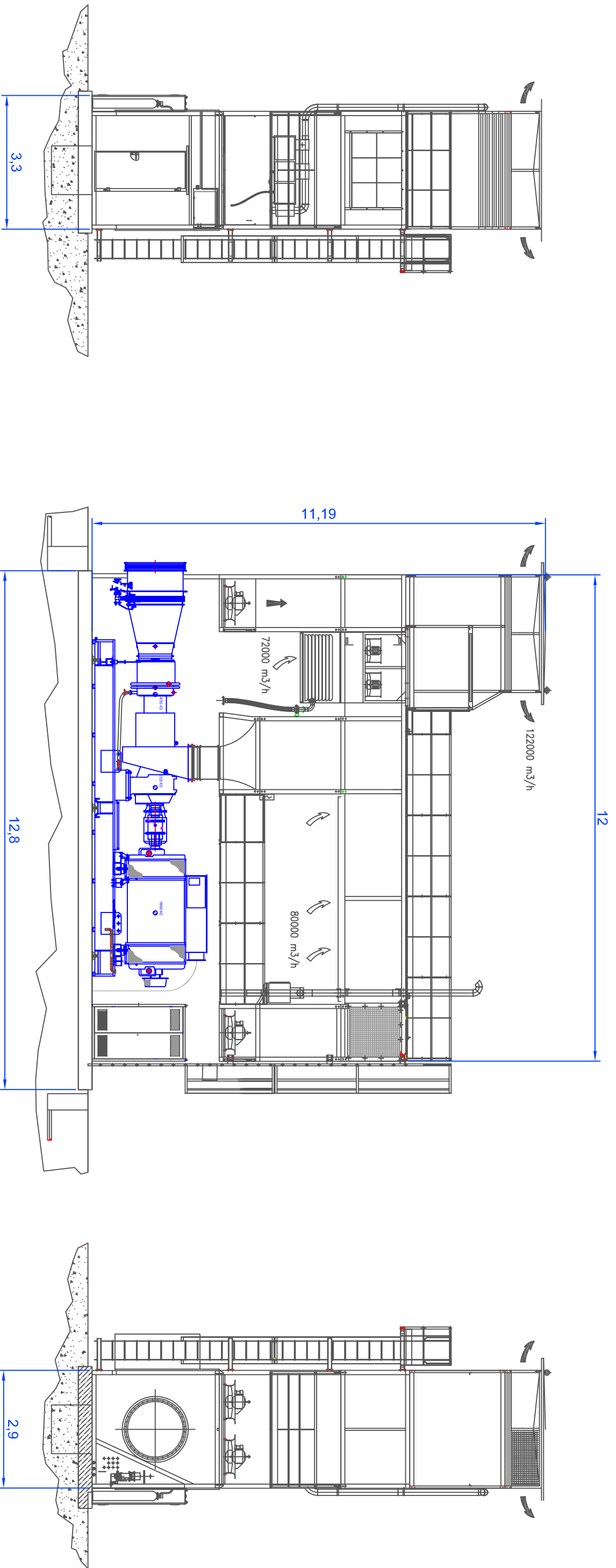


Fecha  
26/10/2016



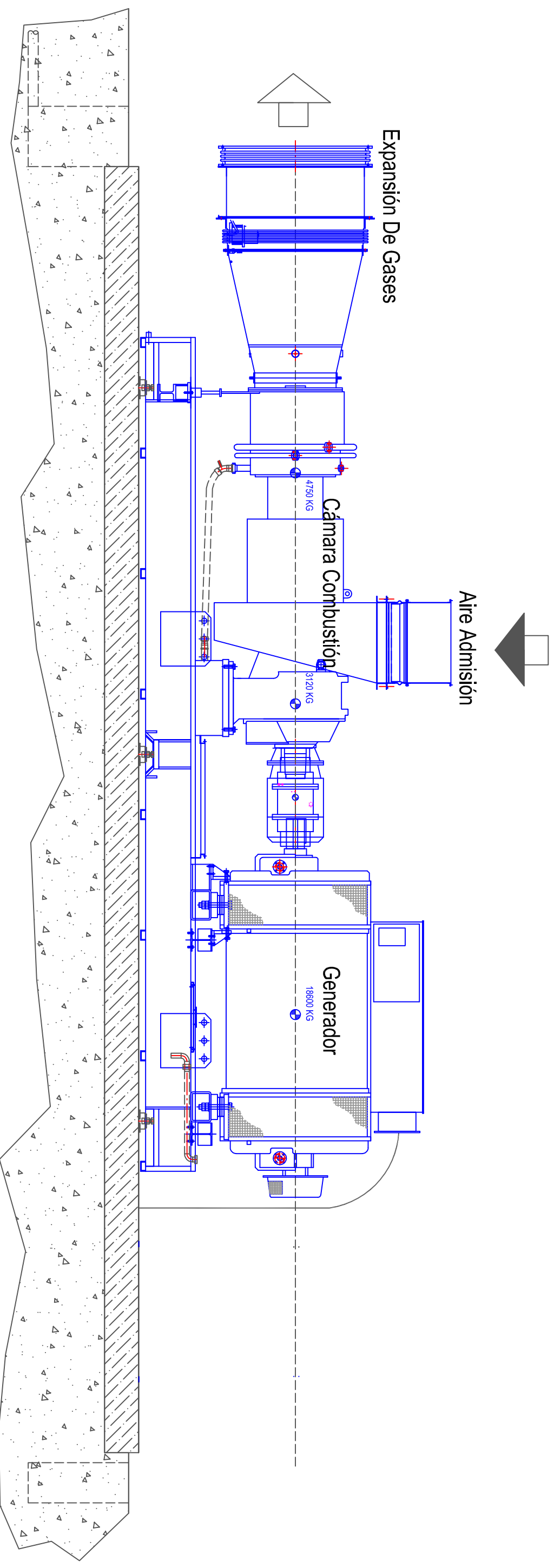
Nº Elemento	Nombre
1	Aire Aspiracion
2	Filtro Admision
3	Conducto Entrada Refrigeracion Propia
4	Carcassa Turbina
5	Salida de Gases Calientes
6	Conducto Atomizador
7	Conducto Emision Ambiente
8	Gases Calientes ATM
9	Gases Calientes ATM
10	Gases Caliente Ambiente


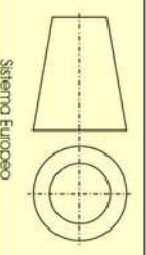
Cantidad	Formato	Escala	Título	Plano nº
-	A3	1:200		
Unid. Dimensional	-		Conjunto Planta de Cogeneracion	7
				Realizado Por: Vicent Arnau Mari
				Fecha
				26/10/2016



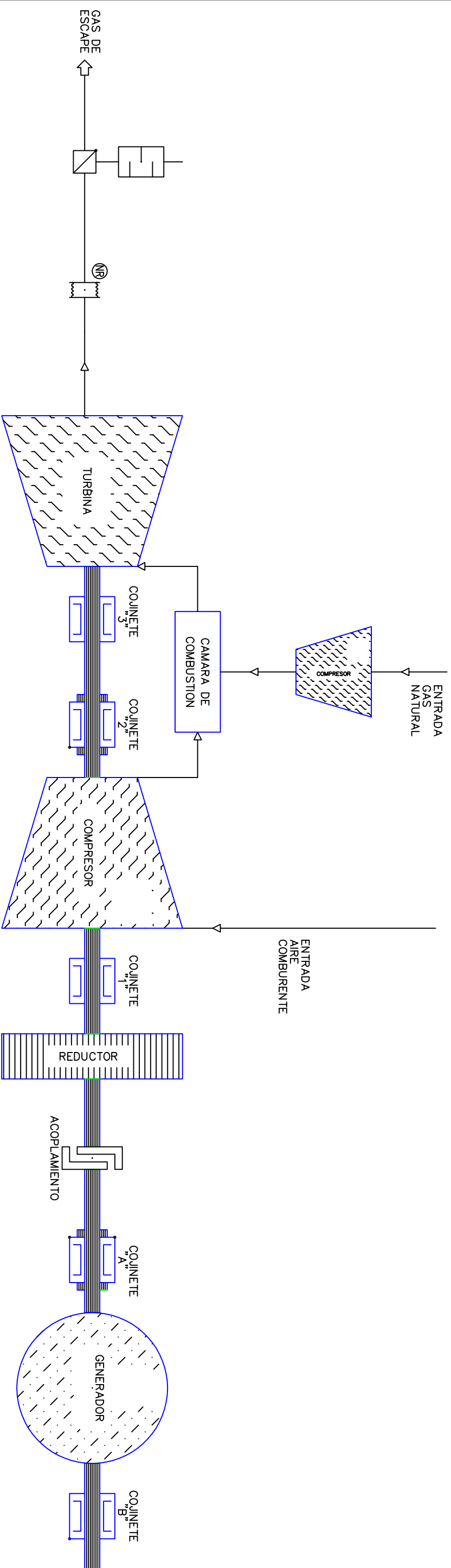
Cantidad	Formato		Escala	Título	Plano nº
	A3	1:250			
-	Unid. Dimensional		1:250	Dimensiones Planta de Cogeneración	8
	m				
					Realizado Por: Vicent Arnau Mari
					Fecha
					26/10/2016



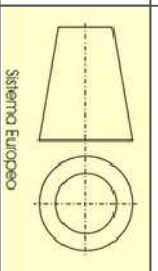


Cantidad 1	Formato A3	Escala -	Título Turbina	Realizado Por: Vicent Arnau Martí		Plano nº 9
	Unid. Dimensional -					





Cantidad	Formato		Escala	Título	Plano n°
	-	A3			
Unid. Dimensional	-		-	Esquema Interno	10
	-				
Realizado Por: Vicent Arnau Marti			Fecha		26/10/2016



Realizado Por: Vicent Arnau Marti

Handwritten signature in blue ink.

Fecha  
26/10/2016

---

# *PLIEGO DE CONDICIONES*

---



## Índice Pliego de Condiciones

1	Pliego de Condiciones: .....	289
---	------------------------------	-----



## 1 PLIEGO DE CONDICIONES:

La producción de energía eléctrica y recuperación de calor simultáneamente, "cogeneración" se ampara en las siguientes disposiciones legales:

- Ley de conservación de la energía. Ley 82/1980 de 30 de Noviembre.
- Orden de 5 de Septiembre de 1.985 donde se establecen para redes eléctricas de centrales hidroeléctricas con potencia nominal no superior a 5.000 kVA y centrales de autogeneración de energía eléctrica.
- Orden de Ministerio de Industria Real Decreto 2818/1998 del 23 de Diciembre de 1998.
- Real Decreto 661/2007 del 25 de Mayo de 2007.
- Orden del Ministerio de Industria RD 54/1997 del 27 de Noviembre de 1997
- Real Decreto 1995/2000 1 de Diciembre de 2000. Autorización de instalaciones eléctricas.

La Ley de conservación de la energía en su capítulo 11 establece para los productores de energía eléctrica, siempre que se produzca ahorro energético, siguientes derechos a los auto-generadores:

- a) Conexión en paralelo de sus grupos con la red de la compañía.
- b) Utilización según su conveniencia de la energía eléctrica propia o bien de la compañía.
- c) Recepción de energía de socorro en caso de avería, o aquella que precise normalmente como complemento.

Venta de sus excedentes de energía eléctrica a la compañía, siempre que sea técnicamente viable.

Las velocidades de la combustión con el aire, debe mantenerse de 30 a 60 m/s.

Es indispensable que se quemé completamente la totalidad del combustible inyectado y se consiga el poder calorífico total.





---

# *PRESUPUESTO*

---



# Índice del Presupuesto

1	Presupuesto: .....	295
---	--------------------	-----



## 1 PRESUPUESTO:

### Especificaciones del Fog-System facilitada por la empresa Humifrio:

Modelo	Ft-3-60-6E
Presión de trabajo	140
Tamaño de gota	14 micras de diámetro
Tipo de nebulizador	Nebulizador de aguja de impacto
Numero de nebulizadores	60
Caudal por nebulizador	10,5 l/h
Máximo consumo de agua	630 l/h
Nº de etapas de dosificación	6

### Instalación Mecánica:

Elemento	Características
Plancha de acero	2x1,5m
Contenedor para filtración	HARMSCO HIF-7
Manómetros	Inoxidable
Caudalímetro	F.3.00.H.22.
Tres bombas	CAT PUMPS

### Instalación Eléctrica:

Elemento	Características
Medidor temperatura y humedad	Hygrotest 600WHT70
Contenedor para filtración	HARMSCO HIF-7
Armario metálico	ELDON de 700 x 500 x 260
Unidad interruptor seccionador	IEC 947
Tres unidades guarda-motor	GV2
Unidad PLC	SIEMENS S7-300
Fuente alimentación	SITOP P5307 2 A
Unidad CPU	CPU 312, 64 Kbit, 1xMPI
Micro Memory Card	64 Kbits 3'3 V NFLASXH

### Instalación Hidráulica:

Elemento	Características
Tres latiguillos	Flexibles
Tres tubos de alimentación	Flexibles de 12x1,2
Sesenta Nebulizadores	Aguja de impacto

### Complementos adicionales al presupuesto de Humifrio:

Elemento	Características
Cable eléctrico 20m	Trifásico de sección 2,5mm
Cincuenta metros tubería	PVC de 50mm

**Desglose de las partes:**

El equipo ira montado sobre una plancha de acero de 2 x 1,5 m para ubicarse junto a la turbina con los siguientes componentes:

- Contenedor para filtración HARMSCO HIF-7 en inoxidable, con cartuchos de filtración a 0.35 micras donde conectará el caudal de agua de alimentación citado
- Manómetros en inoxidable, antes y después del contenedor de filtración nos informarán del estado de los cartuchos.
- Caudalímetro de inserción con turbina de emisión de pulsos FLS Modelo F.3.00.H.22.
- Tres bombas CAT de alta presión (140 bar presión de funcionamiento), con colector, vástagos y válvulas de acero inoxidable (316 AISI) y pistones cerámicos, de los siguientes modelos, potencias, velocidades y caudales:
  - 1 Bomba CAT Modelo 351C con electromotor ABB de transmisión por poleas y correas trapezoidales con protección según Normas CE de 1 CV y consumo de 0.5 kW a 179 rpm Caudal 1.98 l/m
  - 1 Bomba CAT Modelo 351C con electromotor ABB de transmisión por poleas y correas trapezoidales con protección según Normas CE de 2 CV y consumo de 1 kW a 359 rpm Caudal 3.96 l/m
  - 1 Bomba CAT Modelo 351C con electromotor ABB acoplado directamente con brida y protección según Norma CE de 3 CV y consumo de 1.6 kW a 538 rpm Caudal 5.93 l/m
- Cada una de las tres bombas dispone de:
  - Sistema flushing de refrigeración suplementaria
  - Válvula en Inox de corte alimentación con actuador eléctrico
  - Presostato de baja presión a la aspiración
  - Circuito de retorno con válvula de regulación de presión en Inox y manómetro de alta en Inox.
  - Circuito de descarga y amortiguador de pulsaciones CAT con carga de Nitrógeno en Inox.
  - Presostato de alta presión a la impulsión
  - Desagües, valvulería, fijaciones, conexiones eléctricas.

Todos los elementos arriba citados, así como las tuberías y accesorios serán en Inox 316 AISI o materiales sintéticos no atacables por el agua desmineralizada y cumplirán la Normativa CE.

**Hardware de control:**

- Unidad de medición de Temperatura y Humedad relativa con Hygrotest 600WHT70 de TESTO, salidas 4- 20 mA.
- Armario metálico ELDON de 700 x 500 x 260 en chapa de acero de 1.5 mm pintado con cierre DIN instalado en estructura metálica sobre el skid.
- Unidad interruptor seccionador general en carga según IEC 947 con mando para puerta y eje prolongado, tensión de aislamiento 1000V, intensidad de servicio 63 A.

- 3 Unidades guarda-motor compuestas con protección magneto-térmica de tipo GV2 con contacto conmutado de señalización de estado de la protección y conmutación de potencia mediante contactor TEE
- Unidad PLC SIEMENS S7-300
- Fuente SITOP P5307 2 A para S7-300
- CPU 312, 64 Kbit, 1xMPI
  - 24 entradas digitales
  - 16 salidas digitales
  - 4 entradas analógicas
  - Salidas analógicas
- Micro Memory Card 64 Kbits 3´3 V NFLASXH
- Conectores Tarjetas E/S
- Interface: 1 Unidad terminal táctil SIEMENS TP177B 5,7”color.

### **Instalación Hidráulica de alta presión**

Un latiguillo flexible en Inox partirá a la impulsión de cada bomba.

Se instalará un circuito de 3 tubos de alimentación de 12 x 1.2 mm en Inox desde el skid a la parrilla de nebulización. Todas las tuberías irán perfectamente sujetas a elementos convenientemente diseñados para dar rigidez y solidez al equipo con sistema anti vibración.

Los 60 nebulizadores especiales fog-system con aguja de impacto, en Inox 316 AISI, irán roscados a sus piezas soportes en Inox que a su vez irán soldadas con soldadura TIG sobre las tuberías porta-nebulizadores.

A la matriz de tuberías “porta-nebulizadores” en tubo Inox de 12 x 1.5 mm, con sus correspondientes raíles y abrazaderas de sujeción anti vibración en Inox, le llamaremos “parrilla de nebulización”.

La ubicación de la parrilla de nebulización se determinará tras la visita a la planta e inspección de la turbina. En principio su ubicación será en el interior del conducto, tras los silenciadores.

Por último, este sería el coste total de la instalación:

Unidades	concepto	€ / unidad	Total (€)
1	Sistema fogging	85.000	85.000

Unidades	concepto	€ / metro	Total (€)
20m	Cable eléc. trif. sección 2,5mm	7,39	147,8
50m	Tubería PVC Ø50mm	9,80	490

<b>Total bruto (€).....</b>	<b>85.637,80</b>
-----------------------------	------------------

6% Beneficio industrial.....5.138, 26 €

5% Gastos generales.....4.281, 89 €

21% IVA.....17.983, 93 €

<b>Total (€).....</b>	<b>113.042</b>
-----------------------	----------------