



PROYECTO EJECUTIVO

Optimización de la refrigeración de tres motores de cogeneración

Fecha: 18/09/2018

Versión: Rev.2

Cliente: **TRACTAMENT I SELECCIÓ DE RESIDUS, S.A.**

NIF: A-08800880

Av. Eduard Maristany, 44

08930 Sant Adrià de Besòs (Barcelona)

Tel: 93 462 78 70

www.tersa.cat

ÍNDICE

ÍNDICE	2
1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Titular de la instalación.....	4
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Objetivo del proyecto	4
1.4 Alcance del proyecto	5
1.5 Emplazamiento	5
1.6 Normativa de aplicación.....	5
1.7 Contenido del documento.....	6
2 DATOS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES.....	7
2.1 Datos generales de las instalaciones	7
2.2 Descripción de las instalaciones	7
2.3 Motores de cogeneración	8
3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EXISTENTE.....	9
3.1 Esquema de la instalación actual	9
3.2 Equipos actuales de refrigeración	9
3.3 Determinación de la demanda de refrigeración	10
3.4 Resultados y conclusiones.....	12
4 ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	13
4.1 Alternativa 1: dos aerofriadores por motor	13
4.2 Alternativa 2: centralización de circuitos de alta temperatura.....	14
4.3 Resumen comparativo de alternativas y conclusiones	16
5 DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES A REALIZAR EN LA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN EXISTENTE	17

5.1 Resumen de las actuaciones a realizar	17
5.2 Planificación prevista para la ejecución del proyecto	17
5.3 Descripción de la instalación a ejecutar	18
5.4 Instalación eléctrica	27
5.5 Instalación de control	29
5.6 Retirada de equipos e instalaciones.....	32
6 MEDICIONES Y PRESUPUESTO	33
6.2 Resumen	43
ANEXO I. CÁLCULO DE LOS AEROENFRIADORES.....	44
ANEXO II. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	45
ANEXO III. PLANOS	46

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Titular de la instalación

Los datos del titular de la instalación objeto del presente proyecto ejecutivo son los siguientes:

<i>Titular:</i>	TRACTAMENT I SELECCIÓ DE RESIDUS, S.A. (TERSA)
<i>NIF:</i>	A-08800880
<i>Domicilio:</i>	Av. Eduard Maristany, 44 08930 Sant Adrià de Besòs (Barcelona)
<i>Teléfono:</i>	93 462 78 70

1.2 Antecedentes

La planta que TERSA gestiona en el municipio de Gavà (Barcelona) dispone de 12 motores de cogeneración con combustible biogás procedente del vertedero controlado situado en las inmediaciones. Aunque la producción de biogás del vertedero solamente puede alimentar a 2 motores a plena carga, los motores en funcionamiento se van alternando para equilibrar las horas de marcha de todos los motores disponibles.

Debido a la configuración del sistema de refrigeración mediante aeroenfriadores independientes para cada motor y, sobre todo, al tratarse de un sistema que depende fuertemente de la temperatura seca exterior, los motores presentan problemas en la evacuación de calor durante los meses más calurosos del año. Cada aeroenfriador dispone de dos serpentines de agua independientes, utilizándose uno de ellos para el circuito de agua a alta temperatura y otro para el circuito de agua a baja temperatura de cada motor.

Para combatir la falta de refrigeración, durante los meses de más calor los gestores de la planta ponen en funcionamiento uno o dos motores más con el objetivo de disminuir la carga de funcionamiento media de los motores, pasando de 2 motores a plena carga a 3 o 4 motores al 50%, y de esta manera disminuir las necesidades de refrigeración.

En el futuro cercano, la empresa pretende dismantelar 6 de los 12 motores por motivos de sobredimensionamiento de la instalación, que conlleva unos gastos operativos más altos de los necesarios. Se pretende aprovechar, no obstante, los aeroenfriadores de los motores que queden fuera de servicio. Con el objetivo de mejorar y optimizar el circuito de refrigeración de los motores, TERSA tiene la intención de realizar modificaciones en este sistema.

1.3 Objetivo del proyecto

El objetivo de los trabajos objeto del presente proyecto es el cálculo, diseño y especificación de la modificación a realizar sobre la actual instalación de refrigeración de tres de los seis motores de cogeneración que se mantendrán activos para aumentar la potencia de enfriamiento disponible por cada motor.

Concretamente los motores de cogeneración de la planta de TERSA en Gavà en los que se centran los trabajos objeto del presente proyecto son los motores 1, 2 y 5. Los motores 7, 10 y 11 mantendrán la configuración de refrigeración actual y los motores. A su vez, los motores 3, 4, 6, 8, 9 y 12 se dejarán fuera de servicio.

1.4 Alcance del proyecto

La actuación se centra en la modificación hidráulica de los circuitos de refrigeración de alta y baja temperatura para aumentar la capacidad de enfriamiento dedicada actualmente a cada motor.

Dentro del alcance se incluye los siguientes conceptos:

- Instalación hidráulica de conexión de los motores con los aerofriadores.
- Instalación eléctrica de alimentación de nuevos equipos instalados.
- Especificación de control y regulación de la modificación de las instalaciones.
- Planificación de todos los trabajos a realizar durante la ejecución.

1.5 Emplazamiento

El presente proyecto de modificación de la instalación de refrigeración para motores de cogeneración tiene lugar en la planta de valorización energética del biogás generado en el Dipòsit Controlat de la Vall d'en Joan, que TERSA gestiona. El vertedero está ubicado en el municipio de Gavà.

1.6 Normativa de aplicación

Para la redacción de este documento, así como para la ejecución de las instalaciones correspondientes al mismo, serán de aplicación las siguientes normas:

- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria – modificada por la Ley 25/2009, de 22 de diciembre.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el cual se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC BT.
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Norma UNE 100020/1M:1999: Climatización. Sala de máquinas.
- Norma UNE 100155:1988 IN: Climatización. Cálculo de vasos de expansión.
- Norma UNE 100157:1989: Climatización. Diseño de los sistemas de expansión.

- Norma UNE 10312:2003 Tubos de acero inoxidable soldados para la conducción de líquidos acuosos.
- Otras normas UNE que sean de aplicación.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento correspondiente.
- Pliego de condiciones técnicas del proyecto.

Todos los equipos materiales y componentes de las instalaciones objeto de este proyecto cumplirán las disposiciones particulares que les sean de aplicación.

La ejecución de la instalación será a cargo de personal autorizado por los servicios de Industria, el cual será responsable de su funcionamiento así como del cumplimiento en la ejecución de los reglamentos, normas e instrucciones que sean de aplicación.

1.7 Contenido del documento

El presente documento se compone de las siguientes partes:

- Memoria descriptiva, en la que se definen los objetivos del proyecto, el estado actual de la instalación, la modificación a realizar sobre la misma y los equipos y sistemas a incorporar.
 - Bases de cálculo utilizadas, con su correspondiente justificación teórica y con los resultados obtenidos (incluido en Memoria).
 - Pliego de condiciones técnicas para la correcta ejecución de la instalación (incluido en la Memoria).
 - Estado de mediciones y presupuesto, donde se detallan el número de unidades de cada partida agrupadas según las acciones definidas en el proyecto y una valoración económica (incluido en Memoria).
- Anexo I. Hojas de cálculo y selección de los aerofriadores.
- Anexo II. Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- Anexo III. Planos indicativos del recorrido de las instalaciones, esquemas de principio y detalles constructivos de relevancia.

2 DATOS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES

2.1 Datos generales de las instalaciones

Las instalaciones gestionadas por TERSA ubicadas en el Vertedero Controlado del Garraf están destinadas principalmente a la valorización energética del biogás generado en los procesos biológicos del vertedero.

La planta de valorización energética del biogás generado está ubicada en el Dipòsit Controlat de la Vall d'en Joan en el municipio de Gavà. Se trata de un depósito clausurado en el año 2006.

A continuación se adjunta una vista aérea del conjunto de toda la planta de valorización del biogás.



Figura 2.1 Vista aérea de las instalaciones de TERSA en el Vertedero Controlado de la Vall d'en Joan, en el macizo del Garraf

2.2 Descripción de las instalaciones

A continuación se incluye un plano de las instalaciones de TERSA, donde se detallan las principales zonas del edificio.

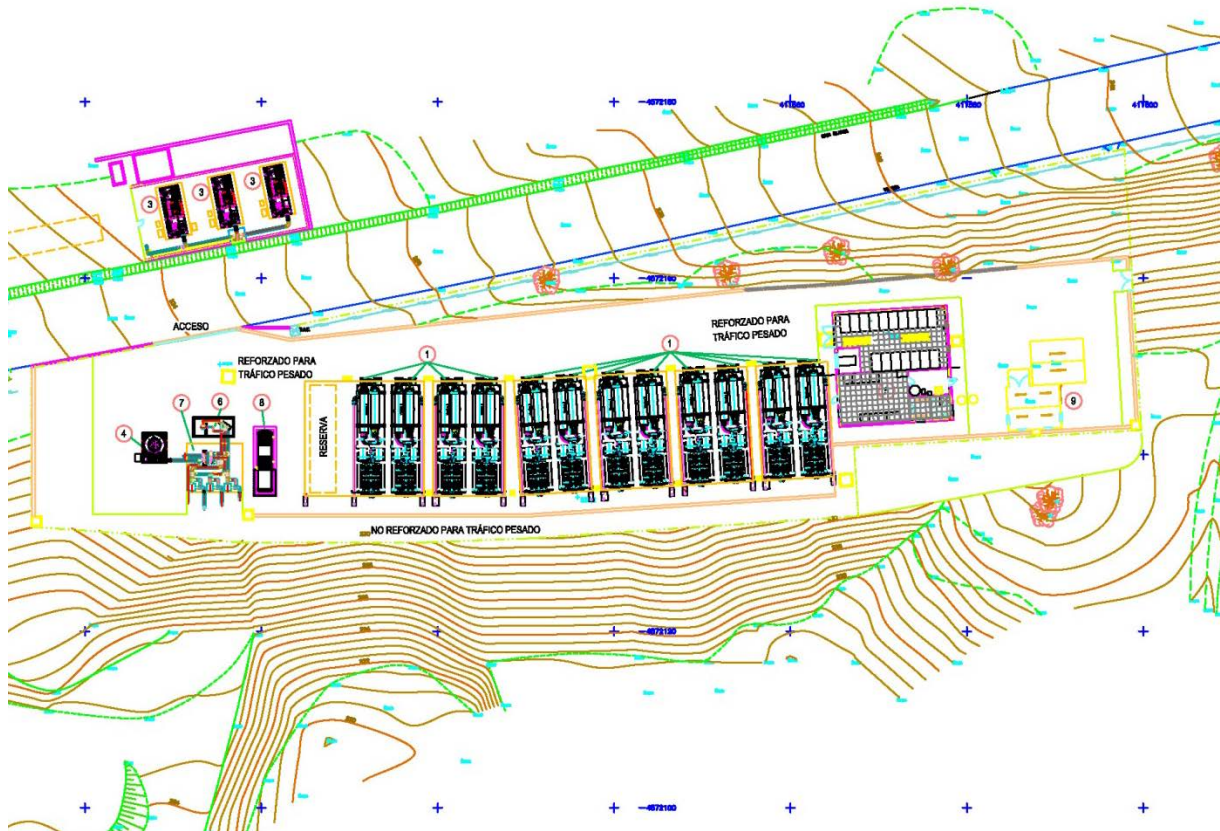


Figura 2.2 Plano de las instalaciones de TERSA en el Vertedero Controlado de la Vall d'en Joan

2.3 Motores de cogeneración

La principal demanda de refrigeración de la planta son los motores de cogeneración que consumen el biogás procedente del vertedero. En la actualidad existen 12 motores de cogeneración, estando, de forma general, únicamente en funcionamiento simultáneo 2 de ellos. En épocas de calor los gestores de la planta ponen en funcionamiento uno o dos motores más con el objetivo de disminuir la carga de funcionamiento media de los motores, pasando de 2 motores a plena carga a 3 o 4 motores al 50%, y de esta manera disminuir las necesidades de refrigeración.

Las características de los doce motores de cogeneración son las siguientes:

Marca	Modelo	Pot. Absorbida	Pot. Eléctrica	Pot. térm. disipada	Pot. térm. humos	Eficiencia eléctrica
JENBACHER	JGS 320 GS-L.L	2.649 kW	1.048 kW	661 kW	941 kW	39,56 %

Tabla 2.1 Características de los motores de cogeneración

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EXISTENTE

3.1 Esquema de la instalación actual

A continuación se adjunta el esquema de principio del sistema actual de refrigeración de motores.

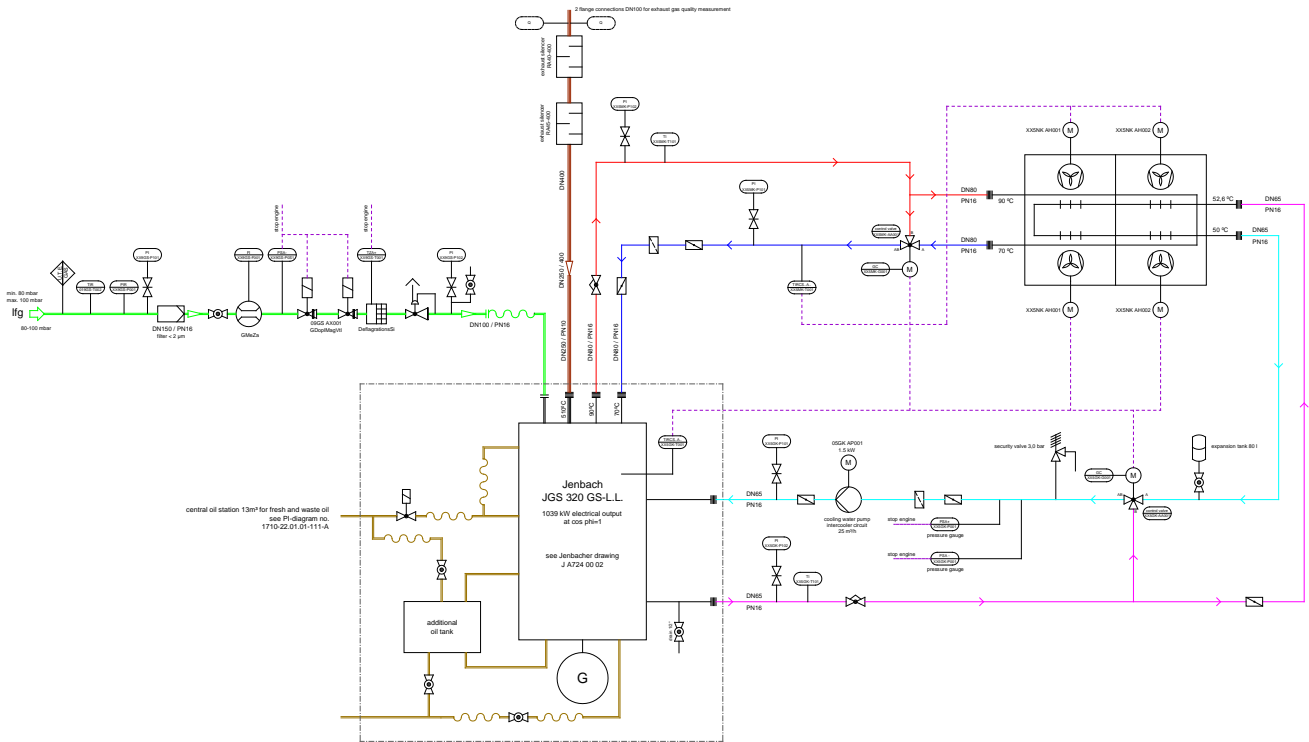


Figura 3.1 P&ID de la instalación actual de cada uno de los 12 motores de la planta

Como puede observarse, la instalación individual de cada motor consta de dos circuitos de refrigeración, un circuito de alta temperatura y un circuito de baja temperatura.

El circuito de alta temperatura elimina el calor del bloque del motor y del aceite de lubricación. El circuito de baja temperatura elimina calor del intercooler.

Como se puede observar en el P&ID, ambos circuitos disponen de una válvula de tres vías mezcladora del agua de impulsión y de agua de retorno la función de la cual es asegurar una temperatura mínima del agua de refrigeración en el motor.

3.2 Equipos actuales de refrigeración

El sistema actual de refrigeración de los motores de cogeneración está formado por 12 aerorefrigeradores, un aerorefrigerador por cada motor.

A continuación se muestran las características principales de los doce aerorefrigeradores existentes.

Marca	Modelo	Pot. absorbida	Nº de circuitos
CABERO	GCHND097MB/2x2L-29/18-235	6,4 kW	2 (AT y BT)

Tabla 3.1 Características de los aeroenfriadores de refrigeración de motores

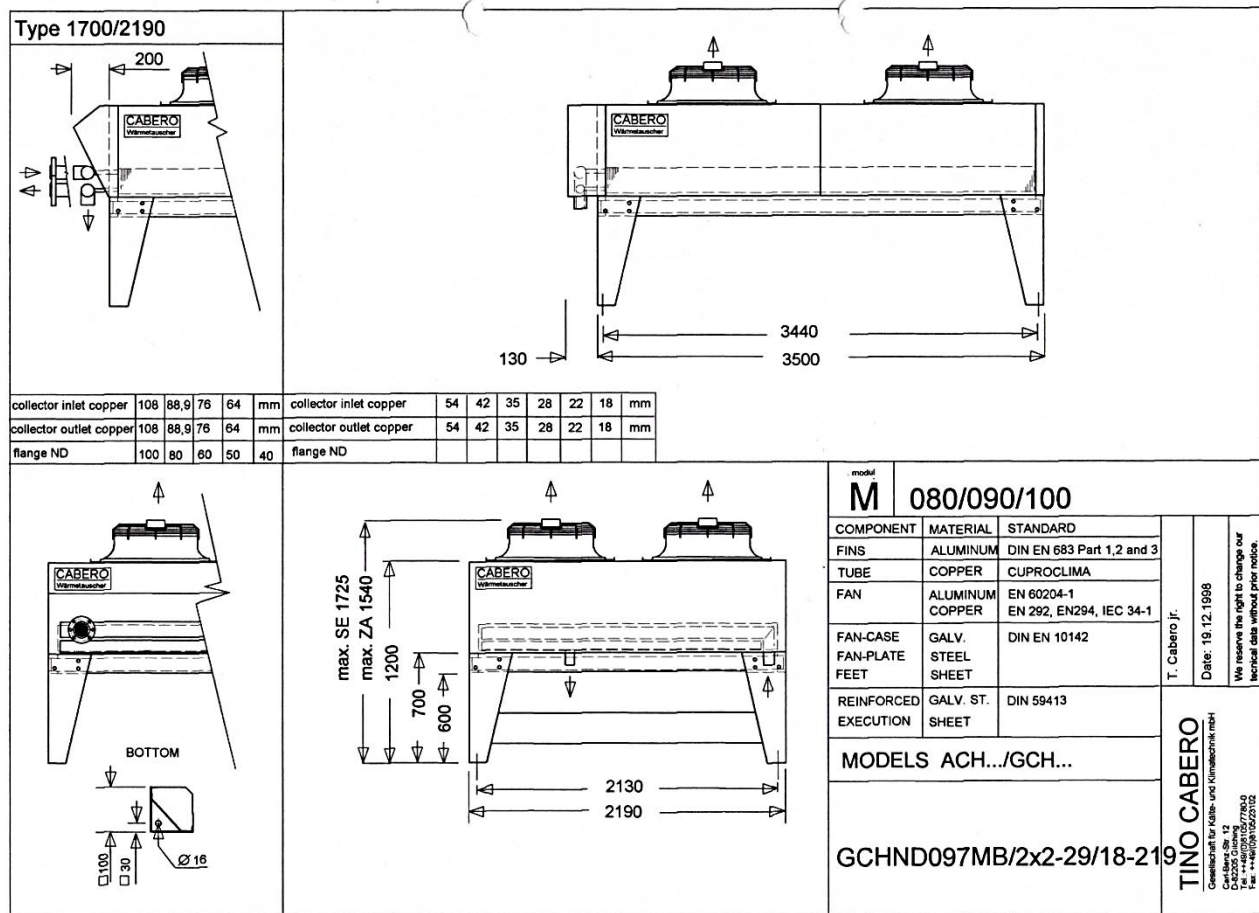


Figura 3.2 Esquema de un aeroenfriador existente en la planta

3.3 Determinación de la demanda de refrigeración

Para determinar correctamente la demanda de refrigeración se han realizado diferentes cálculos.

Primeramente se han calculado las potencias frigoríficas que aportan los aeroenfriadores en la configuración individual actual. Según sus parámetros de diseño iniciales, la potencia frigorífica aportada individualmente es la siguiente:

	Circuito de agua	Valor	Circuito de aire	Valor
Circuito Baja Temp.	Caudal medio agua	26 m ³ /h	Caudal medio aire	88.955 m ³ /h
	Temperatura entrada media	52,6 °C	Temperatura entrada media	35,0 °C
	Temperatura salida media	50,0 °C	Temperatura salida media	37,9 °C
Circuito Alta Temp.	Caudal medio agua	34 m ³ /h	Caudal medio aire	88.955 m ³ /h
	Temperatura entrada media	90,0 °C	Temperatura entrada media	37,9 °C
	Temperatura salida media	70,0 °C	Temperatura salida media	61,2 °C

Tabla 3.2 Parámetros de funcionamiento de los dos circuitos del aroenfriador según datos iniciales

Según los parámetros anteriores, la suma de potencias disipadas por el agua en el circuito de alta temperatura es de 789,6 kW, mientras que en el circuito de baja temperatura es de 78,5 kW.

Según estos valores, la potencia frigorífica aportada es mayor a la necesaria para la refrigeración de los motores, fijada en 661 kW según datos del proyecto inicial de la planta.

No obstante, en épocas de temperaturas exteriores altas y de radiación solar también alta, la temperatura de entrada del aire al aroenfriador no es de 35°C sino superior. Además, los aroenfriadores están situados en la cubierta de los motores de cogeneración, por lo que la temperatura del aire de entrada al aroenfriador se ve afectada por el calor residual de los motores. No se conoce con exactitud esta temperatura, pero sí el efecto que tiene sobre la capacidad de enfriamiento, ya que debido a esto la diferencia de temperaturas entre el aire de entrada y el agua a enfriar se reduce, reduciéndose también el coeficiente global de transferencia de calor y perdiéndose capacidad de enfriamiento.

Consecuentemente, en los meses más calurosos del año, la potencia de refrigeración real es menor de la necesaria por el motor, no alcanzando las consignas de temperatura establecidas a la salida de los arorefrigeradores y forzando a reducir la carga de los motores en funcionamiento.

3.3.2 Temperaturas exteriores

Se ha utilizado los datos disponibles para el municipio de Gavà, localidad en la que se encuentra situada la planta. El resumen anual de temperaturas empleadas para el cálculo es el de la siguiente figura.

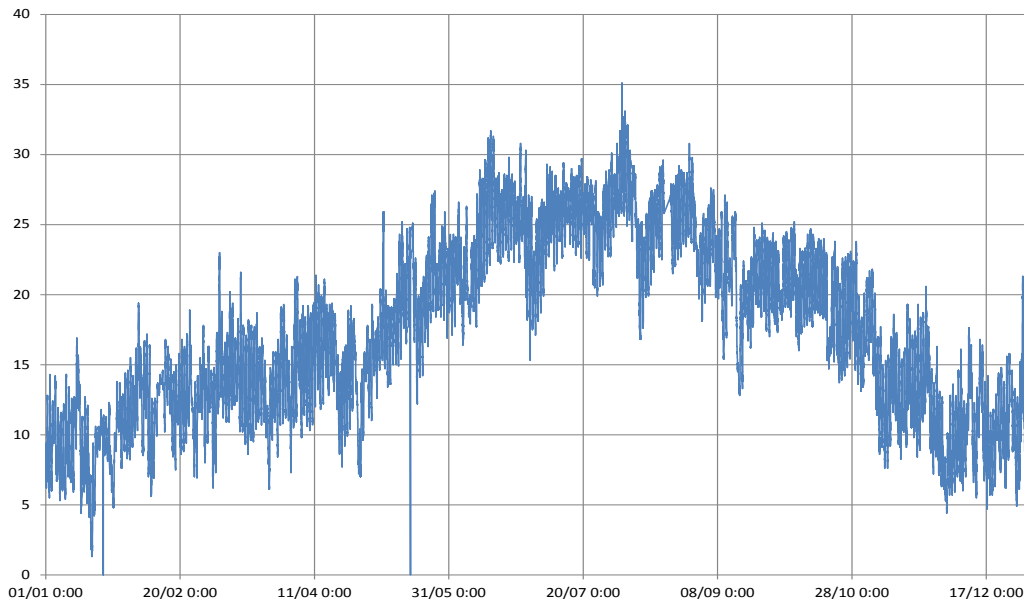


Figura 3.3 Temperaturas de Gavà durante el año 2017 (°C)

Las temperaturas anteriores corresponden a la zona urbana más próxima a la planta, con una insolación menor que la que dispone la ubicación real de la planta. La frecuencia de muestreo es de 5 minutos el valor corresponde a un valor medio durante ese período de tiempo.

Como bien se ha comentado anteriormente, cabe señalar que la temperatura del aire de entrada a los aerofriadores se ve incrementada por el calor residual de los motores debido a que se encuentran situados en la cubierta de éstos.

3.4 Resultados y conclusiones

Teniendo en cuenta la capacidad de disipación térmica de los aerofriadores existentes calculada a partir de los datos de los parámetros de diseño (798,6 + 78,5 kW) se podría afirmar que cada aerorefrigerador es capaz de cubrir las necesidades de refrigeración del motor de cogeneración al cual está asociado (611 kW).

No obstante, las temperaturas de diseño de los aerofriadores no se corresponden con las temperaturas de funcionamiento reales de los mismos. En los meses más calurosos del año las temperaturas del aire de entrada a los aerofriadores son mayores a 35°C debido a la elevada radiación recibida y a que los aerofriadores están situados en la cubierta de los motores, lo cual conlleva que calor residual eleve la temperatura del aire.

Así, las temperaturas de operación de los aerofriadores son superiores a las especificadas en los parámetros de diseño y, consecuentemente, no se cumple con las temperaturas de consigna establecidas para asegurar el correcto funcionamiento de los motores de cogeneración. Esta situación se da principalmente en el circuito de refrigeración de alta temperatura.

4 ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Una vez fuera de servicio 6 de los 12 motores de cogeneración previstos y con el objetivo de optimizar la configuración actual del sistema de refrigeración de 3 de los 6 motores restantes, garantizando así una correcta refrigeración de los mismos, se plantean las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Utilización de 2 aerofriadores por motor en configuración aislada, para los circuitos de alta temperatura y de baja temperatura.
- Alternativa 2: Sistema de refrigeración centralizado para los circuitos de alta temperatura de los 6 motores.

Aunque existen otras soluciones igualmente viables desde las vertientes técnica y económica, son estas dos las consensuadas para su desarrollo en fases posteriores.

En los siguientes apartados se describen a nivel conceptual las anteriores alternativas junto con sus ventajas e inconvenientes.

4.1 Alternativa 1: dos aerofriadores por motor

4.1.1 Descripción

Esta alternativa consiste en instalar dos aerofriadores por cada motor, disponiendo cada aerofriador de cuatro serpentines independientes. Dos de los serpentines se utilizarán para el circuito de alta temperatura y los otros dos para el circuito de baja temperatura.

La configuración para cada motor será aislada, es decir, ningún motor compartirá aerofriador con otro motor. Los dos aerofriadores trabajarán en paralelo contra un único motor. Este hecho es importante dada la posibilidad de fuga de aceite al sistema de refrigeración de alta temperatura en algún motor; ya que de esta manera y en caso de fuga, ésta solamente afectará a un único motor.

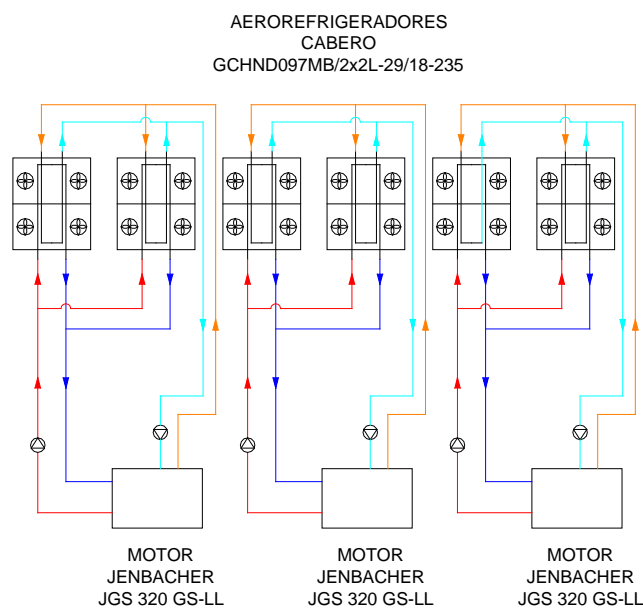


Figura 4.1 Esquema conceptual de la opción 1: dos aerofriadores en paralelo por motor

En la figura anterior se muestra el esquema conceptual de la propuesta, donde se observan los dos aeroenfriadores trabajando en paralelo para cada motor. Tal y como se puede ver, con esta configuración se aprovecharían los 6 aeroenfriadores de los 12 disponibles y los dos serpentines de cada aeroenfriador.

4.1.2 Ventajas e inconvenientes

La ejecución de este sistema para la refrigeración de los motores presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Aumento de la capacidad de refrigeración de cada motor (aproximadamente el doble).
- Ante cualquier fuga de aceite hacia el sistema de refrigeración de alta temperatura, ésta solamente afectará a un único motor.
- Seguridad ante averías de cualquier aeroenfriador.
- Dependiendo de la ubicación de los aeroenfriadores, si esta permaneciera inalterada, el coste de la modificación sería bajo.

Inconvenientes:

- Sistema no centralizado, menor eficiencia energética.
- Bomba adicional en circuito de alta temperatura para cada motor.
- La cesión de calor a las empresas colindantes se debería realizar con un intercambiador independiente para cada motor y desde el circuito de alta temperatura.
- Dependiendo de la ubicación de los aeroenfriadores, si se modifica la ubicación de uno de los dos aeroenfriadores de cada motor, el coste de la modificación sería alto por el coste de las estructuras de soporte.

4.2 Alternativa 2: centralización de circuitos de alta temperatura

4.2.1 Descripción

Esta alternativa consiste en la centralización del circuito de alta temperatura. Todos los circuitos de alta temperatura se unirán en un colector común. Para evitar la posibilidad de que una fuga de aceite de un motor afecte a todos los motores se instalarán intercambiadores que aislen el circuito de refrigeración del motor del circuito de agua de los aeroenfriadores. Así, ante cualquier fuga, ésta solamente afectará a un único motor.

Para los circuitos de baja temperatura la configuración no cambiará respecto de la situación actual, estando conectado cada motor a uno de los serpentines del aeroenfriador situado encima de él.

Se deberán instalar válvulas automáticas en cada aeroenfriador, que se deberá gestionar mediante control, así como válvulas de equilibrado hidráulico.

Con esta configuración serían necesarios un número menor de aerorefrigeradores, dada las simultaneidades con las que trabajarían los 3 motores, nunca estando el 100% de ellos en funcionamiento. Serían necesarios un mínimo de 3 aerorefrigeradores, aunque sería recomendable la instalación de un número superior.

En la siguiente imagen se presenta un esquema conceptual de la propuesta, donde se ha representado 5 aerorefrigeradores trabajando contra los 3 motores.

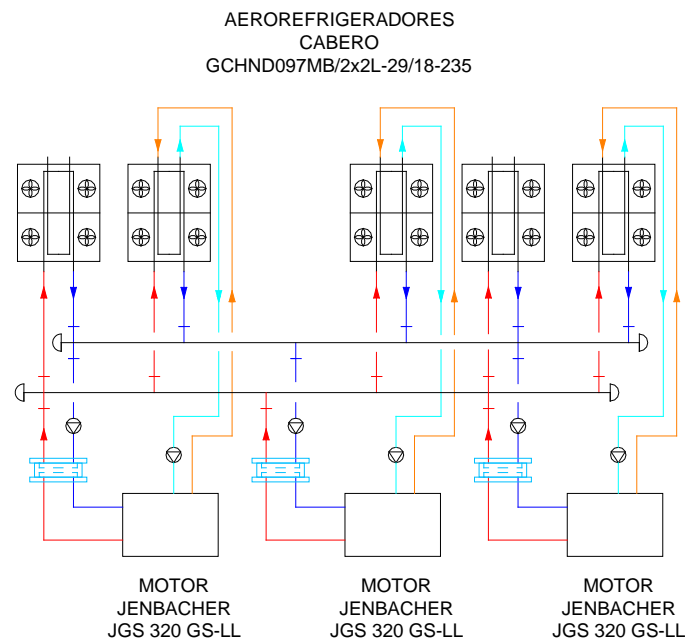


Figura 4.2 Esquema conceptual de la alternativa 2: centralización de la refrigeración de alta temperatura

4.2.2 Ventajas e inconvenientes

La ejecución de este sistema para la refrigeración de los motores presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Aumento de la capacidad de refrigeración de cada motor.
- Ante cualquier fuga de aceite hacia el sistema de refrigeración de alta temperatura, ésta solamente afectará a un único motor.
- Más seguridad ante averías de cualquier aerorefrigerador, ya que cualquier aerorefrigerador puede trabajar contra cualquier motor.
- Sistema centralizado, mayor eficiencia energética.
- No sería necesario modificar los circuitos de refrigeración de baja temperatura actuales.
- No sería necesario el cambio de ubicación de los aerorefrigeradores.
- La cesión de calor a las empresas colindantes se podría realizar con un único intercambiador instalado entre los colectores de impulsión y retorno del circuito de alta temperatura.

Inconvenientes:

- Presencia de un intercambiador y una bomba adicional para el circuito de alta temperatura de cada motor.
- Necesidad de equilibrado hidráulico de circuitos y de válvulas automáticas para cada aroenfriador.
- Control y escalado de aroenfriadores en marcha.
- Mayor coste de ejecución.

4.3 Resumen comparativo de alternativas y conclusiones

Se han presentado dos alternativas de optimización del sistema de refrigeración de los motores de cogeneración de la planta, pudiéndose extraer las siguientes conclusiones:

- La alternativa 1, de utilización de 2 aroenfriadores por motor supondría un aumento de la capacidad de refrigeración de cada motor. Ante cualquier fuga de aceite hacia el sistema de refrigeración de alta temperatura, ésta solamente afectará a un único motor.
- Supondría también un aumento en la robustez del sistema, al disponer cada motor de dos aroenfriadores, pudiéndose averiar uno de ellos sin tener que parar el motor. No obstante, solamente estos dos aroenfriadores podrán trabajar contra el motor, no pudiéndose añadir más capacidad adicional.
- El coste de la ejecución de esta alternativa, si la ubicación de los aroenfriadores permaneciera inalterada, sería bajo puesto que sólo se deberían realizar conexiones adicionales y la adquisición de equipos de bombeo
- Por su parte, la alternativa 2 de centralización de los circuitos de refrigeración de alta temperatura de todos los motores, supondría un paso adelante en cuanto a eficiencia del sistema, así como de capacidad global puesto que todos los aroenfriadores podrían trabajar contra todos los motores.
- Por contra, se deberían instalar intercambiadores entre el circuito de alta temperatura del motor y los colectores, para evitar la contaminación de todos los circuitos en caso de fuga de aceite.
- Esta alternativa supondría también una necesidad mayor del control automático de la instalación, debiéndose controlar la apertura y cierre de las válvulas automáticas de cada aroenfriador, así como el escalado de sus arranques.
- Esta alternativa también permitiría ceder calor a las instalaciones vecinas en las cantidades que estos pudieran demandar, sirviéndose éste desde el colector y no desde un único motor.
- Presentadas ambas alternativas para la optimización de los sistemas actuales de refrigeración de los motores de cogeneración, la propiedad se decanta por la Alternativa 1, la cual propone la conexión en paralelo de dos aroenfriadores para la refrigeración de cada motor.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES A REALIZAR EN LA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN EXISTENTE

5.1 Resumen de las actuaciones a realizar

Como se ha comentado anteriormente, las reformas a ejecutar en la instalación actual tienen el objetivo de mejorar la refrigeración de los motores de cogeneración para permitir la reducción de la temperatura de retorno del agua a los motores hasta la temperatura correcta.

Para la consecución de este objetivo se deberán ejecutar las siguientes actuaciones:

- Para cada motor, conexión en paralelo de los circuitos de alta temperatura de dos de los aerofriadores. Conexión del circuito de refrigeración de alta temperatura de cada motor con el conjunto de dos aerofriadores.
- Para cada motor, conexión en paralelo de los circuitos de baja temperatura de dos de los aerofriadores. Conexión del circuito de refrigeración de baja temperatura de cada motor con el conjunto de dos aerofriadores.
- Para cada motor, revisión del funcionamiento de la válvula de tres vías mezcladora del circuito de alta temperatura.
- Para cada motor, revisión del funcionamiento de la válvula de tres vías mezcladora del circuito de baja temperatura.
- Para cada motor, limpieza del interior de las tuberías existentes del circuito de alta temperatura.
- Para cada motor, limpieza del interior de las tuberías existentes del circuito de baja temperatura.
- Instalación eléctrica de los nuevos equipos instalados.
- Gestión del encendido de ventiladores de los aerofriadores en la nueva configuración.

5.2 Planificación prevista para la ejecución del proyecto

La ejecución del presente proyecto se realizará en tantas fases como motores a ser modificados. Es decir, se ejecutarán secuencialmente las modificaciones de los tres motores, comenzando por el motor 1 y finalizando por las actuaciones en el motor 5.

En lo referente a la ejecución, se prevé abordar su ejecución durante los últimos tres meses del año 2018 y los tres primeros del año 2019.

5.3 Descripción de la instalación a ejecutar

5.3.1 Descripción general

Una vez finalizada la modificación del circuito hidráulico de refrigeración de cada motor, éstos dispondrán de una potencia de refrigeración individual de 1.028 kW frigoríficos (ver apartado 5.3.7), suficientes para cubrir las puntas en verano. Las actuaciones consisten en:

- Dejar fuera de servicio los motores 3, 4, 6, 8, 9 y 12 (fase previa al presente proyecto).
- Conexión en paralelo de los aeroenfriadores situados encima de los motores 1 y 3, tanto circuito de baja temperatura como circuito de alta temperatura. Conexión de este conjunto a los circuitos de baja y alta temperatura del motor 1.
- Conexión en paralelo de los aeroenfriadores situados encima de los motores 2 y 4, tanto circuito de baja temperatura como circuito de alta temperatura. Conexión de este conjunto a los circuitos de baja y alta temperatura del motor 2.
- Conexión en paralelo de los aeroenfriadores situados encima de los motores 5 y 6, tanto circuito de baja temperatura como circuito de alta temperatura. Conexión de este conjunto a los circuitos de baja y alta temperatura del motor 5.

5.3.2 Programa de funcionamiento

La instalación debe poder dar servicio de refrigeración de forma ininterrumpida, aunque a diferentes cargas a lo largo del año. En invierno la demanda de refrigeración es menor pero en verano la demanda es máxima, y en momentos puntuales de producción y altas temperaturas exteriores actualmente no hay suficiente capacidad para satisfacer toda la demanda.

5.3.3 Nuevos equipos de producción frigorífica

No se prevé la instalación de ningún nuevo aeroenfriador, puesto que se aprovecharán todos los aeroenfriadores de los motores que quedarán fuera de servicio.

5.3.4 Circuito hidráulico

Para la modificación del sistema de refrigeración de los motores se deben llevar a cabo las siguientes actuaciones y modificaciones del circuito hidráulico actual de cada conjunto motor-aeroenfriador:

- Conexión en paralelo de los circuitos de alta temperatura de los dos aeroenfriadores. Para la ejecución de esta acción se realizarán picajes en el circuito del aeroenfriador que quede encima del motor a refrigerar. En el picaje se conectará la tubería de impulsión/retorno del otro aeroenfriador. El punto de ejecución de los picajes será posterior a la válvula mezcladora de tres vías, según el sentido del flujo, en el interior de la cabina. Para cada tubería de impulsión/retorno hacia cada aeroenfriador se instalará una válvula de mariposa manual DN80 (4 en total) y una válvula de equilibrado manual tipo TA STAF también DN80 (2 en total).

- Conexión en paralelo de los circuitos de baja temperatura de los dos aeroenfriadores. Para la ejecución de esta acción se realizarán picajes en el circuito del aeroenfriador que quede encima del motor a refrigerar. En el picaje se conectará la tubería de impulsión/retorno del otro aeroenfriador. El punto de ejecución de los picajes será posterior a la válvula mezcladora de tres vías, según el sentido del flujo, ya en el exterior de la cabina. Para cada tubería de impulsión/retorno hacia cada aeroenfriador se instalará una válvula de mariposa manual DN65 (4 en total) y una válvula de equilibrado manual tipo TA STAF también DN65 (2 en total).
- Se instalarán sondas de temperatura en el retorno del circuito de baja temperatura de los aeroenfriadores. El punto de instalación de la sonda será posterior a la válvula mezcladora de tres vías, según el sentido del flujo, ya en el interior de la cabina.
- Se instalarán sondas de presión en el retorno del agua de refrigeración de los aeroenfriadores. El punto de instalación de la sonda será posterior a la válvula mezcladora de tres vías, ya en el interior de la cabina.
- Se instalarán purgadores de aire en los puntos altos de conexión.
- Se instalarán puntos de vaciado en la parte baja de la conexión.

5.3.5 Tuberías y aislamientos

Los diferentes circuitos hidráulicos se realizarán con tubería de acero negro estirado sin soldadura según DIN2440/DIN2448, con accesorios roscados del mismo material para diámetros nominales iguales o inferiores a DN-50 y embridados para diámetros superiores.

Las tuberías no serán aisladas térmicamente sino solamente pintadas mediante dos capas de pintura antioxidante y dos capas de pintura de protección exterior de color rojo o azul según impulsión o retorno hacia motor.

De forma general las tuberías se instalarán, siempre que sea posible, de manera que permitan la accesibilidad a lo largo de todo su recorrido para facilitar su inspección, especialmente en los tramos principales y en aquellos que contengan accesorios, válvulas e instrumentos de regulación y medida.

En los circuitos donde se creen puntos altos debido al trazado (finales de montantes, conexiones a equipos, etc.) se instalarán purgadores automáticos que eliminen el aire de la instalación. Dichos purgadores deberán ser accesibles y su descarga deberá conducirse de forma que sea visible. Sobre la línea de purga se instalará una válvula de corte manual, preferentemente de tipo bola o esfera de diámetro mínimo DN-15.

En los puntos más bajos de cada circuito hidráulico se dispondrán grifos de vaciado con descarga conducida de forma que en algún punto sea visible el paso del agua.

Las tuberías se instalarán de forma ordenada, disponiéndolas siempre que sea posible de manera paralela a tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a los elementos estructurales del edificio, excepto las pendientes oportunas que deban darse a los elementos horizontales.

Para el número y disposición de los soportes de las tuberías se seguirán las prescripciones marcadas por las normas UNE correspondientes al tipo de tubería empleada.

Las conexiones de los equipos y de los aparatos a las tuberías se realizarán de tal forma que entre la tubería y el equipo o aparato no se transmitan esfuerzos, debido tanto al peso propio como a las vibraciones que el equipo pueda generar. Las conexiones deberán ser fácilmente desmontables a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de reparación o sustitución.

Los elementos accesorios del equipo, como válvulas de corte y de regulación, instrumentos de medida y control, manguitos antivibratorios, filtros y otros, deberán instalarse antes de la parte desmontable de la conexión, hacia la red de distribución.

Se debe considerar la instalación de válvulas de corte en número suficiente para permitir la sectorización de la instalación facilitando las operaciones futuras de mantenimiento.

Las tuberías de la instalación deberán quedar señalizadas con el nombre del fluido que contiene y con la dirección del mismo, según normas DIN 2403 y RD 485/1997, mediante etiquetas o adhesivos en número suficiente y coincidiendo siempre con los puntos de registro, válvulas o elementos de regulación.

Todos los elementos hidráulicos deberán ser señalizados con su identificador TAG mediante placa metálica de INOX grabada y unidas a los elementos mediante cadena también metálica.

Todos los equipos principales deberán ser identificados de modo permanente con etiqueta de vinilo de acuerdo al estándar de señalización de la planta.

El contratista deberá realizar pruebas de estanqueidad y de presión para asegurar la estanquidad de las soldaduras y/o del montaje.

Al finalizar los trabajos de montaje se deberán limpiar perfectamente de cualquier tipo de suciedad todas las tuberías de agua dejándolas en perfecto estado de funcionamiento.

5.3.6 Dimensionado de la red de tuberías

El dimensionado de las tuberías se ha realizado limitando la velocidad del fluido a 2 m/s para evitar ruido excesivo y desgaste de la superficie interior de las mismas.

La metodología aplicada parte de la división de la red en tramos de tubería con caudales constantes. A cada tramo se le aplica el diámetro de tubería adecuado para mantener la velocidad del fluido en los márgenes correctos de funcionamiento, determinando finalmente la caída de presión global en el tramo debido a la circulación del fluido en tramos rectos, en accesorios y singularidades (baterías, equipos, etc.).

A continuación, se adjuntan los cálculos realizados para los circuitos de refrigeración de baja y alta temperatura. Para cada uno de los circuitos se ha realizado un cálculo para el motor 5 y otro para los motores 1 y 2 dado que las longitudes de tuberías son diferentes en ambos casos.

Tal y como muestran los resultados, teniendo en cuenta los diámetros de la instalación existente, la bomba GRUNDFOS TP 65-180/2 X-F-A-RUUV (26 m³/h de caudal y 12 m.c.a. de presión) actualmente instalada en el circuito de baja temperatura sería suficiente para contrarrestar la pérdida de carga del nuevo sistema en ambos casos (motor 5 y motores 1-2).

Por lo que se refiere al circuito de alta temperatura, al no conocerse las características de la bomba mecánica accionada por el propio motor, se instalará una bomba de 34 m³/h de caudal y 16 m.c.a. de presión (GRUNDFOS TP 80-180/2 A-F-A-BQQE o similar) para garantizar la compensación de las pérdidas de carga del nuevo sistema.

	EFIENER ENGINYERIA, SLP C. General Prim, 3, 1r 1a 08940 Cornellà de Llobregat (Barcelona) Tel. 93 405 34 58 Fax 93 519 81 28 www.efiener.com
---	---

CLIENTE: TERSA	PROYECTO: Optimización de la refrigeración de seis motores de cogeneración	FECHA: 06-07-2018
-----------------------	---	--------------------------

CÁLCULO HIDRÁULICO

Parámetros de diseño

Temperatura de impulsión	°C	52,6
Temperatura de retorno	°C	48,9
Temperatura media del fluido	°C	50,0

Concentración propilenglicol	%	40
Punto de fusión	°C	-21,0
Densidad	kg/m ³	1.022,0
Viscosidad dinámica	Pa·s	0,001727

<p>Fórmula de Darcy-Weisbach:</p> $\Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ <p> ΔH: pérdida de carga (mca) f: factor de fricción L: longitud (m) D: diámetro (m) </p>	<p>Fórmula de Colebrook-White:</p> $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{(3,7 \cdot D)} + \frac{2,51}{(Re \cdot \sqrt{f})} \right)$ <p> f: factor de fricción K: rugosidad absoluta (m) D: diámetro (m) Re: número de Reynolds </p>
---	---

Material	ACERO NEGRO s/s UNE-EN 10216 S1 (DIN 2448)
----------	--

Tramo	Inicio	Fin	Caudal tramo (L/h)	Longitud (m)	DN (mm)	Selección tubería	Diámetro interior (mm)	Volumen (L)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga lineal (mmca/m)	Longitud equivalente (m)	Longitud total (m)	Pérdida de carga total (mca)	Presión inicial (mca)	Presión final (mca)
Salida bomba + paso motor	1	2	26.000	2,5	65	2 1/2"	70,3	9,7	1,86	55,95	71,48	73,98	4,14	12,00	7,86
Interior contenedor (imp)	2	3	26.000	4,6	65	2 1/2"	70,3	17,7	1,86	55,95	20,50	25,06	1,40	7,86	6,46
Sobre el contenedor (imp)	3	4	26.000	3,3	65	2 1/2"	70,3	12,7	1,86	55,95	4,73	8,00	0,45	6,46	6,01
Aeroenfriador propio (imp)	4	5	13.000	2,3	65	2 1/2"	70,3	8,8	0,93	15,41	15,03	17,28	0,27	6,01	5,74
Aeroenfriador propio (ret)	5	6	13.000	2,4	65	2 1/2"	70,3	9,2	0,93	15,41	78,49	80,86	1,25	5,74	4,50
Aeroenfriador anexo (imp)	4	7	13.000	6,9	65	2 1/2"	70,3	26,9	0,93	15,41	20,76	27,69	0,43	6,01	5,58
Aeroenfriador anexo (ret)	7	6	13.000	6,6	65	2 1/2"	70,3	25,7	0,93	15,41	84,22	90,84	1,40	5,58	4,18
Sobre el contenedor (ret)	6	8	26.000	3,3	65	2 1/2"	70,3	12,8	1,86	55,95	21,03	24,32	1,36	4,18	2,82
Interior contenedor (ret)	8	1	26.000	4,7	65	2 1/2"	70,3	18,4	1,86	55,95	21,76	26,51	1,48	2,82	1,34

Figura 5.1 Dimensionado de las bombas y tuberías a instalar. Baja temperatura – Motor 5

	EFIENER INGENYERIA, SLP C. General Prim, 3, 1r 1a 08940 Cornellà de Llobregat (Barcelona) Tel. 93 405 34 58 Fax 93 519 81 28 www.efiener.com
---	---

CLIENTE: TERSA	PROYECTO: Optimización de la refrigeración de seis motores de cogeneración	FECHA: 06-07-2018
-----------------------	---	--------------------------

CÁLCULO HIDRÁULICO

Parámetros de diseño

Temperatura de impulsión	°C	52,6
Temperatura de retorno	°C	48,9
Temperatura media del fluido	°C	50,0

Concentración propilenglicol	%	40
Punto de fusión	°C	-21,0
Densidad	kg/m ³	1.022,0
Viscosidad dinámica	Pa·s	0,001727

<p>Fórmula de Darcy-Weisbach:</p> $\Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ <p> ΔH: pérdida de carga (mca) f: factor de fricción L: longitud (m) D: diámetro (m) </p>	<p>Fórmula de Colebrook-White:</p> $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{(3,7 \cdot D)} + \frac{2,51}{(Re \cdot \sqrt{f})} \right)$ <p> f: factor de fricción K: rugosidad absoluta (m) D: diámetro (m) Re: número de Reynolds </p>
---	---

Material	ACERO NEGRO s/s UNE-EN 10216 S1 (DIN 2448)
----------	--

Tramo	Inicio	Fin	Caudal tramo (L/h)	Longitud (m)	DN (mm)	Selección tubería	Diámetro interior (mm)	Volumen (L)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga lineal (mmca/m)	Longitud equivalente (m)	Longitud total (m)	Pérdida de carga total (mca)	Presión inicial (mca)	Presión final (mca)
Salida bomba + paso motor	1	2	26.000	2,5	65	2 1/2"	70,3	9,7	1,86	55,95	71,48	73,98	4,14	11,40	7,26
Interior contenedor (imp)	2	3	26.000	4,6	65	2 1/2"	70,3	17,7	1,86	55,95	20,50	25,06	1,40	7,26	5,86
Sobre el contenedor (imp)	3	4	26.000	3,3	65	2 1/2"	70,3	12,7	1,86	55,95	4,73	8,00	0,45	5,86	5,41
Aeroenfriador propio (imp)	4	5	13.000	2,3	65	2 1/2"	70,3	8,8	0,93	15,41	15,03	17,28	0,27	5,41	5,14
Aeroenfriador propio (ret)	5	6	13.000	2,4	65	2 1/2"	70,3	9,2	0,93	15,41	78,49	80,86	1,25	5,14	3,90
Aeroenfriador anexo (imp)	4	7	13.000	12,6	65	2 1/2"	70,3	48,9	0,93	15,41	20,76	33,36	0,51	5,41	4,90
Aeroenfriador anexo (ret)	7	6	13.000	12,3	65	2 1/2"	70,3	47,7	0,93	15,41	84,22	96,52	1,49	4,90	3,41
Sobre el contenedor (ret)	6	8	26.000	3,3	65	2 1/2"	70,3	12,8	1,86	55,95	21,03	24,32	1,36	3,41	2,05
Interior contenedor (ret)	8	1	26.000	4,7	65	2 1/2"	70,3	18,4	1,86	55,95	21,76	26,51	1,48	2,05	0,57

Figura 5.2 Dimensionado de las bombas y tuberías a instalar. Baja temperatura – Motores 1-2

	<p>EFIENER ENGINYERIA, SLP C. General Prim, 3, 1r 1a 08940 Cornellà de Llobregat (Barcelona) Tel. 93 405 34 58 Fax 93 519 81 28 www.efiener.com</p>
---	--

CLIENTE: TERSA	PROYECTO: Optimización de la refrigeración de seis motores de cogeneración	FECHA: 06-07-2018
-----------------------	---	--------------------------

CÁLCULO HIDRÁULICO

Parámetros de diseño

Temperatura de impulsión	°C	90,0
Temperatura de retorno	°C	67,3
Temperatura media del fluido	°C	80,0

Concentración propilenglicol	%	40
Punto de fusión	°C	-21,0
Densidad	kg/m ³	1.001,0
Viscosidad dinámica	Pa·s	0,000961

<p>Fórmula de Darcy-Weisbach:</p> $\Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ <p> ΔH: pérdida de carga (mca) f: factor de fricción L: longitud (m) D: diámetro (m) </p>	<p>Fórmula de Colebrook-White:</p> $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$ <p> f: factor de fricción K: rugosidad absoluta (m) D: diámetro (m) Re: número de Reynolds </p>
---	---

Material	ACERO NEGRO s/s UNE-EN 10216 S1 (DIN 2448)
-----------------	--

Tramo	Inicio	Fin	Caudal tramo (L/h)	Longitud (m)	DN (mm)	Selección tubería	Diámetro interior (mm)	Volumen (L)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga lineal (mmca/m)	Longitud equivalente (m)	Longitud total (m)	Pérdida de carga total (mca)	Presión inicial (mca)	Presión final (mca)
Salida de bomba	1	2	34.000	0,0	80	3"	82,5	0,0	1,77	39,24	0,00	0,00	0,00	16,00	16,00
Interior contenedor (imp)	2	3	34.000	3,6	80	3"	82,5	19,3	1,77	39,24	36,49	40,10	1,57	16,00	14,43
Aeroenfriador propio (imp)	3	4	17.000	1,9	80	3"	82,5	10,1	0,88	10,57	23,52	25,42	0,27	14,43	14,16
Aeroenfriador propio (ret)	4	5	17.000	1,8	80	3"	82,5	9,4	0,88	10,57	40,56	42,32	0,45	14,16	13,71
Aeroenfriador anexo (imp)	3	6	17.000	9,4	80	3"	82,5	50,3	0,88	10,57	46,10	55,50	0,59	14,43	13,84
Aeroenfriador anexo (ret)	6	5	17.000	8,6	80	3"	82,5	45,8	0,88	10,57	63,14	71,71	0,76	13,84	13,08
Interior contenedor (ret)	5	1	34.000	9,9	80	3"	82,5	53,2	1,77	39,24	300,06	310,01	12,16	13,08	0,92

Figura 5.3 Dimensionado de las bombas y tuberías a instalar. Alta temperatura – Motor 5

	EFIENER ENGINYERIA, SLP C. General Prim, 3, 1r 1a 08940 Cornellà de Llobregat (Barcelona) Tel. 93 405 34 58 Fax 93 519 81 28 www.efiener.com
---	---

CLIENTE: TERSA	PROYECTO: Optimización de la refrigeración de seis motores de cogeneración	FECHA: 06-07-2018
-----------------------	---	--------------------------

CÁLCULO HIDRÁULICO

Parámetros de diseño

Temperatura de impulsión	°C	90,0
Temperatura de retorno	°C	67,3
Temperatura media del fluido	°C	80,0

Concentración propilenglicol	%	40
Punto de fusión	°C	-21,0
Densidad	kg/m ³	1.001,0
Viscosidad dinámica	Pa·s	0,000961

<p>Fórmula de Darcy-Weisbach:</p> $\Delta H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$ <p> ΔH: pérdida de carga (mca) f: factor de fricción L: longitud (m) D: diámetro (m) </p>	<p>Fórmula de Colebrook-White:</p> $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$ <p> f: factor de fricción K: rugosidad absoluta (m) D: diámetro (m) Re: número de Reynolds </p>
---	---

Material	ACERO NEGRO s/s UNE-EN 10216 S1 (DIN 2448)
----------	--

Tramo	Inicio	Fin	Caudal tramo (L/h)	Longitud (m)	DN (mm)	Selección tubería	Diámetro interior (mm)	Volumen (L)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga lineal (mmca/m)	Longitud equivalente (m)	Longitud total (m)	Pérdida de carga total (mca)	Presión inicial (mca)	Presión final (mca)
Salida de bomba	1	2	34.000	0,0	80	3"	82,5	0,0	1,77	39,24	0,00	0,00	0,00	16,00	16,00
Interior contenedor (imp)	2	3	34.000	3,6	80	3"	82,5	19,3	1,77	39,24	36,49	40,10	1,57	16,00	14,43
Aeroenfriador propio (imp)	3	4	17.000	1,9	80	3"	82,5	10,1	0,88	10,57	23,52	25,42	0,27	14,43	14,16
Aeroenfriador propio (ret)	4	5	17.000	1,8	80	3"	82,5	9,4	0,88	10,57	40,56	42,32	0,45	14,16	13,71
Aeroenfriador anexo (imp)	3	6	17.000	14,6	80	3"	82,5	78,2	0,88	10,57	46,10	60,73	0,64	14,43	13,78
Aeroenfriador anexo (ret)	6	5	17.000	13,8	80	3"	82,5	73,8	0,88	10,57	63,14	76,94	0,81	13,78	12,97
Interior contenedor (ret)	5	1	34.000	9,9	80	3"	82,5	53,2	1,77	39,24	300,06	310,01	12,16	12,97	0,81

Figura 5.4 Dimensionado de las bombas y tuberías a instalar. Alta temperatura – Motores 1-2

5.3.7 Nueva potencia de enfriamiento

Estimando una temperatura de entrada del aire a los aerofriadores de 40°C, se calcula la potencia frigorífica aportada a cada motor por la conexión en paralelo de dos aerofriadores teniendo en cuenta que por cada uno de ellos circulará la mitad del caudal de agua del que circula actualmente.

Los parámetros de cálculo son los siguientes:

	Circuito de agua	Valor	Circuito de aire	Valor
Circuito Baja Temp.	Caudal medio	13 m ³ /h	Caudal medio	88.955 m ³ /h
	Temperatura entrada media	52,6 °C	Temperatura entrada media	40,0 °C
	Temperatura salida media	48,9 °C	Temperatura salida media	41,8 °C
Circuito Alta Temp.	Caudal medio	17 m ³ /h	Caudal medio	88.955 m ³ /h
	Temperatura entrada media	90,0 °C	Temperatura entrada media	42,0 °C
	Temperatura salida media	67,3 °C	Temperatura salida media	56,4 °C

Tabla 5.1 Nuevos parámetros de funcionamiento de los dos circuitos del aerofriador

Según los parámetros anteriores, la suma de potencias disipadas por el agua del motor en el circuito de alta temperatura es de 456,0 kW, mientras que en el circuito de baja temperatura es de 57,8 kW. Teniendo en cuenta que cada motor dispondrá de dos aerofriadores, estas potencias ascienden a 911,9 kW y 115,7 kW respectivamente.

Según estos valores, la potencia frigorífica aportada sería notoriamente superior a la necesaria para la refrigeración de los motores, fijada en 661 kW según datos del proyecto inicial de la planta. Por lo tanto, aunque en épocas de temperaturas exteriores y de radiación solar altas, la temperatura exterior sea superior a la indicada en los parámetros del proyecto inicial, cada aerofriador dispondrá de margen suficiente para enfriar el agua a la temperatura requerida. Para más detalle del cálculo se adjuntan en documento anexo las hojas de cálculo y selección de los aerofriadores.

5.3.8 Cálculo del vaso de expansión de la instalación

Se procede a continuación a dimensionar el vaso de expansión de los circuitos de refrigeración de alta y baja temperatura, según los parámetros de la siguiente tabla:

	BAJA TEMP.	ALTA TEMP.
Equipos / Depósitos / Tuberías	Volumen (litros)	Volumen (litros)
Tuberías	186	244
Depósitos y equipos	225	375
Volumen de seguridad (20%)	82	124
Contenido total de agua en el circuito (litros)	493	743

	BAJA TEMP.	ALTA TEMP.
Equipos / Depósitos / Tuberías	Volumen (litros)	Volumen (litros)
Fluido	Agua	Agua
Concentración del glicol (%)	0	0
Temperatura máxima (°C)	90	90
Coeficiente de expansión Ce	0,0327	0,0327
Volumen útil Vu (litros)	16,14	24,31

Presión de tarado de la válvula de seguridad (relativa) (bar)	3,00	3,00
Presión mínima en el vaso de expansión (relativa) (bar)	1,50	1,50
Presión máxima PM (absoluta) (bar)	3,65	3,65
Presión mínima Pm (absoluta) (bar)	2,50	2,50
Coeficiente de presiones Cp	3,1739	3,1739
Volumen total del vaso de expansión (litros)	51,21	77,16

Nota: Símbolos, unidades y definiciones según norma UNE 100155:2004

Figura 5.5 Dimensionado vaso de expansión de los circuitos de refrigeración de baja y alta temperatura

5.4 Instalación eléctrica

La instalación eléctrica a realizar comprenderá la nueva ejecución de la alimentación para los ventiladores del aroenfriador que se añade a cada motor y de la bomba que se añade al circuito de alta temperatura.

Si es posible, se primará la alimentación eléctrica desde el cuadro distribución ubicado en el mismo contenedor de cada motor, quedando fuera del ámbito de este proyecto la instalación aguas arriba de este cuadro. Se valorará, por tanto, la posibilidad de ubicar todos los elementos en cuadro eléctrico existente. No obstante, en caso de no ser posible esta premisa, se instalará un nuevo cuadro eléctrico exclusivo para los nuevos equipos y la bomba anteriormente mencionada.

Las protecciones y elementos a instalar dentro del cuadro incluyen:

- Protecciones (guardamotor, diferenciales y contactores) para alimentación y maniobra de cada ventilador de potencia individual 2,4 kW y sin variador de frecuencia. En total cuatro líneas.
- Protecciones (guardamotor, diferenciales y contactores) para alimentación y maniobra de la bomba del circuito de alta temperatura, de potencia 3 kW y sin variador de frecuencia.
- Contactos auxiliares a sistema de control en todos los interruptores.
- Reserva equipada para consumo de 5 kW.

- Selectores ON/OFF/AUTO para todos los equipos montados en puerta.
- Bornes, cableado auxiliar, esquemas eléctricos actualizados, letreros de fórmica identificadores de cada elemento y material auxiliar de montaje.

La potencia eléctrica consumida por los nuevos equipos es de 12,6 kW.

Para la conexión de alimentación de los ventiladores con potencia individual de 2,4 kW cada uno de ellas y de la bomba del circuito de alta temperatura se tenderán líneas mediante cables RZ1-06/1KV 3x(6) mm² +TT(6) mm² a partir de protecciones de motor, diferenciales y contactores en el cuadro.

NOTAS:

En el cuadro a modificar se incluirá maniobra, selectores ON/OFF/AUTO para equipos montados en puerta, bornes, cableado auxiliar, esquemas eléctricos actualizados, letreros de fórmica identificadores de cada elemento y material auxiliar de montaje.

Si no fuese posible ubicar todos estos elementos dentro del cuadro de distribución existente, se dispondría de un nuevo armario con interruptor general magnetotérmico y diferencial para el nuevo cuadro con las características que se describen a continuación.

El nuevo cuadro, dispondría en su interior de espacio suficiente para colocar todas las protecciones diferenciales y magnetotérmicas y aparamenta eléctrica necesaria.

En tal caso, se sobredimensionaría la envolvente de forma que permita una ampliación del orden del 20%. El cuadro deberá incorporar luz, ventilación frontal y toma de corriente monofásica interior para mantenimiento.

El cuadro eléctrico se situaría contiguo al cuadro actual, y desde allí se distribuirían las líneas de alimentación para todos los equipos mediante una bandeja en la mayor parte de su recorrido y por tubo en el resto del recorrido has su conexión al equipo consumidor. Se podrán aprovechar las bandejas eléctricas existentes.

La tensión de alimentación del cuadro sería de 400 V trifásico (tensión de línea) y frecuencia 50 Hz, formada por tres fases activas, neutro y tierra. La alimentación de los equipos será análoga pero sin neutro.

Los cuadros eléctricos y sus componentes serán proyectados, construidos y conectados de acuerdo con las siguientes normas y recomendaciones: UNE-EN 60439.1, UNE-EN 60439.3 y UNE 20451. Se montarán con carátulas troqueladas metálicas y aislantes.

El interruptor general será de tipo manual en carga, en caja moldeada aislante, de corte plenamente aparente, con indicación de “sin tensión” sólo cuando todos los contactos estén efectivamente abiertos y separados por una distancia conveniente.

Las salidas de baja potencia estarán constituidas por interruptores automáticos magnetotérmicos modulares para el mando y protección de circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos, de las características siguientes: calibres de 6 a 63 A regulados a 20°C, tensión nominal 230/400 V corriente alterna, frecuencia 50 Hz y poder de corte de acuerdo con la corriente máxima de cortocircuito que tengan que abrir en cada caso.

Todas las salidas estarán protegidas contra defectos de aislamiento mediante interruptores diferenciales de las siguientes características: calibre mínimo 25 A, tensión nominal 230 V (unipolares) o 400 V (tetrapolares), sensibilidad 300 mA en el caso de alimentación a máquinas y motores y 30 mA en alumbrado y tomas de corriente.

En lo que respecta a la instalación eléctrica hasta los equipos consumidores se realizará con los siguientes elementos:

- Cables: se utilizarán cables no propagadores de la llama en caso de incendio, libres de halógenos, con baja emisión de humos y no propagadores de incendio (clase AS). Los conductores serán de cobre con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefinas para 1.000 V con designación RZ1-K 0,6/1 kV según UNE21.123. En el caso de líneas monofásicas se utilizarán cables H07Z1-K de tensión de aislamiento 450/750 V.
- Tubos: en ejecución de superficie, serán de acero galvanizado blindado roscado/enchufable. En ejecución empotrada serán de PVC doble capa con grado de protección 7.
- Bandejas: serán de acero galvanizado por inmersión en caliente, de tipo estanco y con tapa registrable.
- Cajas de empalme: en ejecución de superficie, serán de material aislante de gran resistencia mecánica y auto-extinguibles dotadas de racores, o bien metálicas plastificadas con grado de protección IP55.

Para la colocación de los conductores se seguirá lo descrito en la Instrucción ITC-BT-20.

Los diámetros exteriores nominales mínimos para los tubos protectores en función del número, clase y sección de los conductores que han de alojar, según el sistema de instalación y clase de tubo, serán los fijados en la instrucción ITC-BT-21.

Las cajas de derivaciones estarán dotadas de elementos de ajuste para la entrada de tubos. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que hayan de contener. Su profundidad equivaldrá, por lo menos, al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm de profundidad y 60 mm para el diámetro o lado interior. Cuando deban ser estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión.

Las líneas sobre bandejas estarán constituidas por conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado para 1.000 V de servicio, designación RZ1-K 0,6/1 kV.

5.5 Instalación de control

5.5.1 Control de los aroenfriadores

Los dos aroenfriadores en la nueva configuración en paralelo formarán conjunto en la instalación existente para refrigerar a un motor.

El sistema de control de los aeroenfriadores seguirá trabajando como en la actualidad, en función de la temperatura de salida del agua del circuito del aeroenfriador. Es decir, en función de la temperatura medida se irán encendiendo secuencialmente grupos de dos ventiladores, uno por cada aeroenfriador de los dos aeroenfriadores del conjunto, hasta completar los cuatro ventiladores de cada aeroenfriador. Adicionalmente se seguirán los siguientes parámetros:

- Como mínimo un ventilador de cada aeroenfriador estará en marcha mientras el motor se mantenga en funcionamiento.
- La activación del segundo y sucesivos ventiladores vendrá condicionada a que la temperatura del anillo del agua en el punto de medición, medida por sonda, esté por encima de un valor consignable durante un tiempo consignable. Teniendo en cuenta las consignas actuales, la activación de los ventiladores seguirá la siguiente secuencia:
 - Activación del segundo ventilador de cada aeroenfriador: temperatura superior a 65°C.
 - Activación del tercer ventilador de cada aeroenfriador: temperatura superior a 68°C.
 - Activación del cuarto ventilador de cada aeroenfriador: temperatura superior a 70°C.
- En lo que refiere a la parada de ventiladores, el paro del cuarto ventilador de cada aeroenfriador vendrá condicionado a que la temperatura del anillo del agua en el punto de medición, medida por sonda, esté por debajo de un valor consignable durante un tiempo consignable. Teniendo en cuenta las consignas actuales, el paro de los ventiladores seguirá la siguiente secuencia:
 - Paro del cuarto ventilador de cada aeroenfriador: temperatura inferior a 65°C.
 - Paro del tercer ventilador de cada aeroenfriador: temperatura inferior a 62°C.
 - Paro del segundo ventilador de cada aeroenfriador: temperatura inferior a 60°C.

5.5.2 Control de los grupos de bombeo

No se prevé cambiar el funcionamiento del grupo de bombeo existente para el circuito de baja temperatura.

En lo que respecta a la nueva bomba a instalar en el circuito de alta temperatura, en serie con la bomba mecánica interna del motor, éste se pondrá en marcha en el momento en que el motor se ponga en marcha y parará cuando el motor pare.

5.5.3 Maniobra eléctrica

Los aeroenfriadores adicionales de cada motor se alimentarán eléctricamente desde el cuadro de la cabina del motor al que den servicio.

Todos los equipos dispondrán de selector tipo ON-OFF-AUTO panelado en el cuadro. Se dispondrán contactos auxiliares tanto en el selector manual como en las protecciones del aeroenfriador que informen al sistema de control respecto de posibles anomalías.

5.5.4 Listado de señales de entrada y salida (E/S)

A continuación se incluye el listado de entradas y salidas conectadas al sistema de control en lo referente al sistema de control de la modificación de cada motor:

CONTROL CIRCUITO ALTA TEMPERATURA	EA	ED	SA	SD	CONEXIÓN
SONDA TEMPERATURA RETORNO (EXISTENTE)	1				-
SONDA PRESIÓN RETORNO (EXISTENTE)	1				-
MARCHA/PARO BOMBA CIRCUITO				1	-
ESTADO BOMBA CIRCUITO		1			-
TOTAL PUNTOS	2	1	-	1	

CONTROL CIRCUITO BAJA TEMPERATURA	EA	ED	SA	SD	CONEXIÓN
SONDA TEMPERATURA RETORNO	1				-
SONDA PRESIÓN RETORNO	1				-
MARCHA/PARO BOMBA CIRCUITO (EXISTENTE)				1	-
ESTADO BOMBA CIRCUITO (EXISTENTE)		1			-
TOTAL PUNTOS	2	1	-	1	

CONTROL AEROENFRIADORES	EA	ED	SA	SD	CONEXIÓN
MARCHA/PARO VENTILADORES AEROENF. PROPIO (EXISTENTE)				4	-
ESTADO VENTILADORES AEROENF. PROPIO (EXISTENTE)		4			-
MARCHA/PARO VENTILADORES AEROENF. ANEXO				4	-
ESTADO VENTILADORES AEROENF. ANEXO		4			-
TOTAL PUNTOS	-	8	-	8	

CONTROL INSTALACIÓN TOTAL	EA	ED	SA	SD
TOTAL PUNTOS POR MOTOR	4	10	-	10
TOTAL PUNTOS EN LA INSTALACIÓN (3 motores)	12	30	-	30

Tabla 5.2 Listado de entradas/salidas del sistema de control

En todos los casos, el cableado de control se dispondrá separado del de potencia, y nunca en la misma canalización para evitar interferencias que generen mal funcionamiento de los equipos. El cableado de las señales analógicas y de los buses de comunicación deberá ser siempre apantallado.

Los cables de señal deberán ser de tensión de aislamiento 300/500 V o superior, libres de halógenos y apantallados cuando se trate de señales analógicas. Para alimentaciones a instrumentos el tipo de cable a utilizar corresponde al RZ1-K 0,6/1 kV.

5.6 Retirada de equipos e instalaciones

Será también objeto del presente proyecto el desmontaje y la retirada hasta desguace homologado de todos los equipos, redes de tuberías e instalación eléctrica (cuadros y cableado) que queden fuera de servicio.

6 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Se adjuntan a continuación las mediciones de los diferentes capítulos que componen el proyecto objeto del presente documento.

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
1		OBRA CIVIL	1	2.150,00	2.150,00 €
1.1	ud	Reparación de desperfectos Partida alzada de reparación de los desperfectos que pudiera causar la ejecución de la instalación durante las obras.	1	650,00	650,00 €
1.2	ud	Otros trabajos obra civil Otros trabajos asociados a obra civil, incluyendo: - Dirección técnica y coordinación en obra de los trabajos de ejecución. - Preparación del Plan de Seguridad y Salud de la obra - Disposición de medios de elevación y transporte necesarios para la realización de los trabajos ofertados. - Limpieza final de la obra una vez acabados los trabajos de ejecución.	1	1.500,00	1.500,00 €
2		INSTALACIÓN MECÁNICA			49.578,00 €
		EQUIPOS			
2.1	ud	Bomba centrífuga circuito alta temperatura Grundfos Suministro y colocación de bomba centrífuga normalizada GRUNDFOSS TP 80-180/2 380/400 V o similar de las siguientes características: - Caudal: 34 m3/h - Altura: 16 mca - Motor eléctrico de 3 kW, clase IE3 Se incluye transporte, descarga y ubicación en planta, fijación, conexionado eléctrico, bridas de unión, juntas, tornillos y material auxiliar de montaje que se requiera.	3	2.788,00	8.364,00 €
		CIRCUITO HIDRÁULICO			
2.2	m	Tubo acero negro s/sold., D=65 cm, soldado, dific.media, col.superf. Sum. y col. de tubo de acero negro sin soldadura de diámetro nominal 2 1/2" (DN-65), según la norma DIN 2448 / UNE19.052, soldado, con grado de dificultad media y colocado superficialmente. Incluye p.p. de accesorios de unión y soportes, así como pintado con 2 capas de pintura antioxidante.	70	42,38	2.966,60 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
2.3	m	<p>Tubo acero negro s/sold., D=80 cm, soldado, dific.media, col.superf.</p> <p>Sum. y col. de tubo de acero negro sin soldadura de diámetro nominal 3" (DN-80), según la norma DIN 2448 / UNE19.052, soldado, con grado de dificultad media y colocado superficialmente. Incluye p.p. de accesorios de unión y soportes, así como pintado con 2 capas de pintura antioxidante.</p>	80	51,78	4.142,40 €
2.4	ud	<p>Válvula mariposa para bridas, DN=65mm, PN=16</p> <p>Suministro y colocación de válvula de mariposa manual montada entre bridas, de diámetro nominal DN-65 mm, de 16 bar de presión nominal, de fundición, montada superficialmente y con aislamiento térmico y protección mecánica exterior según los requerimientos anteriores.</p>	12	174,00	2.088,00 €
2.5	ud	<p>Válvula mariposa para bridas, DN=80mm, PN=16</p> <p>Suministro y colocación de válvula de mariposa manual montada entre bridas, de diámetro nominal DN-80 mm, de 16 bar de presión nominal, de fundición, montada superficialmente y con aislamiento térmico y protección mecánica exterior según los requerimientos anteriores.</p>	12	189,00	2.268,00 €
2.6		<p>Conexión bomba DN-80</p> <p>Suministro y colocación de conjunto para conexión de bomba DN-80 a circuito hidráulico formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Válvulas de mariposa de DN-80 - 1 Válvula de retención DN-80 - 2 Manguitos antivibratorios DN-80 - 1 Filtro colador DN-80 - 1 puente manométrico con 2 llaves de corte de 1/2" y manómetro de glicerina - 1 Punto de vaciado según ITE con válvula de bola de 1/2" <p>Se incluye aislamiento térmico K-FLEX ST o equivalente y recubrimiento de aluminio para las válvulas y p.p. de material auxiliar de montaje, según requerimientos anteriores.</p>	3	1.900,00	5.700,00 €
2.7	ud	<p>Vaso de expansión 50 L, plancha de acero, membrana elástica</p> <p>Suministro y colocación de vaso de expansión cerrado de 50 litros de capacidad, vertical con patas, de plancha de acero galvanizado y membrana elástica recambiable, con conexión de 2". Totalmente instalado incluyendo p.p. de accesorios de montaje.</p>	1	250,00	250,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
2.8	ud	Vaso de expansión 75 L, plancha de acero, membrana elástica Suministro y colocación de vaso de expansión cerrado de 75 litros de capacidad, vertical con patas, de plancha de acero galvanizado y membrana elástica recambiable, con conexión de 2". Totalmente instalado incluyendo p.p. de accesorios de montaje.	1	350,00	350,00 €
2.9	ud	Picajes para interconexión de circuitos de baja temperatura Realización de picajes sobre tuberías de 2 1/2" de acero al carbono para la conexión entre el circuito de baja temperatura del aerofriador propio del motor y el circuito de baja temperatura del aerofriador del motor anexo según P&ID. Incluye la protección mecánica del mismo según los requerimientos anteriores.	6	40,00	240,00 €
2.10	ud	Picajes para interconexión de circuitos de alta temperatura Realización de picajes sobre tuberías de 3" de acero al carbono para la conexión entre el circuito de alta temperatura del aerofriador propio del motor y el circuito de alta temperatura del aerofriador del motor anexo según P&ID. Incluye la protección mecánica del mismo según los requerimientos anteriores.	6	45,00	270,00 €
2.11	ud	Purgador de aire Suministro e instalación de purgador automáticos de gran capacidad para eliminar el aire de la instalación. Deberán ser accesibles. Sobre la línea de purga se instalará una válvula de corte manual, preferentemente de tipo bola o esfera de diámetro mínimo DN-15. Totalmente instalado.	12	40,00	480,00 €
2.12	ud	Puntos de vaciado Suministro e instalación de puntos de vaciado para poder realizar el vaciado de la instalación hidráulica. Deberán ser accesibles. Se instalará una válvula de corte manual, preferentemente de tipo bola o esfera de diámetro mínimo DN-25. Se conducirán hasta punto de desagüe más cercano. Totalmente instalado.	3	190,00	570,00 €
2.13	ud	Válvula de equilibrado TA Staf DN-65 Válvula de equilibrado de caudal TA Staf para regulación del caudal de agua de retorno del circuito de baja temperatura, 65 mm de diámetro nominal, 16 bar de presión nominal.	6	490,00	2.940,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
2.14	ud	Válvula de equilibrado TA Staf DN-80 Válvula de equilibrado de caudal TA Staf para regulación del caudal de agua de retorno del circuito de baja temperatura, 80 mm de diámetro nominal, 16 bar de presión nominal.	6	904,00	5.424,00 €
2.15	pa	Revisión válvulas de tres vías DN-65 Partida alzada en concepto de revisión del funcionamiento de la válvula de tres vías mezcladora del agua de impulsión y retorno del circuito de refrigeración de baja temperatura. Diámetro nominal de 65 mm	3	150,00	450,00 €
2.16	pa	Revisión válvulas de tres vías DN-80 Partida alzada en concepto de revisión del funcionamiento de la válvula de tres vías mezcladora del agua de impulsión y retorno del circuito de refrigeración de baja temperatura. Diámetro nominal de 80 mm	3	175,00	525,00 €
2.17	m	Limpieza tuberías existentes Partida alzada en concepto de limpieza del interior de las tuberías existentes de los circuitos de refrigeración de baja y alta temperatura.	150	25,00	3.750,00 €
2.18	pa	Retirada de equipos fuera de uso Partida alzada en concepto de desconexión hidráulica y retirada de planta con los propios medios del proveedor de todos los equipos e instalaciones que queden fuera de uso una vez acabada la instalación: tuberías, bombas, restos de instalaciones hidráulicas, estructuras, etc. Se incluye su gestión con Gestor de Residuos Autorizado.	1	2.500,00	2.500,00 €
2.19	pa	Estructuras Partida alzada en concepto de estructuras de suportación para tuberías tanto en el interior de las salas como en exterior necesarias para el conexionado con la instalación existente.	1	2.500,00	2.500,00 €
INSTRUMENTACIÓN					
2.20	ud	Sonda de temperatura tubería agua 0-100°C Suministro e instalación de sonda de temperatura por termoresistencia con cabezal para salida 4-20 mA y vaina integral de tubo DIN 43772 para conexión a proceso mediante racor de compresión ajustable. Rango de medida: 0-150°C. Totalmente instalada en el retorno del circuito de baja temperatura, aguas abajo de la válvula de tres vías mezcladora.	3	250,00	750,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
2.21	ud	Sonda de presión tubería agua 0-10 bar Suministro e instalación de sonda de presión tipo piezorresistivo, para medida de presión en tubería de agua, con salida analógica 4-20 mA. Rango de medida: 0-10 bar. Incluye conexión a proceso mediante picaje y válvula de bola de 1/2". Totalmente instalada en el retorno del circuito de baja temperatura, aguas abajo de la válvula de tres vías mezcladora.	3	350,00	1.050,00 €
OTROS CONCEPTOS					
2.22	ud	Dirección técnica instalación mecánica Dirección técnica y coordinación en obra de los trabajos de ejecución, puesta en marcha y regulación de la instalación. Incluye realización de sesión de formación en el uso de la instalación al personal. Preparación de toda la documentación de obra de la instalación según pliego de condiciones y entrega de 2 copias en formato papel y 1 electrónica, comprendiendo: - Documentación técnica de todos los equipos y componentes de la instalación - Certificados de los materiales utilizados - Manuales de instrucciones de los diferentes nuevos equipos - Cualquier otra documentación que pueda considerarse relevante.	1	1.100,00	1.100,00 €
2.23	ud	Ayudas de paleta El industrial adjudicatario deberá asumir las ayudas de paleta derivadas de las actuaciones de instalación mecánica durante la ejecución del proyecto. Incluye: - Replanteo y marcaje en obra. - Abertura de rasas - Tapado de aberturas de paso de instalaciones, incluyendo restauración de sectores RF con certificado - Descarga y elevación de materiales en la obra - Retirada de la runa y basura resultado de los mismos trabajos, aportando los certificados correspondientes de gestor de residuos autorizado - Limpieza, saneado y pintado de paredes en las zonas en las que se retiren equipos - Limpieza final de obra una vez finalizada la instalación.	1	300,00	300,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
2.24	ud	Dotación de elementos de Seguridad y Salud El contratista de la instalación mecánica e hidráulica deberá incluir en su alcance la dotación de todos los elementos de seguridad e higiene requeridos por el cliente según los procedimientos establecidos en la planta y que son de su conocimiento. Esto incluye: realización de Plan de Seguridad y Salud, casetas de obra, vestuarios y lavabos si procede, medios de elevación requeridos para la ejecución de los trabajos, vallados, señalizaciones y balizamientos de todas las zonas de obra, asistencia a reuniones de obra y de coordinación de seguridad, etc.	1	250,00	250,00 €
2.25	ud	Comisionado de la instalación Ejecución de los protocolos de comisionado requeridos para la validación de la instalación.	1	350,00	350,00 €
3	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				10.317,00 €
MODIFICACIÓN ARMARIOS ELÉCTRICOS					
3.1	pa	Modificación armario alimentación del aeroenfriador Partida alzada en concepto de modificación del armario existente de alimentación eléctrica del aeroenfriador. Equipos y accesorios eléctricos a añadir al armario existente de alimentación del aeroenfriador. Incluir el montaje dentro del armario de: - Protecciones (guardamotor, interruptor diferencial y contactor) para alimentación y maniobra de cada ventilador del nuevo aeroenfriador con potencia de 2,4 kW cada uno. 4 líneas en total. - Protecciones (guardamotor, interruptor diferencial y contactor) para alimentación y maniobra de la bomba del circuito de alta temperatura con potencia de 3 kW. 1 línea en total. - Selector ON-OFF-AUTO panelado en el cuadro. 5 selectores en total. - Cableado de contactos auxiliares a sistema de control según esquemas de maniobra. - Reserva equipada para consumo de 5 kW. El conexionado de la maniobra debe realizarse según estándar de maniobra utilizado en dicho armario. Incluir realización y entrega de todos los esquemas de maniobra en formato papel y digital.	3	2.604,00	7.812,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
LÍNEAS ELÉCTRICAS					
3.2	Ud	<p>Cableado desde armario alimentación hasta 4 ventiladores aeroenfriador</p> <p>SUMINISTRO, MONTAJE, ETIQUETAJE Y CONEXIÓN del cableado de potencia desde armario hasta los 4 ventiladores del aeroenfriador, desde protecciones de salida en armario de alimentación hasta cajas de conexión de cada ventilador.</p> <p>Incluye cable RZ1-06/1KV 3x(6) mm² +TT(6) mm²</p> <p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fijación e instalación por dentro bandeja i tubo existente. - Bridas unex para fijación del cable en interior bandejas - 2 m de tubo rígido metálico adicional - Marcado y etiquetaje de cables. - Conexionado en ambos extremos. 	3	468,00	1.404,00 €
3.3	Ud	<p>Cableado desde armario alimentación hasta bomba AT en campo</p> <p>SUMINISTRO, MONTAJE, ETIQUETAJE Y CONEXIÓN del cableado de potencia desde armario hasta bomba de alta temperatura, desde protecciones de salida en armario de alimentación hasta cajas de conexión de bomba.</p> <p>Incluye todo el cableado necesario para la conexión de la bomba.</p> <p>Incluye cable RZ1-06/1KV 3x(6) mm² +TT(6) mm²</p> <p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fijación e instalación por dentro bandeja existente. - Bridas unex para fijación del cable en interior bandejas - 2 m de tubo rígido metálico adicional - Marcado y etiquetaje de cables. - Conexionado en ambos extremos. 	3	117,00	351,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
OTROS CONCEPTOS					
3.4	ud	<p>Dirección técnica instalación eléctrica</p> <p>Dirección técnica y coordinación en obra de los trabajos de ejecución, puesta en marcha y regulación de la instalación. Incluye realización de sesión de formación en el uso de la instalación al personal</p> <p>Preparación de toda la documentación de obra de la instalación según pliego de condiciones y entrega de 2 copias en formato papel y 1 electrónica, comprendiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esquemas eléctricos de armarios eléctricos existentes que se vean modificados por la ejecución del proyecto - Certificados de los materiales utilizados - Manuales de instrucciones de los diferentes equipos - Cualquier otra documentación que pueda considerarse relevante. 	1	200,00	200,00 €
3.5		<p>Ayudas de paleta</p> <p>El industrial adjudicatario deberá asumir las ayudas de paleta derivadas de las actuaciones de instalación eléctrica durante la ejecución del proyecto. Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Replanteo y marcaje en obra. - Abertura de rasas - Tapado de aberturas de paso de instalaciones, incluyendo restauración de sectores RF con certificado - Descarga y elevación de materiales en la obra - Retirada de la runa y basura resultado de los mismos trabajos, aportando los certificados correspondientes de gestor de residuos autorizado - Limpieza, saneado y pintado de paredes en las zonas en las que se retiren equipos - Limpieza final de obra una vez finalizada la instalación. 	1	250,00	250,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
3.6		Dotación de elementos de Seguridad y Salud El contratista de la instalación eléctrica deberá incluir en su alcance la dotación de todos los elementos de seguridad e higiene requeridos según los procedimientos establecidos en la planta y que son de su conocimiento. Esto incluye: realización de Plan de Seguridad y Salud, casetas de obra, vestuarios y lavabos si procede, medios de elevación requeridos para la ejecución de los trabajos, vallados, señalizaciones y balizamientos de todas las zonas de obra, asistencia a reuniones de obra y de coordinación de seguridad, etc.	1	100,00	100,00 €
3.7		Comisionado de la instalación Ejecución de los protocolos de comisionado requeridos para la validación de la instalación.	1	200,00	200,00 €
4	INSTALACIÓN DE CONTROL				6.400,00 €
4.1	ud	Conexión de los nuevos equipos a cuadro de control existente Partida alzada en concepto de conexión de los nuevos equipos e instrumentos a cuadro de control existente en planta, según lista de señales (por cada motor: 5 ED, 5 SD, 2 EA). Los cables de señal deberán ser de tensión de aislamiento 300/500V o superior, libres de halógenos y apantallados cuando se trate de señales analógicas.	1	750,00	750,00 €
4.2	ud	Ingeniería y programación Partida alzada en concepto de ingeniería y programación relativos a la integración de las nuevas señales al sistema de control de la planta, según lista de señales (por cada motor: 5 ED, 5 SD, 2 EA). Comprendiendo creación de nuevas pantallas, adquisición de señales e integración en sistema de control de planta existente; incluyendo los siguientes trabajos: - Modificación pantalla general - Programación lazos PID - Programación alarmas - Validación - Puesta en marcha Incluye prueba y puesta en marcha una vez acabados los trabajos de instalación.	3	1.800,00	5.400,00 €

ID	Ud.	Concepto	Cant.	Precio ud.	Importe
4.3	ud	Otros trabajos instalación de control Partida alzada en concepto de: - Dirección técnica y coordinación en obra de los trabajos de ejecución, puesta en marcha y regulación de la instalación. Incluye realización de formación en el uso de la instalación al personal designado. - Comisionado de la instalación según Plan de Validación., incluyendo redacción y ejecución del mismo. - Preparación de Plan de Seguridad y Salud de la obra, y documentación final de obra.	1	250,00	250,00 €
5	INGENIERIA				4.700,00 €
5.1	ud	Dirección Técnica de la obra Dirección Técnica de los trabajos de ejecución de la obra, incluyendo los siguientes aspectos: - Visitas periódicas a obra y asistencia telefónica a proveedores - Revisión del diseño y replanteo (si procede) - Actualización de P&ID de la instalación y layout de planta (as-built) - Asistencia técnica al proceso de validación - Participación en Formación a impartir al personal - Control económico de la obra y realización de certificaciones mensuales de los diferentes proveedores según avance de los trabajos	1	2.500,00	2.500,00 €
5.1	ud	Legalización eléctrica de la instalación Legalización de la instalación eléctrica realizada para la nueva instalación de agua fría, incluyendo la preparación y visado de proyecto en Colegio Profesional correspondiente (si procede) y la presentación y seguimiento hasta buen puerto de los expedientes ante los Servicios Territoriales de Industria y Entidades Colaboradoras. Se incluyen todos los trámites administrativos que se deban realizar con cualquier organismo oficial. NOTA: Se incluyen las tasas y los costes de visado de proyectos y certificados que se requieran.	1	2.200,00	2.200,00 €

Tabla 6.1 Mediciones del proyecto

6.2 Resumen

El precio reflejado es un precio medio de las distintas ofertas recibidas, que variará en función de la oferta final seleccionada.

Num.	Capítulo	Coste
1	Obra civil	2.150,00 €
2	Instalación mecánica	49.578,00 €
3	Instalación eléctrica	10.317,00 €
4	Instalación de control	6.400,00 €
5	Ingeniería	4.700,00 €
	IMPORTE TOTAL INVERSIÓN	73.145,00 €

Tabla 6.2 Resumen económico de las mediciones

ANEXO I. CÁLCULO DE LOS AEROENFRIADORES

Se adjuntan a continuación los cálculos realizados para la comprobación de los aeroenfriadores.



Cabero Heatexchanger

Customer	UNILAB SRL	Date	20.06.2018
To the k. a. of	Developers Team	Our Offer	-
Your Reference -		Description	

HEATING COIL - 5527Cu 38T 1NR 3400A 2,1P 19NC

Geometry	5527Cu	Coil Length	3400 mm		
Nr of Tubes per Row	38	Fin Pitch	2,10 mm		
Nr of Rows	1	Nr of Circuits	19	Tube Shape	Circular
Capacity			50620	W	
Exchange Surface			166,50	m ²	
Global Exchange Coefficient			31	W/(m ² K)	
DTML			9,8	°C	

AIR SIDE

Atmospheric Pressure / Altitude	1,01 / 0,00	bar A / m
Volumetric Air Flow	88955,0	m ³ /h
Mass Air Flow	99137	kg/h
Face Velocity on the Coil	3,48	m/s
Inlet Air Density	1,11	kg/m ³
Inlet Air Temperature	40,0	°C
Inlet Air Relative Humidity	41,00	%
Inlet Air Specific Humidity	18,90	g/kg AS
Inlet Air Enthalpy	88,83	kJ / kg
Outlet Air Temperature	41,8	°C
Outlet Air Relative Humidity	37,24	%
Outlet Air Specific Humidity	18,80	g/kg AS
Outlet Air Enthalpy	90,54	kJ / kg
Pressure Drop	18	Pa
Fouling Factor	0,000000	(m ² K)/W
Partial Exchange Coefficient	67	W/(m ² K)

FLUID SIDE

Fluid	ETHYLENE GLYCOL / WATER 40% (1 bar A)	
Volumetric Fluid Flow	13,0	m ³ /h
Mass Fluid Flow	13462	kg/h
Fluid Velocity	0,98	m/s
Inlet Fluid Temperature	52,6	°C
Outlet Fluid Temperature	48,9	°C
Total Pressure Drop Fluid Side	9,63	kPa
Partial Exchange Coefficient	3016	W/(m ² K)
Fouling Factor	0,000000	(m ² K)/W

GEOMETRICAL DETAILS

Geometry	5527Cu	
Nr of Rows / Nr of Tubes per Row	1 / 38	
Coil Length	3400	mm
Fin Pitch	2,10	mm
Nr of Circuits	19	
Fins Material / Tubes Material	Aluminium / Copper	
Fin Thickness	0,1200	mm
Coil Internal Volume	25,1	l
Tubes External Diameter	16,5	mm
Tubes Internal Diameter	15,7	mm
Number of skipped tube	0	



Cabero Heatexchanger

Customer	UNILAB SRL	Date	20.06.2018
To the k. a. of	Developers Team	Our Offer	-
Your Reference -		Description	
HEATING COIL - 5527Cu 38T 3NR 3400A 2,1P 57NC			
Geometry	5527Cu	Coil Length	3400 mm
Nr of Tubes per Row	38	Fin Pitch	2,10 mm
Nr of Rows	3	Nr of Circuits	57
		Tube Shape	Circular
Capacity		410916	W
Exchange Surface		499,49	m ²
Global Exchange Coefficient		28	W/(m ² K)
DTML		29,2	°C
AIR SIDE			
Atmospheric Pressure / Altitude		1,01 / 0,00	bar A / m
Volumetric Air Flow		88955,0	m ³ /h
Mass Air Flow		98382	kg/h
Face Velocity on the Coil		3,48	m/s
Inlet Air Density		1,11	kg/m ³
Inlet Air Temperature		42,0	°C
Inlet Air Relative Humidity		41,00	%
Inlet Air Specific Humidity		21,10	g/kg AS
Inlet Air Enthalpy		96,53	kJ / kg
Outlet Air Temperature		56,4	°C
Outlet Air Relative Humidity		19,88	%
Outlet Air Specific Humidity		21,00	g/kg AS
Outlet Air Enthalpy		111,35	kJ / kg
Pressure Drop		53	Pa
Fouling Factor		0,000000	(m ² K)/W
Partial Exchange Coefficient		67	W/(m ² K)
FLUID SIDE			
Fluid	ETHYLENE GLYCOL / WATER 40% (1 bar A)		
Volumetric Fluid Flow		17,0	m ³ /h
Mass Fluid Flow		17299	kg/h
Fluid Velocity		0,43	m/s
Inlet Fluid Temperature		90,0	°C
Outlet Fluid Temperature		67,3	°C
Total Pressure Drop Fluid Side		2,009734	kPa
Partial Exchange Coefficient		1751	W/(m ² K)
Fouling Factor		0,000000	(m ² K)/W
GEOMETRICAL DETAILS			
Geometry	5527Cu		
Nr of Rows / Nr of Tubes per Row	3 / 38		
Coil Length	3400		mm
Fin Pitch	2,10		mm
Nr of Circuits	57		
Fins Material / Tubes Material	Aluminium / Copper		
Fin Thickness	0,1200		mm
Coil Internal Volume	75,4		l
Tubes External Diameter	16,5		mm
Tubes Internal Diameter	15,7		mm
Number of skipped tube	0		

ANEXO II. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Se adjunta en documento independiente el *Estudio Básico de Seguridad y Salud*.

ANEXO III. PLANOS

Se adjuntan planos correspondientes a la modificación objeto del proyecto.