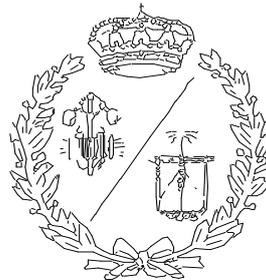




**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Proyecto Fin de Grado***

**SISTEMA DE LUBRICACION Y  
REFRIGERACION  
DE UNA TURBINA DE GAS**

**(Gas Turbine Lubrication and refrigeration System)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**Autor: F. Javier Revuelta Cayón**

**Julio - 2016**



## Agradecimientos

Quisiera empezar mostrando mi agradecimiento a mi familia y amigos, en especial a mis padres y mi hermana.

Seguir agradeciendo a mis compañeros de carrera que han hecho que estos años sean mucho más interesantes y amenos.

Por último, agradecer a Vulcanic Termoeléctrica, por darme la oportunidad de realizar el proyecto y porque sin sus consejos y ayudas, en especial Sergio Gutiérrez, habría sido imposible llevar a cabo este proyecto.

# Índice General

## 1. MEMORIA

### 1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.2. ANEXOS A LA MEMORIA

1.2.1. ANEXO : Cálculo mecánico tubería y codos

1.2.2. ANEXO: Cálculo mecánico depósito

1.2.3. ANEXO : Análisis hidráulico

1.2.4. ANEXO : Cálculo termoeléctrico del calentador

1.2.5. ANEXO : Cálculo mecánico del Calentador

1.2.6. ANEXO : Cálculo de aislamiento de tuberías

1.2.7. ANEXO : Elementos de regulación y control

1.2.8. ANEXO : Soldadura

1.2.9 ANEXO: Hoja de instrumentación

## 2. PLANOS

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES

## 4. PRESUPUESTO



# MEMORIA



## 1.1- Memoria Descriptiva

## Indice

1.1- Introducción	1
1.2 - Planteamiento del problema	2
1.3 - Posibles soluciones	4
1.4 - Opción escogida	8
1.5 - Descripción de la solución	8
1.6 - Funcionamiento	9

# 1 - Memoria Descriptiva

## 1.1 Introducción

La generación de electricidad es una necesidad vital de nuestra vida cotidiana. En la actualidad es prácticamente imposible realizar cualquier actividad sin el uso de la energía eléctrica. Su generación sin embargo plantea problemas científicos y tecnológicos muy complejos.

Esta electricidad que nosotros consumimos, y que se traslada a través de una red de transporte, se produce básicamente al transformar la energía cinética en energía eléctrica. Para ello, se utilizan turbinas y generadores. Las turbinas son equipos sofisticados que, impulsados por una energía externa provocan el movimiento de unas turbinas interiores. Los generadores son aparatos que transforman la energía cinética de una turbina, en energía eléctrica.

Para el funcionamiento correcto el sistema de máquinas que componen la turbina debe estar refrigerado y lubricado de aceite en todo momento de su funcionamiento. Y aquí es dónde se basará todo el proyecto.

Los lubricantes se clasifican en 2 tipos: Aceites minerales y aceites sintéticos.

Los aceites minerales proceden del petróleo, y son elaborados a partir del mismo después de múltiples procesos en sus plantas de producción, en las Refinerías. El petróleo crudo tiene diferentes componentes que lo hacen el indicado para la elaboración de distintos tipos de lubricantes como producto final.

Los lubricantes minerales ofrecen un buen desempeño de lubricación en diversos sistemas, pueden perder eficiencia cuando queramos alargar el periodo de cambio o trabajamos en condiciones severas, altas velocidades, frecuentes arranques y paros constantes del sistema, etc.

Los aceites sintéticos no tienen su origen directo del crudo o petróleo, sino que son creados de sub-productos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio. Al ser más larga y compleja su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales.

Los aceites sintéticos poseen tanto una estructura molecular uniforme, enlaces moleculares idénticos y fuertes como una estructura molecular saturada y libre de cera, combinación que hace posible que posean grandes ventajas de desempeño sobre los aceites minerales tales como: una mayor vida útil, mejor rendimiento, producción con menores interrupciones tanto en altas temperaturas y bajas.

Para el caso de las turbinas libres, es más recomendable usar el tipo de aceites sintéticos, debido a las características de uso de la turbina de gas móvil, ya que ésta debe de funcionar en condiciones óptimas, sin importar el clima en el que se esté operando. El tipo de aceite sintético a utilizar dependerá del sistema a lubricar. El aceite más adecuado es aquel que tiene como base a los esteres de fosfato, debido sus características físico-químicas tales como:

- Resistentes al fuego.



- Excelente adhesividad hacia las superficies metálicas.
- Buena estabilidad a temperaturas altas.
- Índices de viscosidad bajos.
- Volatilidad baja.

Las formas de lubricación de un sistema se dividen primordialmente en 2 tipos:

1. Película delgada. Se forma una capa de lubricante entre las superficies con espesores del orden de 0.003mm. Generalmente el lubricante se aplica sin elementos adicionales que permitan su recuperación, por lo cual se le conoce también como lubricación a toda pérdida.
2. Película fluida o dinámica. Esta puede ser por cuña, esta se forma por movimiento de las partes y la adherencia del lubricante a las superficies, separándolas al entrar a la zona de compresión. Un sistema de lubricación que mantiene presurizado al lubricante en el punto de lubricación, mediante una bomba, además de conducciones y depósitos de recuperación.

La fricción fluida será función principalmente de la viscosidad del lubricante empleado. Esta propiedad es la que le da el “cuerpo” al fluido.

La viscosidad es la resistencia a fluir, por ello los lubricantes ligeros fluyen más rápido que los pesados.

## 1.2 Planteamiento del problema

Entre dos superficies en contacto y en movimiento relativo de una respecto a la otra se crea una fuerza, llamada rozamiento, que se opone al movimiento de ambas superficies. Es decir, que cuando dos superficies tienen movimiento relativo hay una fuerza que lo impide. Esta fuerza está relacionada con las irregularidades de las superficies y con la atracción que ejercen los átomos de la capa superficial de cada uno de los materiales en contacto. Para evitar esta fuerza de rozamiento se interpone entre ellas una capa de lubricante, que disminuye enormemente la fuerza de rozamiento. Esta película de lubricante se divide en tres partes: dos, que quedan adheridas a cada una de las superficies en movimiento y otra intermedia que desliza entre ambas.

Con la lubricación se consigue, además de reducir el rozamiento, reducir el desgaste, evitar la corrosión, evacuar el calor producido en el rozamiento, eliminar las partículas que aparecen debidas al propio funcionamiento, limpiar las paredes de los cilindros de restos de carbonillas generadas en la combustión, amortiguar los golpes y reducir los ruidos.

Con lo cual el objetivo final del problema es la lubricación de los cojinetes y rodamientos de una turbina de gas, un compresor y la caja de cambios, así como, en nuestro caso planteado por el cliente, la lubricación del motor eléctrico que suministrara el movimiento al compresor. Otra función destacable



del sistema de lubricación es el de refrigerar las superficies calientes del conjunto de máquinas citado anteriormente.

La unidad de lubricación está separada de la turbina de gas. Por petición del cliente, proyecto llevará a cabo exclusivamente el diseño y estudio del llamado "Skid" del sistema. Es la parte inicial y más importante del sistema de lubricación y es la encargada de trasladar correctamente el aceite desde el depósito principal hasta las tuberías del conjunto de máquinas donde debe ir nuestro sistema unido. El objetivo principal es la traslación correcta del aceite, ya que éste debe hallarse a unas condiciones especificadas por el cliente a la salida del sistema, estas condiciones exigen un determinado caudal, temperatura y presión. Para ello debemos utilizar una gran variedad de instrumentos que se explicarán con detalle. Además, deberá tener implantado dispositivos de control y seguridad para evitar o reducir, con anticipación, errores que impidan el funcionamiento correcto, minimizando así el riesgo e impacto económico de un paro prematuro o fallo.

Pueden existir distintas formas de sistemas dependiendo de las características, ubicación y dimensiones de cada equipo a lubricar. Sin embargo, todas ellas llevarán ciertos componentes clave para la actividad. Todas deberán tener un depósito principal de aceite, donde está almacenado el aceite y donde retornará nuevamente al tanque después de terminar de lubricar el conjunto de máquinas.

Una bomba será la encargada de que el aceite lubricante llegue con la suficiente fuerza a todo el sistema.

Debido a que el aceite tiene una función refrigerante es necesario los enfriadores de aceite, baja la temperatura del fluido mediante intercambio de calor con agua.

Y por último pero no menos importante, la presencia de un filtro doble, que eliminaría las partículas y los productos de la degradación del aceite al mismo tiempo, y además separará el agua a través del principio de coalescencia.

Por lo tanto, el planteamiento del problema requerido, mediante las condiciones e indicaciones del cliente, es obtener a la salida del procedimiento el aceite a una temperatura de 50°C y a una presión de 3.0 bar.

El diseño se basa en el libro « *Process Plant Layout and piping design* ». En la siguiente figura se muestra un croquis antiguo de los sistemas de lubricación y refrigeración de una turbina.

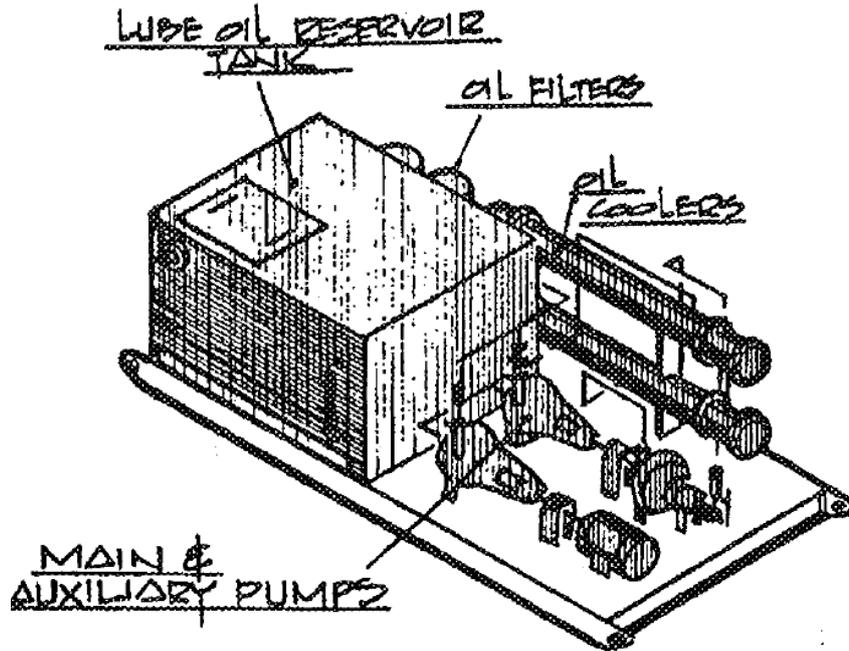


Fig.1- Croquis de diseño de un sistema refrigeración y lubricación estándar

### 1.3 Posibles soluciones

Como se comentó en el apartado anterior, un sistema de lubricación y refrigeración de una turbina debe tener, prácticamente obligatorio para funcionamiento correcto, un depósito, un calentador de aceite, bomba, enfriador y filtro. A partir de esto puede haber modificaciones, modificaciones dentro del ámbito instrumental o material. Estas modificaciones dependen de varios factores, entre ellos, los requerimientos del cliente y espacio donde se instalará el skid, el presupuesto o coste de la instalación, así como la precisión y la seguridad de funcionamiento y evitar así un fallo que paralice completamente el movimiento de la turbina.

A continuación, se plantearán posibles soluciones al problema:

- A) La primera opción es una solución eficaz y posiblemente la de mayor sencillez. Con lo cual, el coste del proyecto y el tiempo de ejecución será menor.

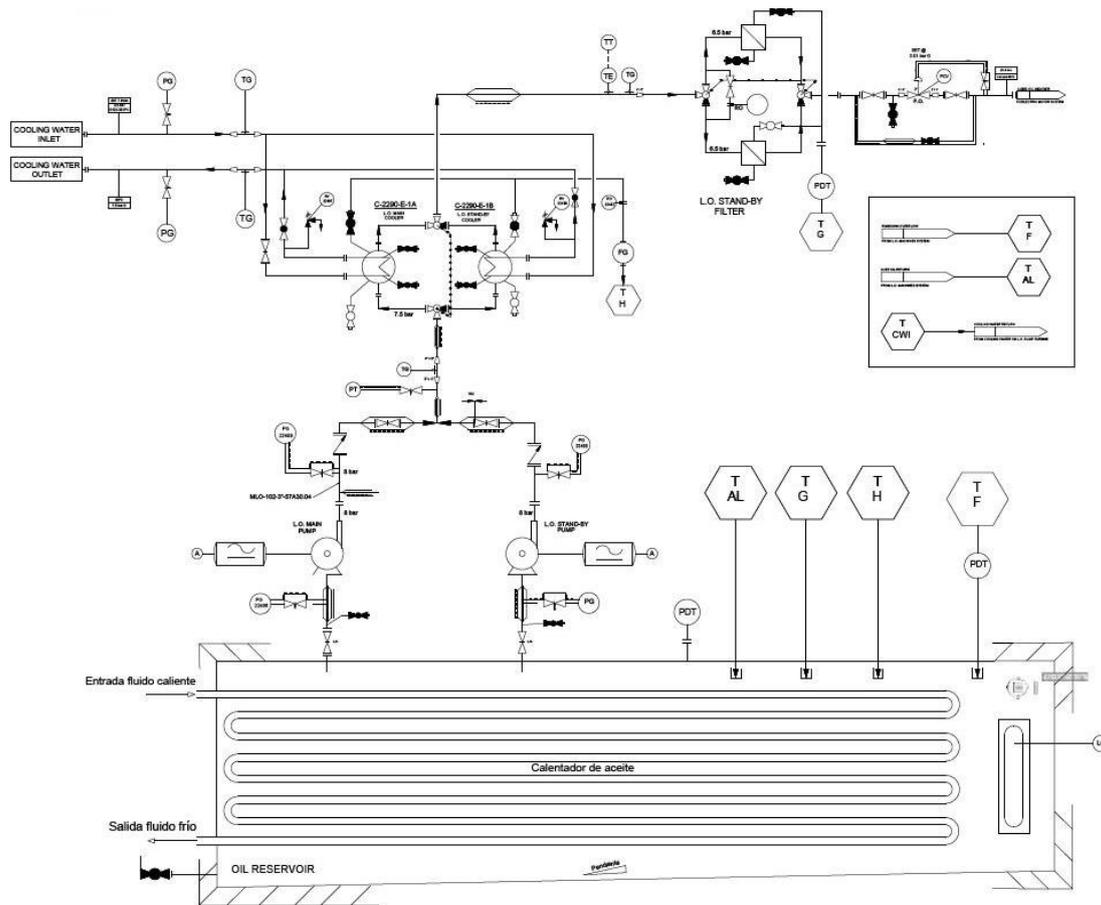


Fig.2 - Opción A) del sistema

El aceite previamente calentado antes del funcionamiento se calienta mediante un intercambiador de calor, el líquido caliente transfiere energía en forma de calor al aceite calentando este a la temperatura ideal para la viscosidad correcta.

Como aparece en el plano, la bomba accionada por el motor eléctrico de corriente alterna impulsa el aceite del depósito hacia una válvula de antirretorno (esencial en un sistema de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descargas de la bomba). El aceite por tanto se envía desde las bombas hacia los enfriadores, después a los filtros donde es depurado y finalmente sale hasta el punto final de nuestro sistema pasando por la válvula de control de presión, cuyo objetivo es precisar la presión a 3,01 bar. Posteriormente de lubricar y refrigerar el equipo vuelve al depósito de almacenamiento (indicados en el plano como TF Y T AL) donde es aspirado de nuevo por la bomba.

Además posee, a petición del cliente, una serie de transmisores y medidores de temperatura y presión con unión a una brida o válvula para leer en campo o en la sala de control la temperatura y presión en cada tramo

Esta unidad carece de un buen sistema de control del proceso y de precisión. Opción asequible para equipos con menos importancia a la temperatura y precisión a al que el aceite entre en la turbina o para proyectos que no cuenten con excesivo presupuesto.

- B) La segunda opción es una derivación más compleja de la primera opción, complementando el esquema más sencillo para asegurar así el rendimiento del sistema.

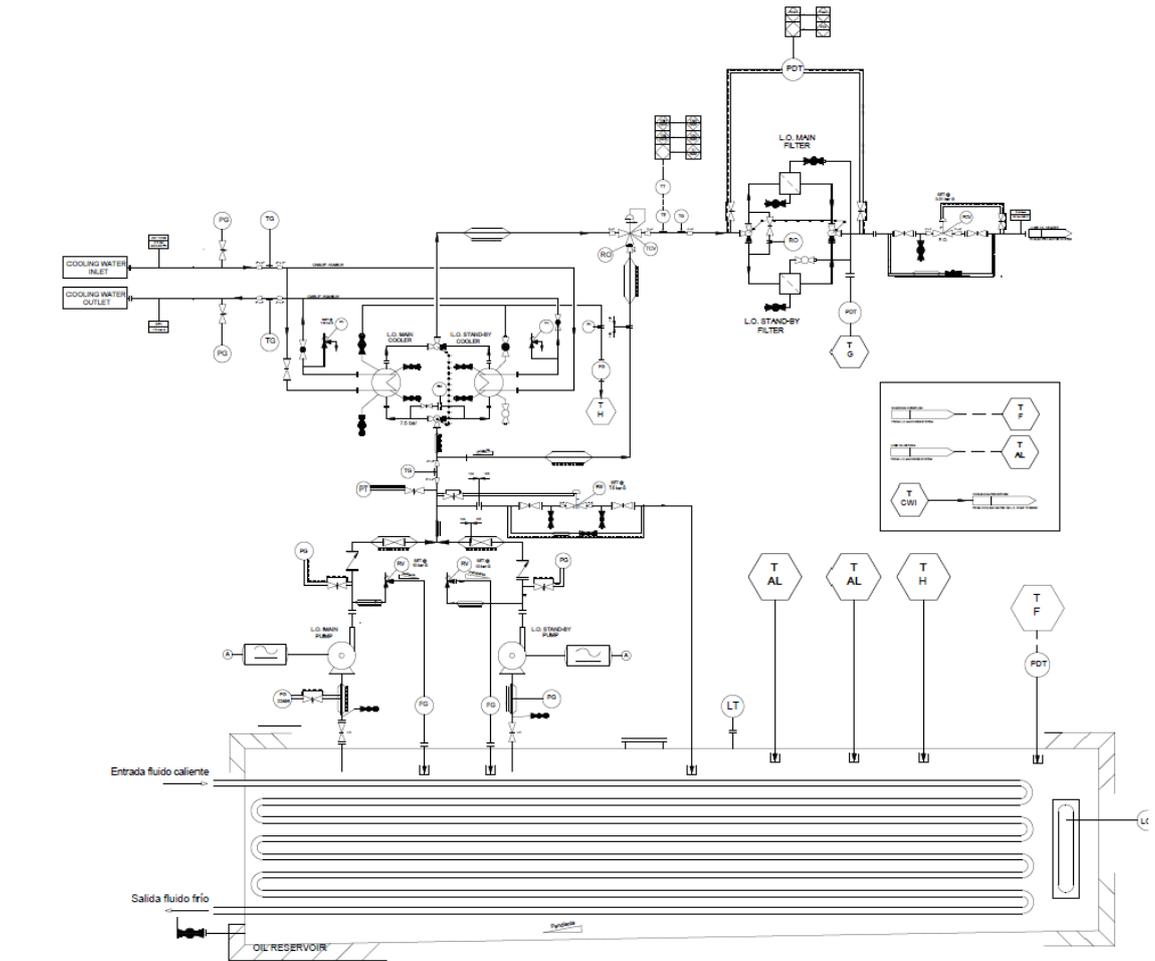


Fig.3 Sistema de refrigeración más complejo

Como se observa en el plano, es una alternativa más sofisticada, ya que cuenta con varios instrumentos cualificados de control para evitar algún tipo de parada o fallo y válvulas y sistemas para conseguir con exactitud la presión y temperatura sin tipo ningún percance.

Al igual que el anterior el aceite es calentado por medio de un intercambiador y el aceite es aspirado por la bomba. En este caso, a la salida de la bomba aparece una válvula de alivio que se acciona cuando la presión supera la presión de diseño del equipo. También antes del

enfriador hay otra válvula de control de control de presión (PCV), dónde neumáticamente controla la presión del circuito a una presión estimada, si sobrepasa esta presión el aceite regresa al depósito por una tubería secundaria.

El cambio más significativo es la colocación de una válvula de control de temperatura (TCV), encargada de controlar la temperatura que sale del enfriador y de la tubería instalada en forma de By-pass para equilibrar entre las dos a una temperatura deseada dependiendo del proyecto. Además también está instalado un diferencial de presión para controlar que los filtros no se obstruyan impidiendo así un fallo en el procedimiento.

C) La tercera opción es similar a la anterior, pero con varios cambios significativos respecto a la anterior opción :

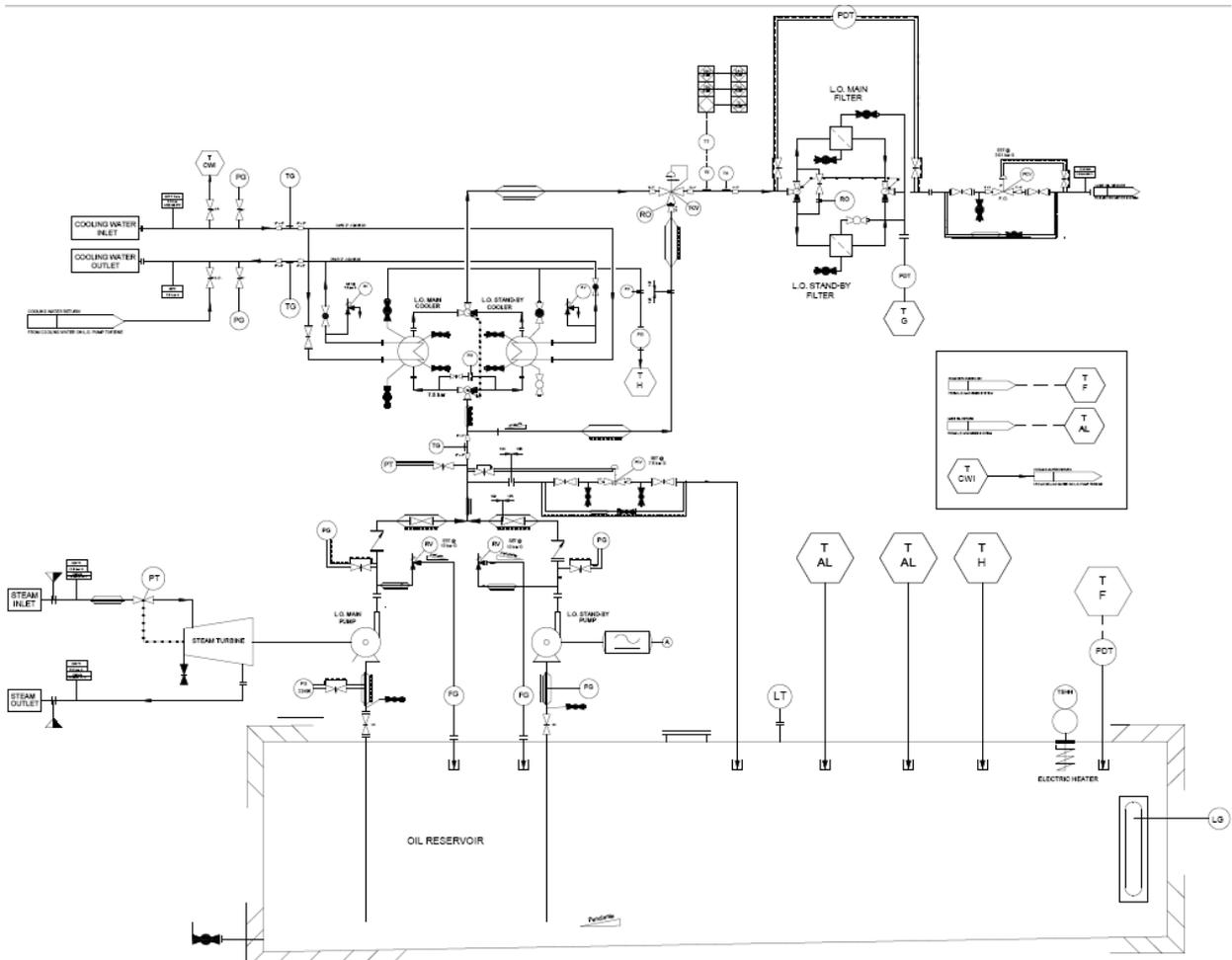


Fig.4 - Opción C) del sistema

Como se contempla en la figura, el primer cambio relevante es la sustitución de un intercambiador de calor en el depósito por un calentador eléctrico. Evitando así la obligación de transportar el fluido para calentar el aceite o si en



la planta instalada no existe la posibilidad de de calentar el aceite mediante un fluido.

El otro gran cambio es el reemplazo de un motor eléctrico en el accionamiento de la bomba principal de aceite por una turbina de vapor. Esto conllevaría a un coste mayor del presupuesto, así como la necesidad de poseer vapor suficiente para el funcionamiento de la turbina. En cambio mejoraría el rendimiento de la bomba y se reducirían pérdidas.

#### 1.4 Opción escogida

Dentro de la normalización de los sistemas, debido a la petición y exigencias del cliente, la opción A) quedaría descartada. Las otras dos opciones, como ya se comentó, son equipos muy sofisticados y cualificados. Además atribuyen una buena precisión, fiabilidad y control del conjunto.

Sin embargo, en nuestro caso existen varios motivos principales por el cual elegimos una de las dos opciones con claridad. La primera principalmente es la dedicación principal de Vulcanic, que es uno de los principales fabricantes de calentadores eléctricos mediante resistencias, calentando el depósito con un calentador con mayor precisión que un intercambiador. También reduciría el presupuesto considerablemente, ya que un intercambiador tiene un precio más elevado y también por la instalación de tuberías, válvulas, bridas, transmisores, medidores... para el transporte del fluido caliente.

La otra razón, pero no menos importante, es que la bomba principal sea accionada por una turbina de vapor. En nuestro caso, el cliente, gran fabricante de turbinas, pone a disposición una turbina de vapor. Cerca del emplazamiento, donde irá situado nuestro equipo, existe una instalación para otras turbinas de vapor. Por lo que a petición del cliente, el motor de la bomba será una turbina de vapor, mejorando el rendimiento que con un motor eléctrico, ya que el movimiento rotacional de la turbina desplaza los álabes de la bomba centrífuga (energía mecánica-energía mecánica). Por el otro lado, con un motor eléctrico conllevaría a una pérdida de energía al pasar de energía eléctrica a energía mecánica.

Con lo que la opción escogida es la última.

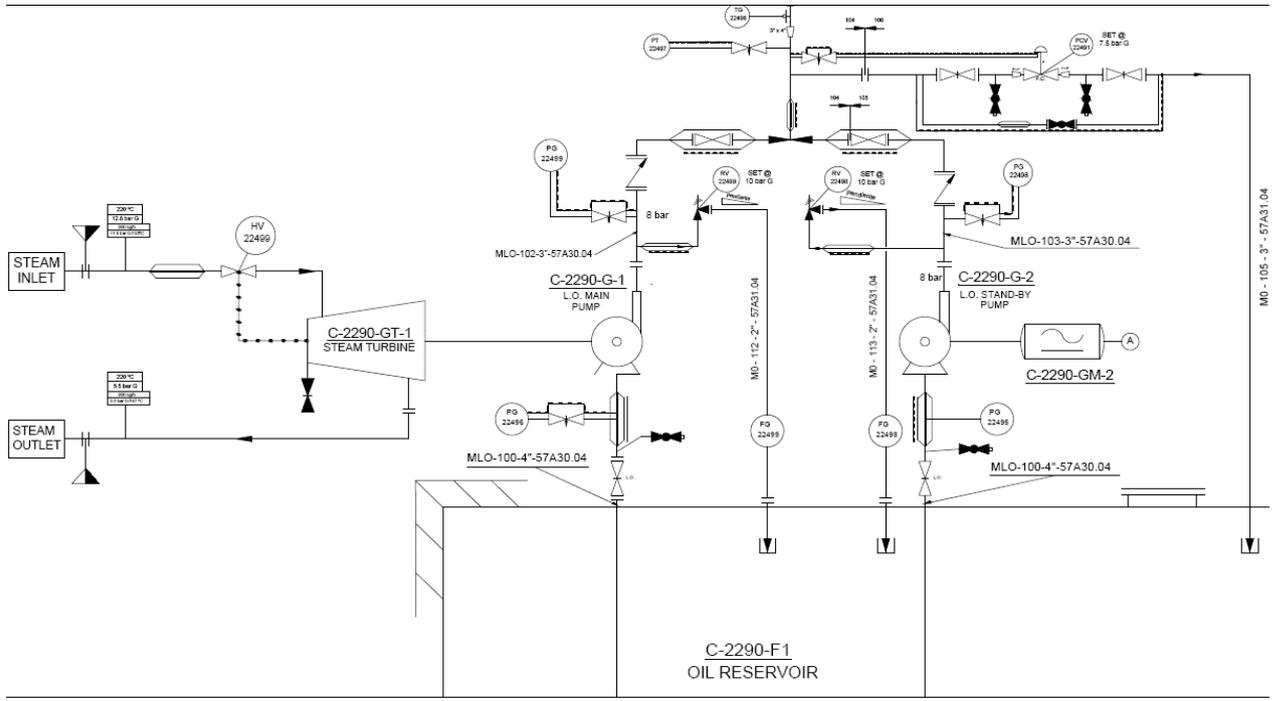
#### 1.5 Descripción de la solución

Necesitamos que el aceite asentado en el depósito, procedente del sistema de máquinas a lubricar y refrigerar (Motor, caja de cambios, compresor y turbina) a presión atmosférica y a una temperatura de 70°C se halle a la salida del sistema a una temperatura de 50°C y a una presión de 3 bares. Para ello se utilizará los instrumentos, máquinas y accesorios necesarios que permitan el objetivo del proyecto a la salida con seguridad y fiabilidad.

## 1.6 Funcionamiento

A continuación explicaremos con mayor detalle el movimiento del aceite por el sistema. Para argumentarlo lo dividiremos en diferentes partes:

1)

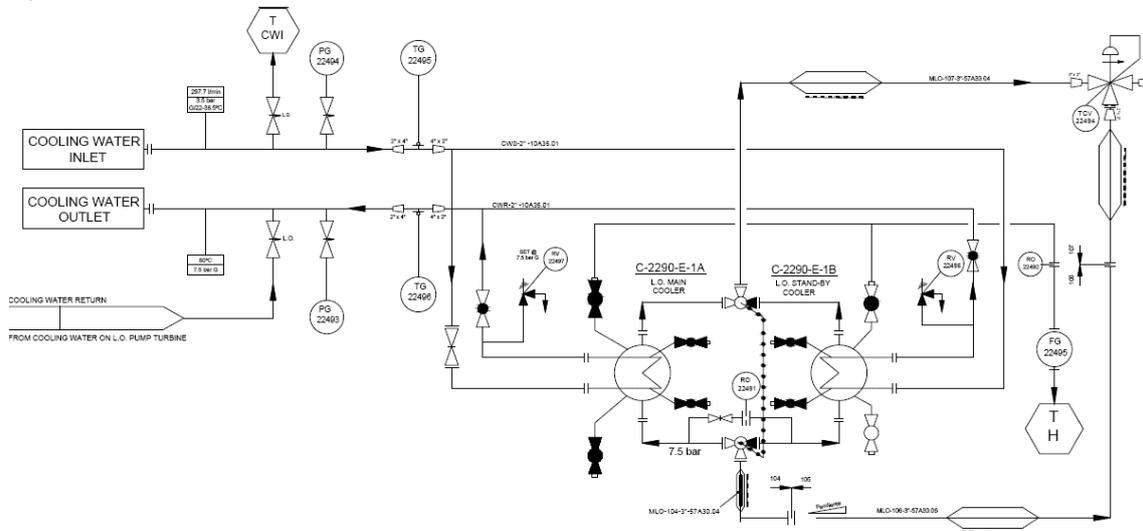


El aceite del depósito es aspirado por la bomba principal C-2290-G-1 accionada esta a su vez por la turbina de vapor C-2290-GT-1, que estudiaremos más adelante, a 1500 rpm. Existe una bomba de repuesto C-2290-G-2 por precaución de un posible fallo de la bomba principal evitando así el paro total de la turbina a lubricar. Las bombas son las encargadas de impulsar el aceite hacia todo el sistema con la presión necesaria.

En el ámbito de la seguridad y control aparecen distintos accesorios. En primer lugar, las válvulas de alivio (RV) a la salida de la bomba, diseñadas para aliviar la presión cuando un fluido supera un límite preestablecido (en nuestro caso 10 bares) evitando el fallo de la tubería por un exceso de presión. En segundo lugar, la válvula de control de presión TCV con by-pass, que limita la presión en la tubería neumáticamente a 7,5 bares. La válvula de aguja manda señal neumática a la válvula de control y esta se encarga de regular la presión establecida.

Por otro lado, el control visual es llevado a cabo por medidores y transmisores. Mediante los medidores controlas los parámetros in-situ y los transmisores mandan la señal a la sala de control. En este caso se muestran medidores de presión (PG) de temperatura (TG) y de caudal (FG) y un transmisor de presión (PT).

2)

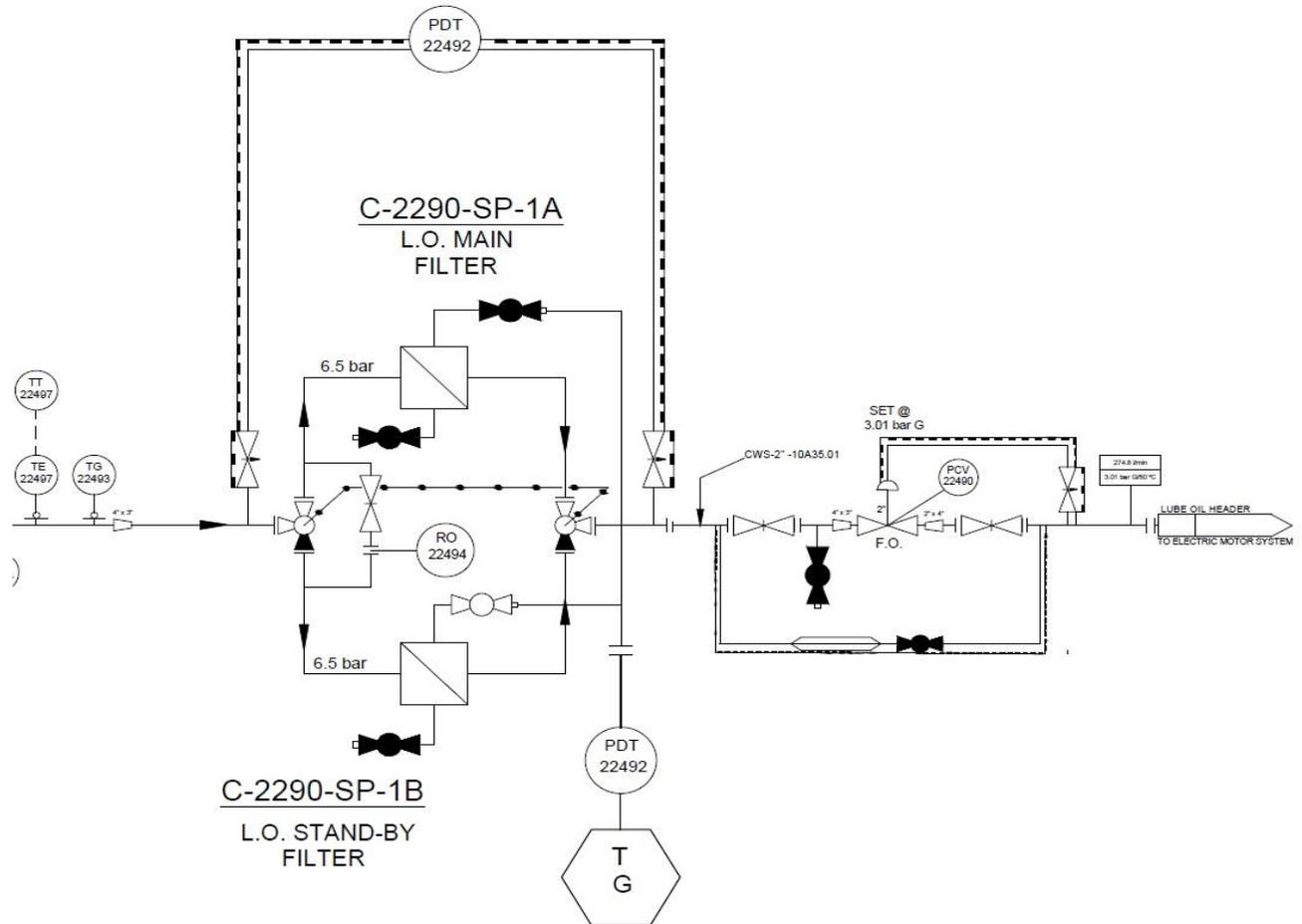


Después del paso por la bomba, primero llega a la zona de enfriamiento del aceite, ya que debe lubricar pero a su vez también tiene función de refrigerar el sistema de máquinas. Igual que las bombas existe uno de repuesto por si falla el principal. El aceite entra al intercambiador con una temperatura cercana a los 70°C y debe enfriarse hasta los 45°C, a continuación llega a la válvula de control de temperatura (TCV) que mediante una válvula de tres vías limita la temperatura a la salida a 50°C. La válvula de control de temperatura mezcla el flujo que llega del enfriador y el flujo que llega precedente a la entrada del enfriador en forma de by-pass para alcanzar con exactitud los 50°C preestablecidos. La temperatura del aceite más baja aumentaría, que es la característica física más importante de cualquier lubricante y el espesor de la película de aceite depende principalmente de la viscosidad del aceite.

El aceite se enfría con el intercambio de calor mediante agua a temperatura menor. Este agua también servirá para refrigerar la turbina de vapor que acciona la bomba principal.

En el ámbito de control y seguridad, hay instaladas unas válvulas de alivio establecidas a 7,5 bares a la salida del agua caliente, por si el agua calentada sobrepasa esta medida y evitar un fallo en las tuberías. Además aparecen válvulas de venteo en el intercambiador y un pequeño sistema con la misión de devolver el aceite de dentro de los intercambiadores al depósito y así poder vaciarlos.

3)



En esta última parte, el aceite se encuentra al inicio a 50°C y a 7.5 bares, cuya temperatura es medida ,en campo, mediante el medidor de temperatura (TG) y en la sala de control mediante el transmisor de temperatura (TT) con termopozo (TE), antes de entrar en los filtro los cuales su misión es eliminar las partículas y los productos de la degradación del aceite al mismo tiempo, y además separará el agua, de una posible fuga del enfriador, a través del principio de coalescencia.

Además, aparece un transmisor de presión diferencial unido a dos válvulas de aguja a la entrada y salida del sistema de filtros. Estos se usan para el control de sistemas de filtro. En caso que se genere una presión en una de las dos entradas de un transductor de presión diferencial, se indicará un valor. En conexión con un sistema de control se puede generar una alarman indicando que el filtro está saturado, lo que permite trabajar de forma segura y limpia. A continuación, pasa a la Válvula de Control de Presión (PCV) con by-pass. La PCV es usada para hacer un ajuste preciso del flujo y presión final establecido

previamente a 3 bares , regulan la presión, limitando el flujo por medio de un tapón o esfera colocada por un actuador electrohidráulico .

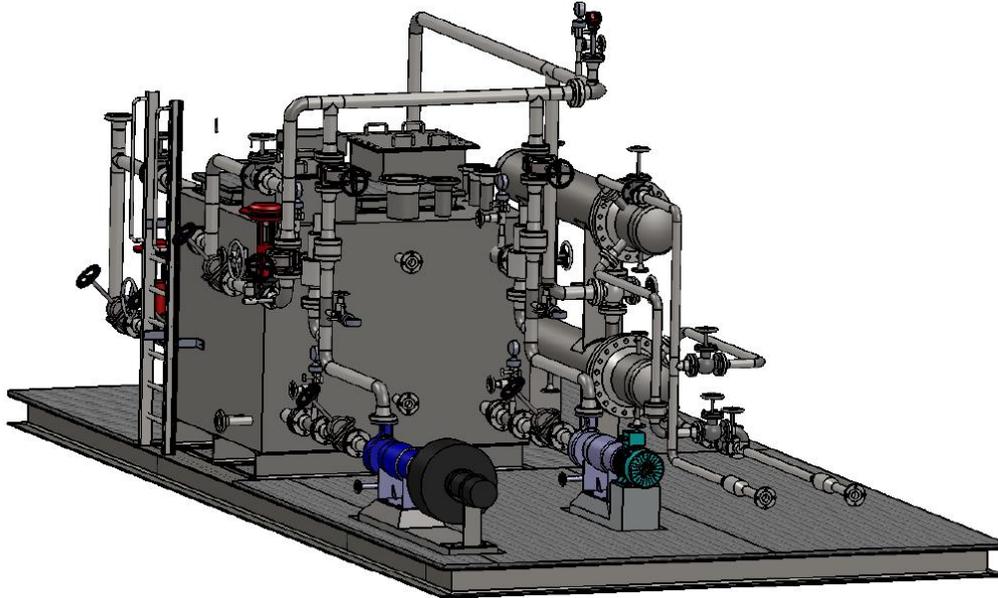


Fig.5 -Sistema final en 3D

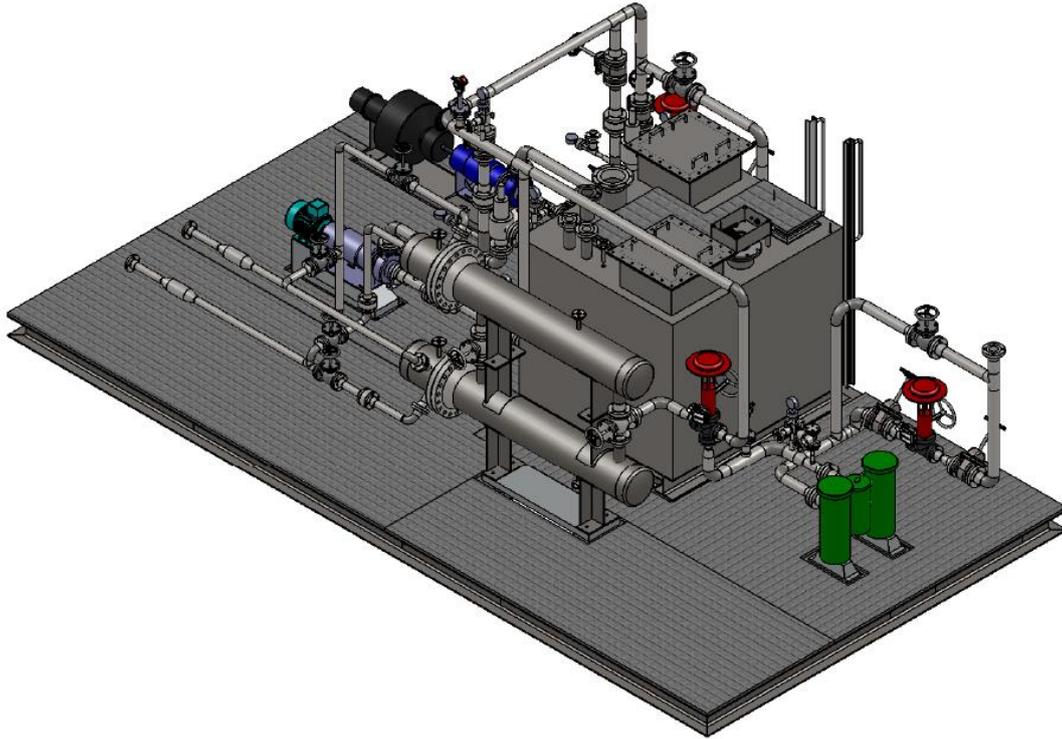


Fig.6 - Sistema final 3D



## 2.- Anexos a la memoria

## Indice

2.1. Anexo: Cálculo mecánico de tuberías	1
2.1.1 - Tensión radial o circunferencial	2
2.1.2 - Tensión longitudinal	3
2.1.3 - Cálculo mecánico codos	4
2.2. ANEXO: Análisis hidráulico	6
2.2.1 - Pérdidas de carga	7
2.2.2 - Golpe de ariete	11
2.3. Anexo: Cálculo mecánico del depósito	16
2.3.1 - Cálculo espesor placa de fondo	18
2.3.2 - Cálculo espesor pared	19
2.3.3 - Cálculo espesor pared con soportes tirantes	20
2.3.4 - Cargas y dimensionado de tirantes	22
2.2.5 - Resistencia del depósito a las cargas sometidas	22
2.4. ANEXO : Cálculo termoeléctrico del calentador	28
2.4.1 - Potencia del calentador	29
2.4.2 - Carga superficial y número de resistencias	30
2.5. ANEXO: Cálculo mecánico del Calentador	32
2.5.1 – Cálculo mecánico Brida Tubo	33
2.6. ANEXO: Cálculo de aislamiento de tuberías	38
2.7. ANEXO: Elementos de regulación y control	43
2.7.1. -Elementos de regulación y control	44
2.7.2. -Transmisores y medidores	44
2.7.2.1. – Transmisor de temperatura	44
2.7.2.2. – Medidor de temperatura	45
2.7.2.3. – Transmisor de presión	46
2.7.2.4. – Transmisor diferencial de temperatura	47
2.7.2.5. – Medidor de temperatura	48
2.7.2.6. - Medidor de caudal	
2.7.3. –Válvulas	49
2.7.3.1. – Hoja de instrumentos de válvulas	49
2.7.3.2. – Hoja de instrumentos de válvuas de control	50
2.8. ANEXO : Soldadura	52
2.8.1 – Soldadura para tuberías y depósito	53
2.8.2 – Soldadura para estructura	59
2.9 ANEXO: Hoja de instrumentación	61



## 2.1. Anexo: Cálculo mecánico de tuberías

## 2.1 - Cálculo mecánico tubería y codos

Para facilidad del estudio, el recipiente puede ser analizado de manera simple siempre que tenga una pared delgada. Cuando la pared del recipiente es "delgada", la distribución del esfuerzo a través de su espesor "t" no variará de manera significativa, y por tanto se supondrá que es uniforme o constante. Con esta suposición, se analizará ahora el estado de esfuerzo en recipientes de presión cilíndricos. En ambos casos se entiende que la presión dentro del recipiente es la presión manométrica, ya que mide la presión por encima de la presión atmosférica, la que se supone existe tanto en el interior como en el exterior de la pared del recipiente.

Por la ley de Pascal, se entiende que la distribución de la presión causada por un fluido se distribuye de forma uniforme en un recipiente; sin embargo esta presión se debe analizar en sus componentes radiales y longitudinales, siendo que la resistencia del recipiente no será la misma para cada una de ellas.

### 2.1.1 Tensión radial o circunferencial

El área proyectada se considera al diámetro del cilindro por la longitud a analizar.

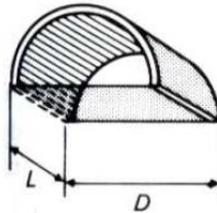
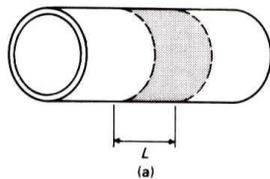


Fig.6 - Área proyectada

La presión "p" del fluido multiplicado por el área proyectada de incidencia de la presión da como resultado una fuerza ejercida por el fluido, así:

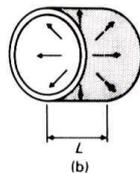
$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{DL}$$



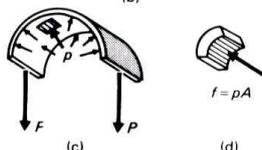
Donde  $F = 2P$

Sustituyendo :  $P = \frac{pDL}{2}$

Analizando la resistencia del material



$$\sigma_r = \frac{F}{A} = \frac{F}{2tL}$$



Sustituyendo la primera ecuación en la resistencia del material

Fig.7 -Esfuerzos radiales sobre tuberías

$$\sigma_r = \frac{pDL}{2tL} \Rightarrow \sigma_r = \frac{pD}{2t}$$

En caso propio, analizaremos la sección en el caso más desfavorable, el caso más desfavorable está ubicado a la salida de la bomba, ya que es donde el sistema tiene la mayor presión.

Presión a la salida de la bomba = 8 bar

Diámetro interior = 77,92mm

Espesor = 5,49mm

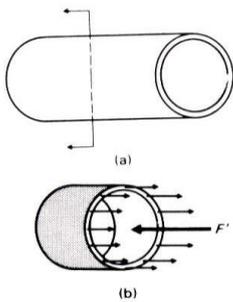
Tuberías de Acero A106 GR.B 3"STD

$$\sigma_r = \frac{pD}{2t} = \frac{8 \frac{kg}{cm^2} \cdot 7,792 \text{ cm}}{2 \cdot 0,549 \text{ cm}} = 56,77 \frac{kg}{cm^2} = 5,677 \text{ MPa} \ll 96 \text{ MPa}$$

Como podemos observar, la tensión obtenida es mucho menor que la tensión de diseño del acero empleado según ASME.

### 2.1.2 Tensión longitudinal

Para encontrar la tensión longitudinal del material producido por la presión interna, prácticamente se sigue el mismo procedimiento anterior, con la diferencia de que el área del recipiente que soporta la presión es la región circunferencial de los extremos, con lo cual:



Como en el caso anterior:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow F = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p$$

Analizando la resistencia del material:

$$\sigma_r = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi \cdot t \cdot D}$$

Sustituyendo la primera ecuación en la resistencia del material:

$$\sigma_r = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot p}{\pi \cdot t \cdot D} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot t}$$

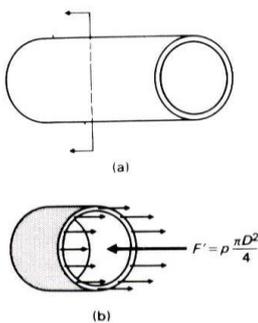


Fig. 8 Esfuerzos longitudinales sobre tuberías

En nuestro caso:

$$\sigma_r = \frac{pD}{4t} = \frac{8 \frac{kg}{cm^2} \cdot 7,792 \text{ cm}}{4 \cdot 0.549 \text{ cm}} = 28.38 \frac{kg}{cm^2} = 2.838 \text{ MPa} \ll 96 \text{ MPa}$$

Al igual que el anterior, la tensión obtenida es mucho menor que la de diseño del material.

### 2.1.3 Fuerza a soportar por los codos

Los elementos de todo el sistema de tuberías del proyecto más perjudiciales a las fuerzas ejercidas por el fluido son los codos a 90°. Con lo cual, se estudiará el valor de dichas fuerzas para comprobar con el límite ofrecido por el material. Se escoge el codo más desfavorable del sistema, para no analizar todo el conjunto de codos. Este codo es justo el primer codo después de la salida de la bomba (8 bar) y de 3 pulgadas Schl 40 d= 88.9 mm y e=5.49

1ª ley de Newton es aplicable a estática y a movimiento uniforme.

Fuerza de una corriente :  $F = m \cdot da = m \frac{dv}{dt} \longrightarrow [\text{Impulso}] Fdt = mv$

$$F = m[\text{kg}] a[\text{m/s}^2] = m[\text{kg}] \frac{v[\frac{m}{s}]}{t[\text{s}]} = \frac{m(\text{kg})}{t[\text{s}]} \cdot v[\text{m/s}] = \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot Q\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot v\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = \rho \cdot Q \cdot V$$

Siendo:  $\rho$  densidad ;  $Q$  caudal ;  $V$  velocidad del fluido. Planteamos esta fuerza para nuestro caso:

$$P = 8 \text{ bar} = 800000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}; \quad Q = 350 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 5.85 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{5.85 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0.07792^2} = 1.22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La fuerza soportante es la fuerza de corriente del fluido más la suma de la fuerza de presión del fluido:

$$R_x = F_x + p_1 \cdot A_1 = \rho \cdot Q \cdot V_{1x} + p_1 \cdot A_1 = \rho \cdot Q \cdot V_1 + p_1 \cdot A_1$$

$$R_y = -F_y + p_2 \cdot A_2 = \rho \cdot Q \cdot V_{2y} + p_2 \cdot A_2 = -\rho \cdot Q \cdot V_2 + p_2 \cdot A_2$$

Sustituyendo:

$$R_x = 984 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5.85 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1.22 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 8 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot 0.03896^2 \text{ m}^2$$

$$R_x = 3821.88 \text{ N}$$

$$R_y = -984 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5.85 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1.22 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 8 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \pi \cdot 0.03896^2 \text{ m}^2$$

$$R_y = 3808.84 \text{ N}$$

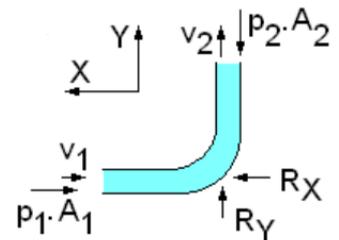


Fig.9 - Esfuerzos sobre codos



La resultante final será:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 5398.58 \text{ N}$$



## ANEXO 2.2: Análisis hidráulico

### 2.2.1 - Pérdidas de carga

En este apartado calculamos las pérdidas que se producirán desde la impulsión de la bomba hasta después de los filtros para conocer si la bomba del proyecto podría llevar a cabo la refrigeración y lubricación del sistema.

A la hora de analizar los dos tipos de resistencias en sistemas de tuberías podemos hablar de pérdidas primarias y secundarias:

- Primarias: resistencia de superficie
- Secundarias: resistencia de forma

Para hallar estas pérdidas utilizaremos la ecuación de método de cálculo de Darcy-Weisbach:

$$H_r = \lambda \frac{(L + \sum L_e)}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

$H_r$  es la pérdida resultante total en m

$\lambda$  es el coeficiente adimensional de pérdida de carga

$v$  es la velocidad media de la tubería

$L$  es la longitud total de tramos rectos de tubería

$\sum L_e$  es la suma de longitudes equivalentes de los accesorios

$D$  es la sección de la tubería

$g$  la gravedad

Para conseguir estas pérdidas debemos hallar el factor  $\lambda$ , necesitamos conocer el número de Reynolds y la rugosidad relativa de las tuberías para recurrir al diagrama de Moody y obtener el factor  $\lambda$ .

En primer lugar dividiremos las pérdidas en dos tramos. El primer tramo se obtendrán las pérdidas hasta los enfriadores (70°C), el segundo corresponderá de los enfriadores hasta después de los filtros (50°C).

El número de Reynolds:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\mu} = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\pi \cdot d \cdot \mu}$$

Donde:

$Q$  es el caudal

$\rho$  es la densidad del fluido



$\mu$  es la viscosidad dinamica del fluido

d diametro de la tubería

Sabemos que:

$$Q = 350 \text{ l/min} = 0.00585 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mu = 0.00505 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} (70^\circ\text{C}) \quad \mu = 0.00307 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} (50^\circ\text{C})$$

$$d = 77.92\text{mm} (3" \text{ ANSI SCH40})$$

$$\text{Rugosidad acero } \varepsilon = 0.1\text{mm}$$

Ahora calculamos Reynolds y rugosidad relativa:

$$R_e = \frac{4 \cdot 0.00585 \cdot 937}{\pi \cdot 0.07792 \cdot 0.00505} = 17736 \quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.1}{77.92} = 1.28 \cdot 10^{-3} \quad (70^\circ\text{C})$$

$$R_e = \frac{4 \cdot 0.00585 \cdot 952}{\pi \cdot 0.07792 \cdot 0.00505} = 18020 \quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.1}{77.92} = 1.28 \cdot 10^{-3} \quad (50^\circ\text{C})$$

Con estos datos sacos los coeficientes  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  mediante el diagrama de Moody

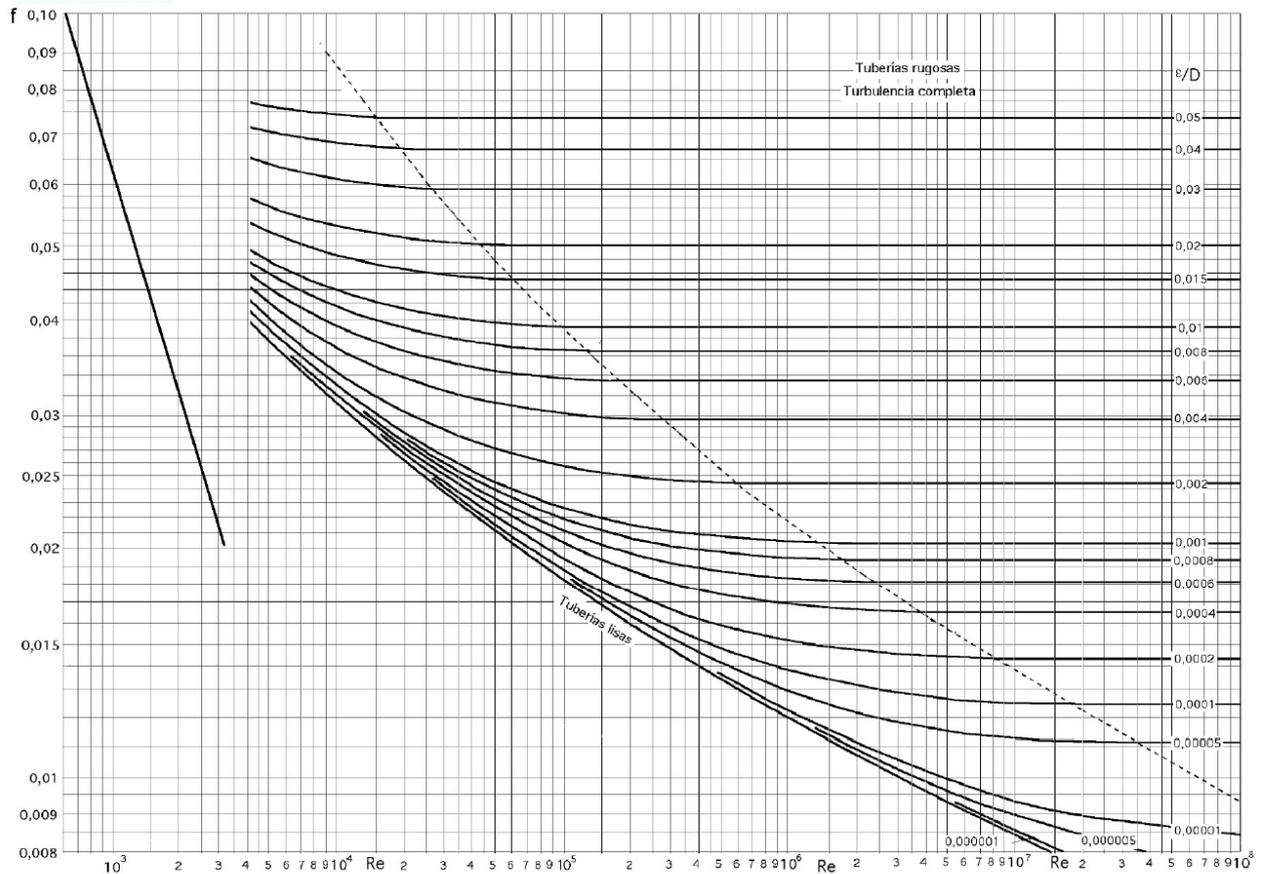


Fig.10 -Diagrama de Moody

Para  $70^{\circ}\text{C} \Rightarrow \lambda_1 = 0.032$  y  $50^{\circ}\text{C} \Rightarrow \lambda_2 = 0.030$

La longitud equivalente de los accesorios se obtiene mediante el siguiente ábaco:

Que se ve en el ábaco, un codo con el diametro de de 77.92mm tiene una longitud equivalente de 1,6m de tubería recta, y una T con el mismo diametro tiene una longitud equivalente de 3.9 m de tubería recta.

ABACO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS  
en metros de longitud de tubería equivalente

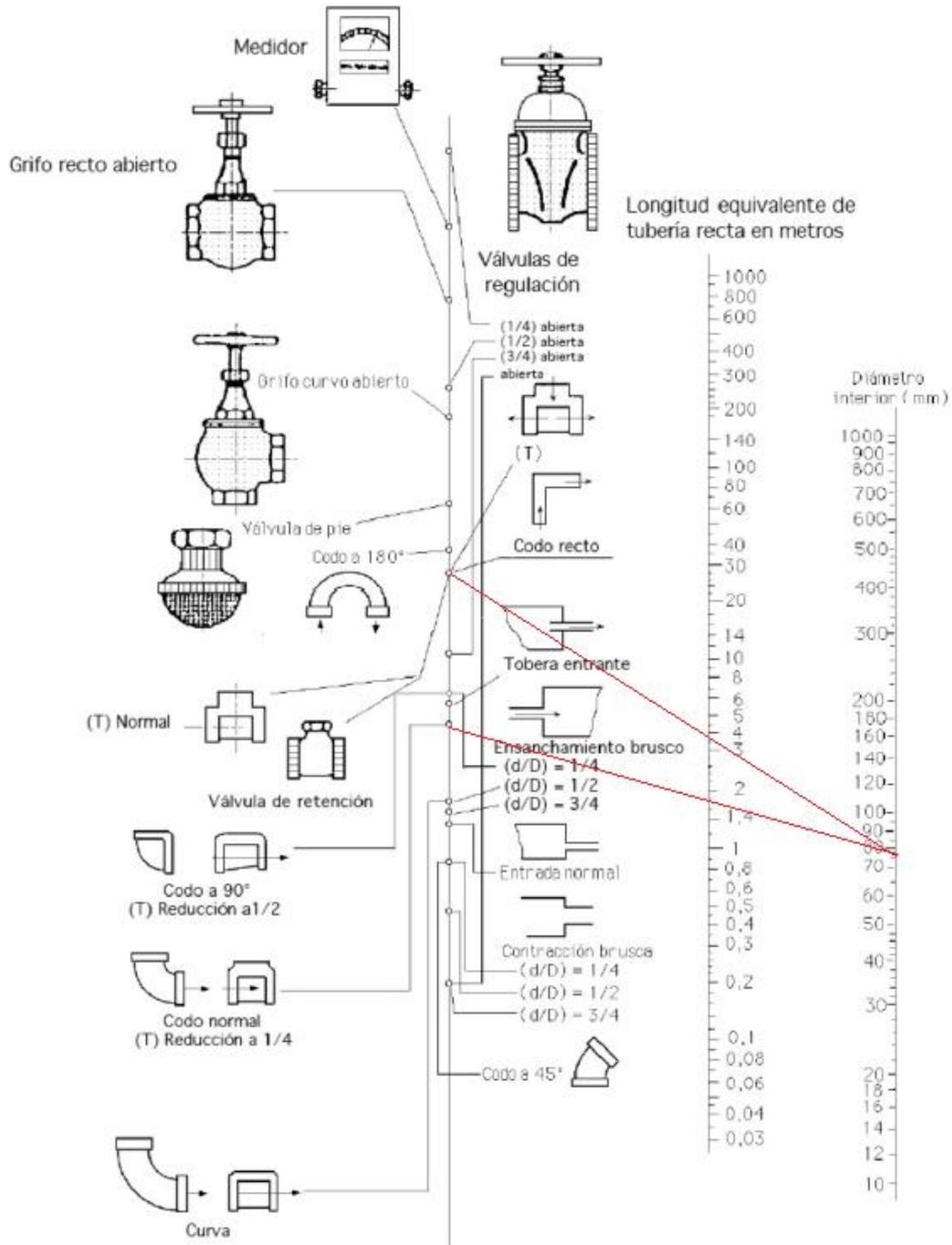


Fig .10 Abaco para determinación de las pérdidas en accesorios

Pérdidas de carga primer tramo (NOTA: \*primer paréntesis longitud tubos y segundo paréntesis longitud equivalente accesorios\*)

$$H_r = (0.032 \frac{(0.88+0.67+0.396+0.298+1.8+0.75+1.359+0.245+0.26)+(0.5 \cdot 3+1.6 \cdot 4+3.9 \cdot 3)}{0.07792} \frac{1.22^2}{2 \cdot 9.8})$$

$$H_r = 0.8\text{m}$$

Pérdidas de carga del segundo tramo (NOTA: \*primer paréntesis longitud tubos y segundo paréntesis longitud equivalente accesorios\*)

En este segundo tramo, tiene una parte menor a 4 pulgadas, con lo cual lo dividimos en dos:

Pérdidas de carga para 3" y 50°C

$$H_r = (0.030 \frac{(0.2+0.245+0.15+0.32+0.504+0.73+0.52+0.228)+(3.9 \cdot 3+1.6 \cdot 3+0.5 \cdot 3)}{0.07792} \frac{1.22^2}{2 \cdot 9.8})$$

$$H_r = 0.61\text{m}$$

Pérdidas de carga para 4" ANSI SCH40 y 50°C =>

$$R_e = \frac{4 \cdot 0.00585 \cdot 952}{\pi \cdot 0.10226 \cdot 0.00505} = 13731 \quad \frac{\epsilon}{D} = \frac{0.1}{102.26} = 0.000974 \quad (50^\circ\text{C}) \quad v=0.712\text{m/s}$$

$$\lambda_3 = 0.034$$

$$H_r = (0.034 \frac{(0.35+0.13)+(0.1+2.7)}{0.10226} \frac{0.712^2}{2 \cdot 9.8})$$

$$H_r = 0.03\text{m}$$

Pérdida total por resistencia de tuberías:

$$H_{rt} = 0.8\text{m} + 0.64\text{m} = 1.44\text{m}$$

Pérdida en filtro y enfriador , 16m y 5.3m respectivamente

$$H_T = 22.74\text{m}$$

Esta altura es similar a 2.1 bares, el filtro debe trabajar, por petición del cliente y fabricante del filtro entre 6.5 y 5 bares . la bomba impulsa a 8 bares, por lo que estaríamos en ese intervalo y la bomba es la correcta, ya que alcanza una altura total de 95m

### 2.2.2 - Golpe de ariete

Las variaciones de carga en las turbinas debidas al cierre o apertura parcial de los distribuidores de las turbinas son la causa de variaciones de caudal que circulan por la tubería forzada y por consiguiente de la velocidad del agua, esto produce sobrepresiones y depresiones que afectan a la tubería que las debe resistir. Hay dos tipos de golpe de ariete, uno positivo y otro negativo, el positivo es producido por un cierre completo o parcial de la válvula de

distribución, se produce una onda de presión desde el distribuidor en sentido ascendente en la tubería que tiende a traccionar la tubería, al llegar al final de la misma la onda de presión retrocede y tiende a crear una depresión que tiende a comprimir la tubería. En el caso del golpe de ariete negativo este se produce por una apertura completa o parcial de la válvula de distribución y la primera onda que se produce provoca una depresión seguida de una sobrepresión de forma análoga al golpe de ariete positivo. Antes de proceder a explicar el método de cálculo se analizan los momentos por los que atraviesa la conducción forzada. Siendo  $c$  la velocidad de la onda de presión y  $L$  la longitud de la tubería, el tiempo que tarda la onda en recorrer una vez la distancia entre válvula y depósito es:

$$t_0 = \frac{L}{c}$$

$$T = \frac{4L}{c}$$

El ciclo se repite al cabo de un tiempo:

1º. No hay perturbación, el agua circula en régimen permanente y el diámetro de la tubería no varía.

2º. El distribuidor se cierra instantáneamente y la velocidad del líquido justamente en la entrada al distribuidor se vuelve cero.

3º. Tiempo  $t_0/2$ , la onda de presión se ha propagado hacia el embalse con velocidad  $c$  y el frente de la onda de presión ha llegado hasta la mitad de la tubería. En la mitad izquierda se desplaza el agua hacia la tubería con velocidad  $c$  y no hay sobrepresión mientras en la parte derecha hay sobrepresión y el agua permanece inmóvil.

4º. Tiempo  $t_0$ , la onda de presión llega al embalse y en toda la tubería el líquido está en reposo, toda la tubería está dilatada. El líquido comienza a desplazarse hacia el embalse empezando por la zona más próxima a este.

5º. Tiempo  $3/2t_0$ , la parte izquierda se contrae a su diámetro nominal y la onda se propaga hacia la derecha con velocidad  $c$ , en la mitad izquierda el fluido se desplaza con velocidad  $v$  en dirección al embalse.

6º. Tiempo  $2t_0$ , toda la tubería tiene diámetro nominal y el agua se desplaza hacia el depósito con velocidad  $v$ , debido a la inercia la onda de presión se sigue propagando contrayendo ahora la tubería.

7º. Tiempo  $5/2t_0$ , la depresión alcanza la mitad de la tubería, la parte derecha contiene agua en reposo y la parte izquierda contiene agua que se desplaza hacia el depósito con velocidad  $v$ . 8º. Tiempo  $3t_0$ , todo el agua está en reposo y la tubería al completo contraída, el agua comienza a dirigirse al distribuidor.

9º. Tiempo  $7/2t_0$ , en la mitad izquierda de la tubería el diámetro es nominal y la velocidad del agua es  $v$  y en la mitad derecha el diámetro esta reducido y el agua está en reposo, la onda de presión y la velocidad del agua tienen el mismo sentido.

10º. Tiempo  $4t_0$ , situación idéntica a la del punto cero.

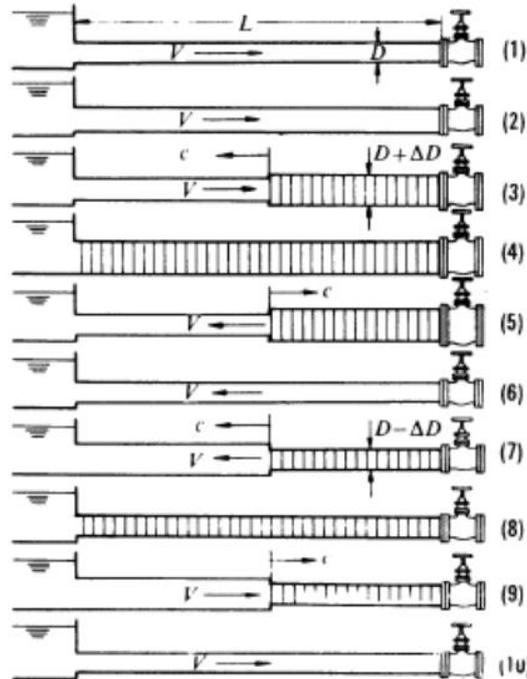


Fig.11 - Fases del golpe de ariete

Se presentan dos casos, cierre instantáneo (lo cual es imposible al 100% , pero nos ponemos en la situación más desfavorable) y cierre rápido. En el cierre instantáneo el fluido se decelera dando lugar a una inercia  $F_i$ .

$$F_i = -m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Donde la variación del tiempo es el tiempo que transcurre desde que una masa  $m = \rho LA$  de fluido reduce su velocidad en  $\Delta v$ .

En el cierre total:

$$F_i = -\rho \cdot L \cdot A \cdot \frac{v}{\Delta t}$$

En el cierre parcial:

$$F_i = -\rho \cdot L \cdot A \cdot \frac{v - v_1}{\Delta t}$$

Donde  $v_1$  es la velocidad final del fluido y  $L$  la longitud recorrida por la onda elástica en el tiempo  $\Delta t$ .

Por otro lado:

$$\Delta p = \frac{F_i}{A}$$

$$c = \frac{L}{\Delta t}$$

Sustituyendo se llega a, En cierres instantáneos totales:

$$\Delta p = cv$$

En cierres instantáneos parciales

$$\Delta p = \rho c(v - v_1)$$

Para calcular la velocidad de la onda de presión se utiliza la fórmula de Joukowski:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_0}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_0 \cdot D}{E \cdot e}}}$$

Donde:

$c$ : velocidad de la onda de presión (m/s).

$E_0$  : módulo de elasticidad del fluido (N/m<sup>2</sup>); en el caso del aceite  $1.5 \cdot 10^9$  N/m<sup>2</sup> .

$\rho$ : densidad del fluido (980 kg/m<sup>3</sup>).

$D$ : diámetro de la tubería (m).

$E$ : módulo de elasticidad del material de la tubería;  $2 \cdot 10^{11}$  N/m<sup>2</sup> para el acero ASME A106/API5L GR.B 3"STD

$e$ : espesor de la tubería (m).

Aplicando la teoría al proyecto se tiene:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{1.5 \cdot 10^9}{980}}}{\sqrt{1 + \frac{1.5 \cdot 10^9 \cdot 0.07792}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0.00549}}} = 1176.16 \text{ m/s}$$



Teniendo esta velocidad de propagación de onda la sobrepresión por golpe de ariete debida a un cierre brusco total de la válvula es,tenemos que:

$$\Delta p = 980 \cdot 1176.16 \cdot 1.22 = 1406216.9 \frac{N}{m^2} = 14.06 \text{bar}$$

En el cierre lento uniforme total, como la velocidad final del fluido es  $v_1=0$ :

$$\Delta p = k \frac{\rho L v}{t_c}$$

Donde  $t_c$  es el tiempo de cierre y  $k$  es un coeficiente que mayor la variación de presión para tener en cuenta la elasticidad de la tubería.

Para un cierre lento la sobrepresión es menor de modo que se obvia su cálculo.



## Anexo 2.3: Cálculo mecánico del depósito

Los tanques de paredes planas se utilizan únicamente para presiones hidrostáticas bajas, debido a su forma mecánicamente débil. La cantidad de material requerida para los tanques rectangulares es mayor que la que requieren los tanques cilíndricos de igual capacidad. Sin embargo, a veces se prefiere utilizar dichos tanques por la facilidad de fabricación y buena utilización de espacio.

Los tanques sin elementos atiesadores no pueden ser mayores de 30 pies cúbicos de capacidad (850 litros); los que sí llevan tendrán menos de 140 pies cúbicos de capacidad (3965 litros). Para tanques de mayor tamaño se utilizan tirantes por razones económicas.

Los cálculos realizados para el depósito se basan en el libro “*Manual de recipientes a presión: Diseño y cálculo*”. Las fórmulas están basadas en la deflexión máxima permitida  $\Delta = L/500$ , en donde L es el lado más largo de la placa. El esfuerzo permitido para el material de la placa puede tomarse como el permitido por las normas ASME para recipientes sujetos a presión, sección VIII, Div.1.

El depósito utilizado en el proyecto es un depósito rectangular de tamaño normal, a presión hidrostática atmosférica y con un volumen de aceite en su interior de 5700 l en el caso más desfavorable, por lo que sus paredes no están sometidas a grandes esfuerzos.

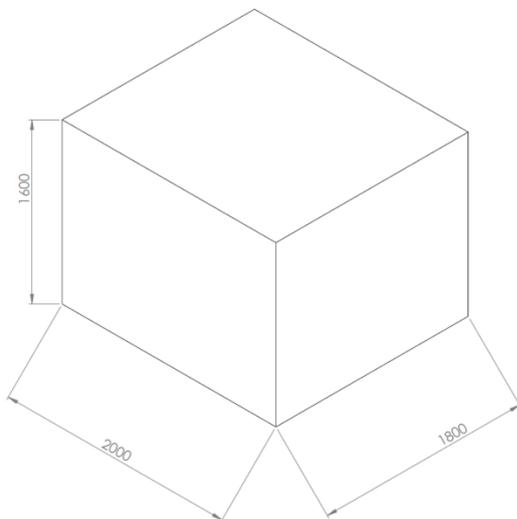


Fig.12 -Croquis dibujo

L= 2000mm = 79 pulgadas  
H= 1600mm = 63 pulgadas  
A= 1800mm = 71 pulgadas  
Vmax= 5700 litros 5,7 m<sup>3</sup>  
Material del depósito = Acero inoxidable  
SA- 240 tipo 316L

Antes de comenzar enunciaremos los diferentes símbolos y notaciones que aparecerán en os cálculos:

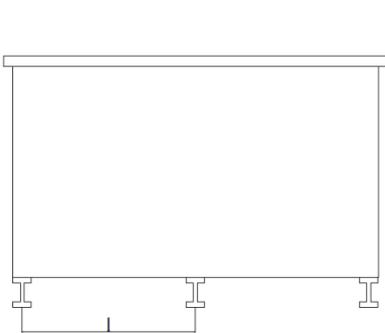
### NOTACION

$\alpha$  = factor que depende de la relación de la longitud a la altura del tanque, H/L (Fig.12 )

- $E$  = módulo de elasticidad, lb/pulg<sup>2</sup>
- $G$  = gravedad específica del líquido
- $l$  = distancia máxima entre soportes, pulgadas
- $L$  = longitud del tanque, pulgadas
- $R$  = reacción, con subíndices que indiquen la ubicación, lb/pulg
- $S$  = valor de esfuerzo de la placa, lb/pulg<sup>2</sup>, como aparece tabulado en la norma ASME VIII, tablas UCS-23
- $t$  = espesor de placa requerido, pulgadas
- $w$  = carga por unidad de longitud, lb/pulg
- F.C. = Factor de corrección por corrosión (  $t+1/16$  ) pulgadas

### 2.3.1 - Cálculo espesor placa de fondo

En primer lugar, se realizará el espesor de la placa del fondo que esta soportada por 3 vigas. Si se tiene la longitud de alma a alma de las vigas, se obtiene el espesor mediante:



$$t = \frac{l}{1,254 \sqrt{\frac{S}{0.036 \cdot G \cdot H}}} + \text{F.C.}$$

Dónde  $l = 790 \text{ mm} = 790\text{mm}/25.4\text{mm} = 21\text{pulgadas}$

$H = 1600\text{mm} = 63 \text{ pulgadas}$ , altura más desfavorable, cuando todo el aceite se encuentra en el depósito.

Y según la tabla de Valores de tensión admisible de ASME II d, sacamos la  $S$  del material. En este caso es un Acero carbono ASME SA-106 Gr B.

65 °C → 106 MPa

100 °C → 96.3 MPa

Interpolamos para obtener  $S$  para 70 °C :

$$\frac{100-70}{96.3-S} = \frac{100-65}{96.3-106} \quad S = 104\text{MPa} = 15083.9 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

La gravedad específica es la propiedad que nos compara la densidad de una sustancia con la densidad de otra sustancia tomada como referencia o como patrón. El patrón es la densidad del agua a 4°C y una atmosfera de presión.

$$G = \frac{\rho_{\text{aceite}}}{\rho_{H2O \ 4^{\circ}C \ 1atm}} = \frac{984 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.984$$

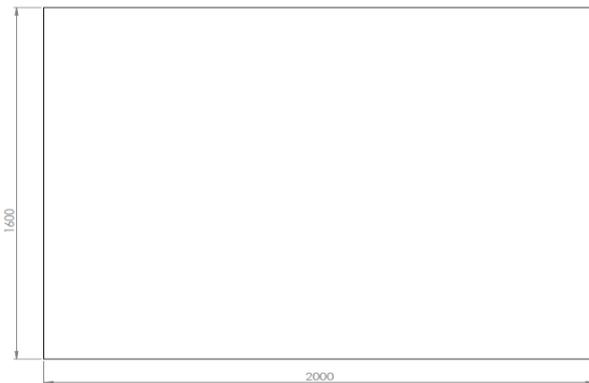
Se calcula el espesor:

$$\text{Espesor: } t = \frac{l}{1,254 \sqrt{\frac{S}{0.036 \cdot G \cdot H}}} = \frac{21}{1,254 \sqrt{\frac{15083.9}{0.036 \cdot 0.984 \cdot 63}}} = 0.203 \text{ pulgadas}$$

Espesor mínimo para la chapa de fondo para soportar solamente la presión del fluido es de 0.203 pulgadas. A este espesor le tenemos que sumar por norma 1/16 pulgadas por seguridad a la corrosión (F.C.):

$$t_0 = 0.203 \text{ pulgadas} + 1/16 \text{ pulgadas} = 0.266 \text{ pulgadas} = \mathbf{6.75\text{mm}}$$

### 2.3.2 - Cálculo espesor pared



$$t = 2,45 \cdot L \cdot \sqrt{\frac{\alpha \cdot 0.036 \cdot G \cdot H}{S}}$$

Dónde:

L= 2000mm = 79 pulgadas

H= 1600mm = 63 pulgadas

En este caso se necesita el coeficiente  $\alpha$ , a continuación se halla el valor mediante la siguiente gráfica que relaciona el coeficiente con la relación de longitud y altura:

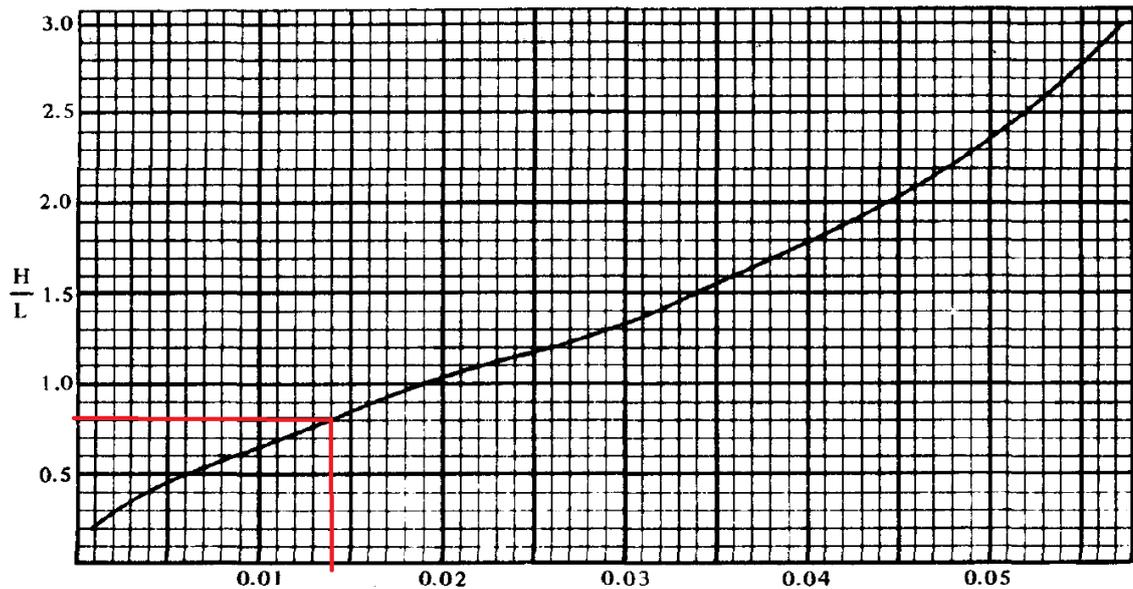


Fig.12 Relación entre longitud y altura

$$\frac{H}{L} = \frac{1600 \text{ mm}}{2000 \text{ mm}} = 0,8 \quad \longrightarrow \quad \alpha = 0.014$$

Se calcula el espesor:

$$t_2 = 2,45 \cdot 79 \cdot \sqrt{\frac{0.014 \cdot 0.036 \cdot 0.98 \cdot 63}{15083.9}} = 0.182 \text{ pulgadas}$$

Espesor mínimo para la placa de mayor longitud que necesita para soportar solamente la presión del fluido es de 0.182 mm. A este espesor le tenemos que sumar por norma 1/16 pulgadas por seguridad a la corrosión (F.C.):

$$t_2 = 0.182 \text{ pulgadas} + 1/16 \text{ pulgadas} = 0.245 \text{ pulgadas} = \mathbf{6.21 \text{ mm}}$$

$t_2$  es el espesor de placa obtenido de forma que no necesita atiesadores, sin embargo al emplear dicho sistema el espesor se reducirá.

### 2.3.3 - Cálculo espesor pared con soportes tirantes

Como se enunció anteriormente, el sistema de cálculo para recipientes rectangulares sin tirantes y con refuerzos está limitado a 140 ft<sup>3</sup> (3925 litros aprox.) de capacidad por código.

El depósito utilizado en el proyecto tiene un volumen máximo de unos 5700 litros, cuando no está el sistema en funcionamiento y por lo tanto todo el aceite del sistema se asienta en él.

Para evitar el uso de atiesadores pesados y con un gran momento de inercia, las placas de los tanques grandes pueden soportarse en forma más económica por medio de tirantes.

Notación:

$A$  = Area requerida de sección transversal del tirante, pulg<sup>2</sup>

$a$  = paso horizontal, pulg

$b$  = paso vertical, pulg

$P$  = presión del liquido, lb

$t_3$  = espesor de placa requerido, pulg

Para calcular el espesor de la placa con soportes tirantes utilizamos la siguiente fórmula:

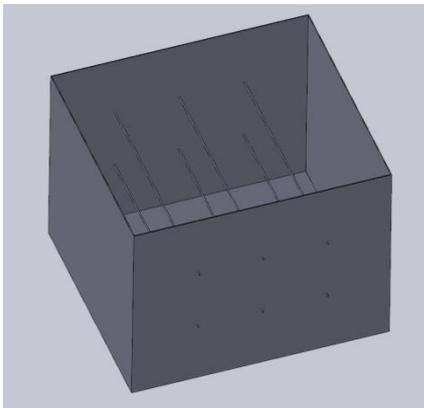


Fig.13 - Depósito con soporte tirantes en su interior

$$t_3 = \frac{b}{200} \cdot \sqrt{0.036 G h}$$

Cuando  $a$  es próximo a  $b$ , en este caso cumple:

$$a = 500 = 20 \text{ pulgadas}$$

$$b = 533 = 21 \text{ pulgadas}$$

$$h_1 = 533 = 21 \text{ pulgadas}$$

$$h_2 = 1066 = 42 \text{ pulgadas}$$

$$t_3 = \frac{21}{200} \cdot \sqrt{0.036 \cdot 0.98 \cdot 42} = 0.128 \text{ pulgadas}$$

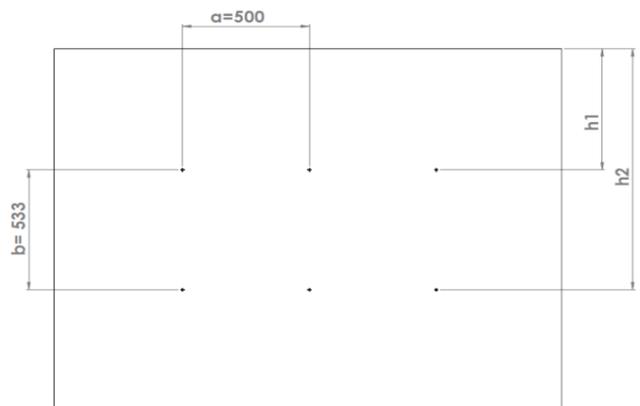


Fig.14 - Posición de los tirantes en la pared

Espesor mínimo para la placa de mayor longitud con tirantes horizontales que necesita para soportar solamente la presión del fluido es de 0.128 pulgadas. A este espesor le tenemos que sumar por norma 1/16 pulgadas por seguridad a la corrosión (F.C.):

$$t_2 = 0.128 \text{ pulgadas} + 1/16 \text{ pulgadas} = 0.191 \text{ pulgadas} = \mathbf{4.83 \text{ mm}}$$

$$\text{Reducción} = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \cdot 100 (\%) = 22.22\% \text{ de reducción}$$

Se observa que con tirantes podemos reducir el espesor de las paredes laterales. Sin tirantes el espesor mínimo  $t_{min} \geq 6.21 \text{ mm}$ , con lo cual

tendríamos que escoger chapa de 8mm, ya que de 7mm no se fabrican. Por el otro lado, con tirantes horizontales el espesor mínimo  $t_{min} \geq 4.83 \text{ mm}$ , por lo que escogemos una chapa de 6mm para las paredes. Por último el espesor mínimo de la base es  $t_{min} \geq 6.75\text{mm}$  por lo que se escogerá un espesor de 8mm. Más adelante, simularemos con SolidWorks si los espesores elegidos son adecuados para todas las masas que contiene el depósito.

### 2.3.4 - Cargas y dimensionado de tirantes

Material de cables SA-106 Gr B

$$\sigma = 200\text{MPa}$$

$$P = a \cdot b \cdot 0.036 \cdot G \cdot H$$

$$A = \frac{P}{S}$$

Con lo que la fuerza sobre la primera fila de tirantes

$$P_1 = 21 \cdot 20 \cdot 0.036 \cdot 0.98 \cdot 21 = 311.2 \text{ lb} = 1384.3 \text{ N}$$

Área de cada tirante y diámetro:

$$A = \frac{P}{S} = \frac{311.2 \text{ lb}}{15083.9 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0.0206 \text{ pulg}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \longrightarrow D = 0.16 \text{ pulgadas} = 4.11 \text{ mm}$$

Fuerza sobre la primera fila de tirantes

$$P_1 = 21 \cdot 20 \cdot 0.036 \cdot 0.98 \cdot 41 = 607.52 \text{ lb} = 2702.38 \text{ N}$$

$$A = \frac{P}{S} = \frac{607.52 \text{ lb}}{15083.9 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0.0402 \text{ pulg}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \longrightarrow D = 0.2264 \text{ pulgadas} = 5.75 \text{ mm}$$

Lógicamente la fila de tirantes de abajo debe tener más diámetro ya que deben aguantar más presión.

### 2.3.5 - Resistencia del depósito a las cargas sometidas

A continuación, a partir de los espesores obtenidos en los cálculos anteriores, se comprobará que el depósito soporta el conjunto de cargas que se ejerce sobre él mediante simulación mediante el programa SolidWorks. Con lo cual, se necesitará conocer, además de la presión del fluido, las fuerzas de tubuladura, boca de hombre y calentador eléctrico, así como el lugar dónde se ubican estas fuerzas. Por lo que se necesitará conocer las masas de cada

accesorio y la fuerza de presión que ejerce el líquido sobre el centro de presiones.

### 1 - Masa tubuladuras

En Primer lugar, se hallarán las masas de las tubuladuras de la chapa superior horizontal de 8mm de espesor, en del depósito se observará las distintas tubuladuras y su ubicación. Seguidamente en la hoja se expondrá la masa particular y total de cada tubuladura (tubo+brida) y a esto se le sumará el peso de calentador eléctrico

Masas y peso de las tubuladuras del depósito							
Tubo	masa-metro(kg/m)	longitud (m)	Masa tubos(kg)	Bridas	Masa Brida unitaria (kg)	cantidad	Peso tubo+brida (N)
1 pulgada	2,54	0,19	0,4826	1 pulgada	1,4	2	18,468306
3 pulgadas	11,46	0,184	2,10864	3 pulgadas	4,5	7	64,8307584
4 pulgadas	16,32	0,181	2,95392	4 pulgadas	6,8	1	95,6859552
8 pulgadas	43,18	0,1	4,318	8 pulgadas	17,7	2	215,99658

En una tubuladura de 8 pulgadas hay que sumarle el peso del calentador eléctrico vertical de 47kg (hojade datos).

$$\text{Peso tubo+brida+calentador} = 215.99 \text{ N} + 47 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} = \mathbf{676.59 \text{ N}}$$

### 2 - Masa de la boca de hombre del depósito

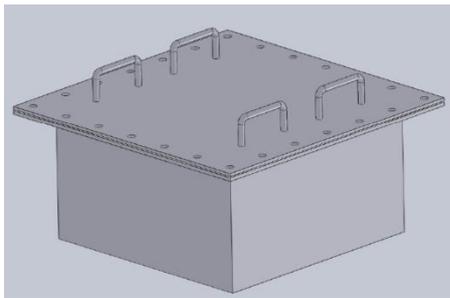


Fig.15 Boca de hombre

Material : Acero carbono

Densidad:  $\rho = 8 \text{ kg/dm}^3$

En primer lugar se halla el volumen diferenciando dos partes de la boca: Soporte y la doble tapa. Y continuación se busca el volumen se multiplica por la densidad para hallar la masa de cada parte.

$$\text{Volumen soporte} = (610\text{mm} \cdot 6 \text{ mm} \cdot 2 + 594 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} \cdot 2) \cdot 347\text{mm} = 5013456 \text{ mm}^3 = 5.0134 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volumen doble tapa} = 760 \text{ mm} \cdot 760 \text{ mm} \cdot 6\text{mm} \cdot 2 = 6931200 \text{ mm}^3 = 6.9312 \text{ dm}^3$$

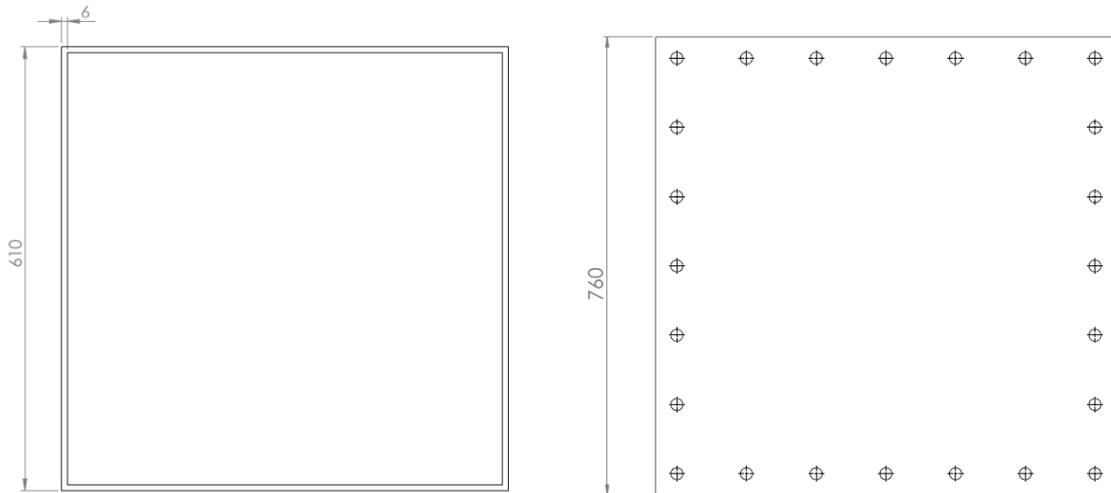


Fig.16 - Dimensiones boca de hombre

Masa de cada boca de hombre:  $(5.0134 + 6.9312) \text{ dm}^3 \cdot 8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = \mathbf{95.556 \text{ kg}}$

### 3 - Fuerza de presión sobre las paredes del depósito

Para ello, se utilizará el principio de la hidrostática, todas las fuerzas de presión paralelas, cuya magnitud y dirección se conocen, tendrán una resultante, P, que representa el empuje del líquido sobre una superficie plana, cuyo valor y punto de aplicación se determinará.

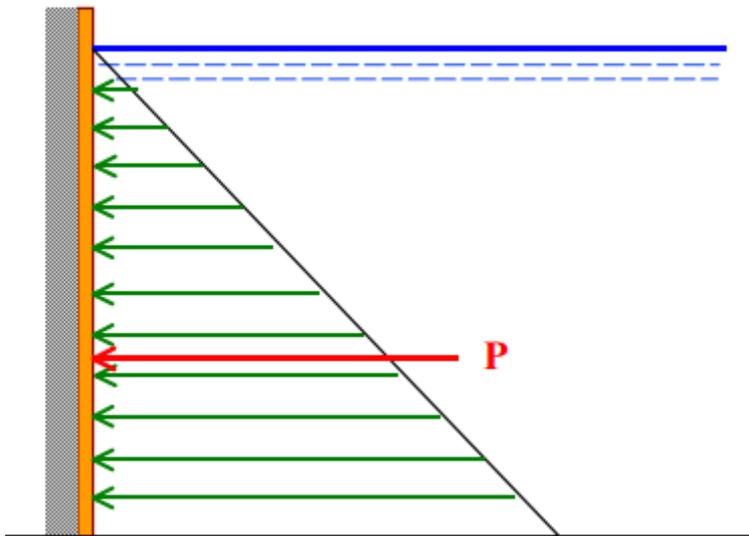


Fig.17 Presión que ejerce un fluido sobre una pared plana

Para insertar esta fuerza de presión en el depósito de solidworks para la simulación, se halla el centro de presiones  $x_c = x_G + \frac{I_G}{x_G \cdot w}$  donde se observa que se ubica más abajo que el centro de gravedad y la resultante de fuerza de presión P en todo el área de la pared que actúa el líquido

La presión varía de forma lineal con la profundidad del fluido. Entonces la fuerza resultante (P) se calcula por medio de G

$$P = P_{prom} \cdot A$$

$P_{prom}$  = Presión promedio  
 $A$  = Área total del muro  $b \cdot h$ , siendo  $b$  la longitud de la pared

La  $P_{prom}$  será el área del triángulo, siendo  $BD$  el peso y  $AB$  la altura  $h$

$$P_{prom} = \frac{\gamma \cdot h}{2}$$

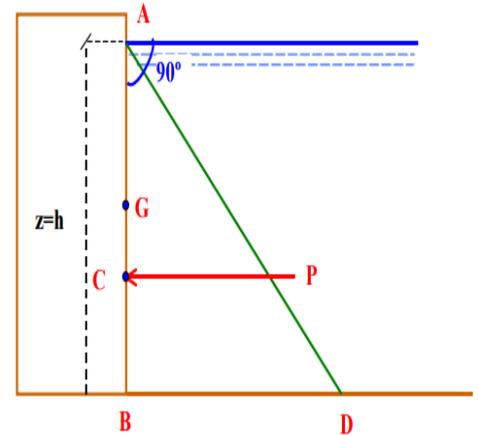


Fig. 18 -Fuerza de presión sobre centro de presiones C

Con lo que la resultante en la pared (2m x 1,6m) será:

$$P_1 = \frac{\gamma \cdot h}{2} \cdot h \cdot b = \frac{980 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1.6 m}{2} \cdot 1.6m \cdot 2m = \mathbf{24611.35 N}$$

Y en la pared (1.8m x 1.6m) será:

$$P_2 = \frac{\gamma \cdot h}{2} \cdot h \cdot b = \frac{980 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1.6 m}{2} \cdot 1.6m \cdot 1.8m = \mathbf{22150.2 N}$$

El centro de presiones al ser un triángulo se ubica a dos tercios de altura desde la superficie:

$$x_c = \frac{2 \cdot h}{3} = 1.066 m$$

A continuación, trasladamos las fuerzas calculadas anteriormente en el depósito mediante SolidWorks para observar si resiste a las fuerzas que estará sometido teniendo en cuenta las cargas de los tirantes.

Dimensionamos nuestro depósito en SolidWorks , incluyendo los espesores siguiendo los cálculos realizados anteriormente . Por lo que las paredes tendrían un espesor de 6mm , la placa de fondo tendrían un espesor de 8mm y la placa de la parte superior supondré 6 mm y comprobaremos si este dimensionado es adecuado. Además de las cargas, metemos las cargas de los tirantes y el tipo de material del que está formado el depósito , en este caso Acer Inoxidable 316L.

En la siguiente figura, se localizan los desplazamientos en mm. Nos muestra dónde está ubicado el caso mas desfavorable.

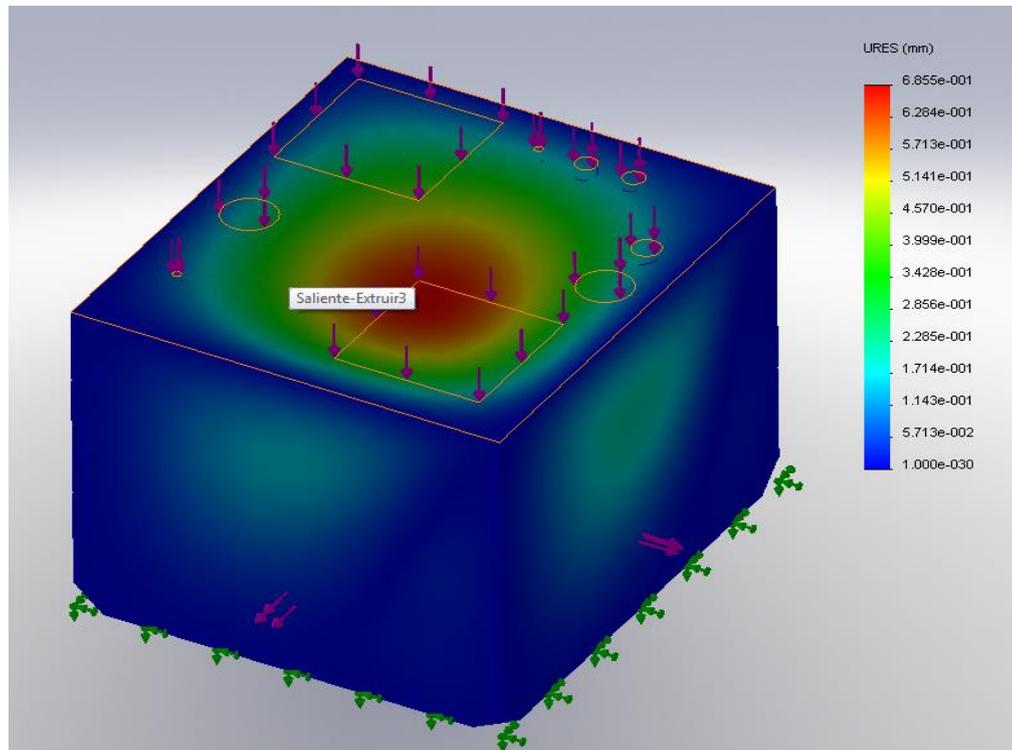


Fig.19 Simulación SolidWorks de las desviaciones

En la figura nos muestra cómo y dónde se reparten los desplazamientos y sus valores en una escala. Vemos que el mayor desplazamiento se encuentra en la parte superior y que su valor es de 0.6855 mm.

En la siguiente figura, se manifiestan las tensiones en  $\frac{N}{m^2}$ . Nos muestra como están distribuida las tensiones por todo el depósito. Observamos que el peor caso se encuentra en las soldaduras de las chapas que forman el depósito, siendo este  $1,07 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$  siendo el límite elástico  $1,7 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$ .

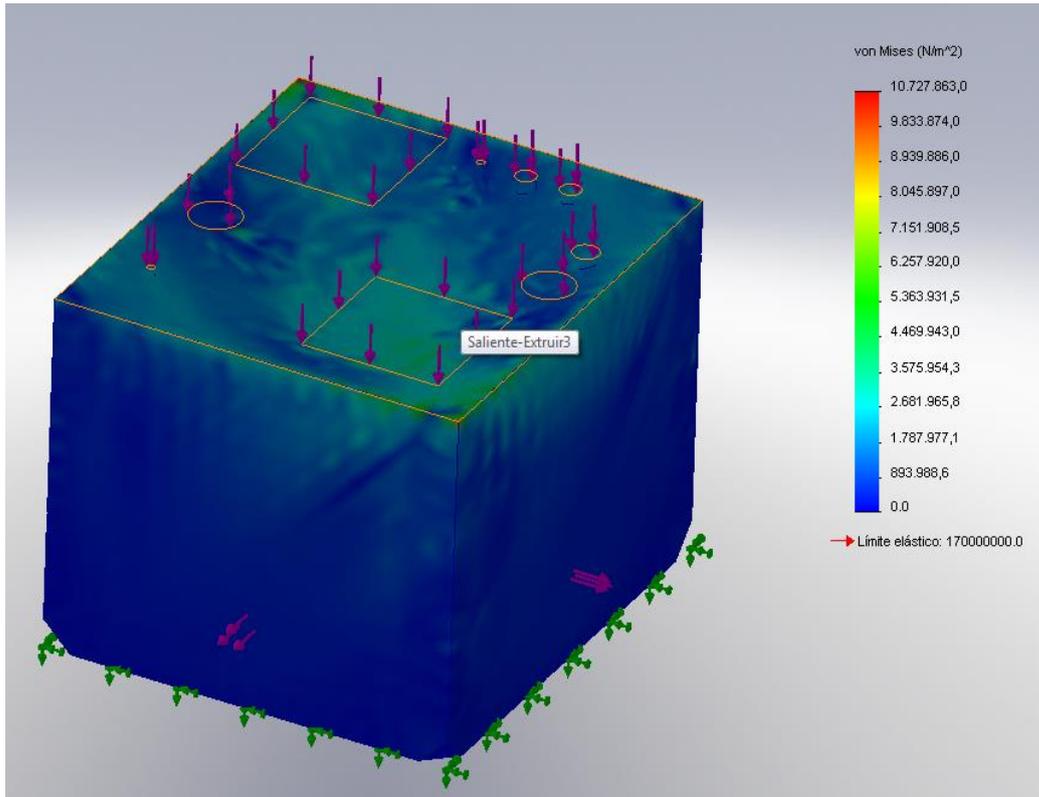


Fig.20 Simulación SolidWorks de Von Mises



## ANEXO 2.4: Cálculo termoeléctrico del calentador

El aceite depositado es necesario que esté a una cierta temperatura antes de cada puesta en marcha del sistema. En este caso, debe estar a 70°C antes de su funcionamiento como especifica el cliente. Para alcanzar esta temperatura se utilizará un calentador eléctrico de inmersión en la parte superior del depósito instalado de manera vertical unida mediante una brida Welding Neck de 150Lbs y 8 pulgadas según el código ANSI B16.5.

#### 2.4.1 Potencia del calentador

Estos calentadores se fabrican íntegramente en nuestra empresa Vulcanic. En primer lugar, el cliente nos ha transmitido que el tiempo de calentamiento del depósito sea de 13h, así que sacamos la potencia necesaria de nuestro grupo calefactor.

$$P = \frac{V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1) \cdot 1,2}{860 \cdot T}$$

Unidades:

V: Volumen en  $dm^3$  o litros

$\rho$  : Densidad del fluido en  $\frac{kg}{dm^3}$

$C_p$ : Capacidad de calor del aceite en  $\frac{Kcal}{kg^{\circ}C}$ , en este caso aceite sintético Therminol 59

$(t_2 - t_1)$  : temperatura final menos inicial

T: tiempo en horas

1,2 : Factor de seguridad teniendo en cuenta las tolerancias tensión suministrada y el valor óhmico de la resistencia

P: Potencia en Kw

Según el catálogo del aceite Therminol 59 (1.3 documentación técnica) la capacidad del calor del aceite es  $1.68 \frac{Kj}{kg^{\circ}C} = 0.4 \frac{Kcal}{kg^{\circ}C}$  y la densidad  $974 \frac{kg}{m^3} = 0.974 \frac{kg}{dm^3}$

Por lo tanto, la potencia requerida por el calentador es:

$$P = \frac{5700 \cdot 0.974 \cdot 0.4 \cdot (70 - 20) \cdot 1,2}{860 \cdot 13} = 11.92 \text{ KW}$$

Entonces, elegiremos un calentador que tendrá una potencia de 12 Kw

#### 2.4.2 Número de resistencias

El número de resistencias que dispondrá el calentador depende principalmente de la longitud activa de las resistencias (parte de las resistencias que estén en contacto con el aceite) y de la carga superficial. Esta carga superficial de las partículas hace referencia al potencial eléctrico que presentan, es decir, si están cargadas positiva o negativamente. Conocer este dato es importante ya que la carga superficial está directamente relacionada con la estabilidad de las partículas.

El aceite tiene una carga superficial máxima de unos  $2 \frac{W}{cm^2}$ , a partir de este valor se degradaría, por lo que necesitamos un número de resistencias que no superen cada una la carga superficial de  $2 \frac{W}{cm^2}$ . Además con un una mayor carga superficial se mejora la vida útil de las resistencias. Calcularemos la carga superficial con la fórmula:

$$C = \frac{P (W)}{2 \cdot L_{longitud} \cdot d \cdot \pi}$$

Dónde:

C: es la carga superficial ( $\frac{W}{cm^2}$ )

P: es la potencia máxima de cada resistencia (W)

$L_{longitud}$ : longitud de la parte activa de las resistencias (cm)

D: diámetro de cada Resistencia (cm)

A continuación se explica los valores elegidos:

- En primer lugar, se supone un número de resistencias y hallamos la carga superficial  $C < 2 \frac{W}{cm^2}$  de cada una.
- Las resistencias no ocupan la altura completa del depósito (1600mm), si no que existe una distancia mínima de 50 mm entre la placa de base del depósito y el extremo de las resistencias, por lo que  $la L_{longitud} = 1600 - 50 = 1550mm$ .
- El número de resistencias deben mínimo 3 o múltiplo de 3 ya que la conexión es una conexión trifásica en estrella sin neutro. La R se calcula con tensión  $460/\sqrt{3}$  VAC

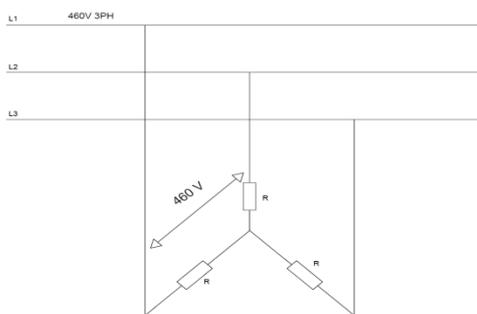


Fig.21 –Conexión eléctrico calentador electrico

Como se observa en la imagen, mínimo debe tener mínimo 3 resistencias, si se requieren más, se ubicarían en paralelo a esas resistencias y se obtendrá una resistencia equivalente:  $R_{equivalente}$

Suponemos en primer lugar 3 resistencias:  
 $P = 12KW / 3 = 4000W$

Entonces, la carga superficial tendrá un valor de:

$$C = \frac{4000}{2 \cdot 155 \cdot 1.6 \cdot \pi} = 2.5 \frac{W}{cm^2} > 2 \frac{W}{cm^2}$$

Para tres resistencias superan el valor límite del aceite de carga superficial, por lo que se degradaría el aceite. Para solucionarlo, hay dos formas como enunciamos anteriormente: o se modifica la longitud de las resistencias o se instalaran más resistencias en el grupo calefactor.

En este caso la longitud es imposible modificarla, ya que es la longitud de depósito de aceite. Entonces modificamos el número de resistencias a 6; P=2000W.

Con 6 resistencias:

$$C = \frac{2000}{2 \cdot 155 \cdot 1.6 \cdot \pi} = 1.28 \frac{W}{cm^2} < 2 \frac{W}{cm^2}$$

Observamos, que con 6 resistencias otorga cada una un valor adecuado de carga superficial. El siguiente salto sería de 9 resistencias, obtendríamos una menor carga superficial pero un presupuesto mayor. En este caso escogemos un grupo calefactor de 6 resistencias.

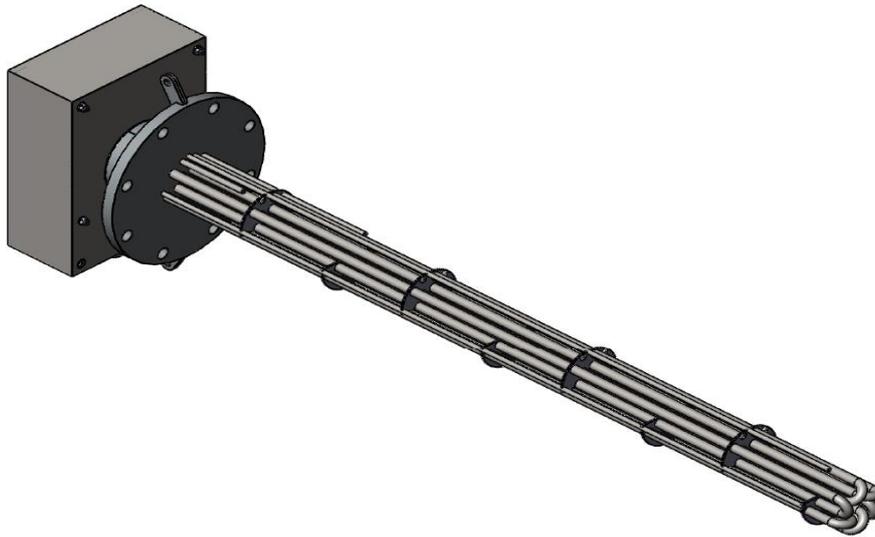


Fig.22 -Grupo calefactor eléctrico



## ANEXO 2.5: Cálculo mecánico del Calentador

### 2.5.1 – Cálculo mecánico Brida tubo

En este apartado, se calculará y dimensionará la brida del grupo calefactor, dicha brida llevará insertada los tubos de las resistencias. Por tanto, es esencial un buen diseño de la brida para evitar cualquier contratiempo, ya que esto supondría una fuga de combustión con lo que se detendría el sistema completamente, perdiendo así tiempo de funcionamiento. O también podría hallarse una temperatura inadecuada a la diseñada, por lo que se modificaría la viscosidad de fluido, fundamental en el correcto funcionamiento de todo el sistema.

Los cálculos se realizarán según ASME VIII Div 1 2013 Apéndice 41 y Apéndice 42 para una placa perforada uniformemente de un grupo calefactor de inmersión (EIH) con resistencias.

Estos cálculos pueden ser observados en el apartado de la memoria “**1.3 Documentación Técnica**” del proyecto

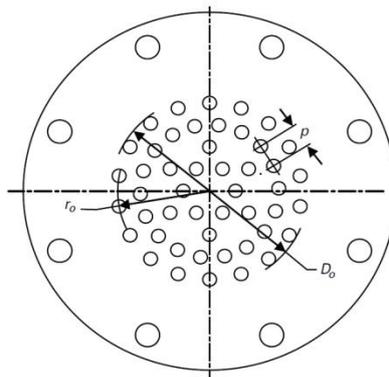


Fig.23 - Brida con los tubos de las resistencias

Para desarrollar los cálculos utilizamos una hoja Excel de cálculo de Vulcanic Termoeléctrica, empresa en la cual realizo el proyecto. Dado un dato tipo de brida estándar elegida para nuestro calentador, obtendremos un espesor de brida, comprobaremos si dicho espesor es adecuado o si necesita un sobreespesor en la brida

En esta primera hoja se introducen los datos de que tendrá nuestro calentador tales como temperatura y presión de diseño, materiales, número y diámetro de agujeros...

DESIGN INPUTS						
Design Pressure	P	0,1	N/mm2	Bolting Material	SA193-B8	
Design Temperature	Dt	100	deg C	Bolt Quantity	8	
Corrosion Allowance	Ca	0	mm	Bolting Dia	0.75"	Inch
Flange Size	150lb 8 inch			Bolt Root Area	199,4	mm2
Flange Material Spec	SA182 F316L			Bolting Allowable Stress @ Temp	s	113,73 N/mm2
Flange Allowable Stress @ Design Temperature	S	96,66	N/mm2	Bolting Allowable Stress @ Ambient	Sa	129,62 N/mm2
Allowable Stress @ Ambient Temperature	Sa	115,14	N/mm2	Gasket Type	Low Stress	
Elastic Modulus	189798,66 N/mm2			Gasket OD	263,7	mm
Plate Outside Dia	A	342,9	mm	Gasket ID	233,4	mm
Plate New Centre Thickness	h	28,6	mm	Gasket Factor	m	3
Increase of Thickness Above Standard	0 mm			Gasket unit sealing load	y	34,47 N/mm2
Facing Height	1,6 mm					
Bolt Circle Dia	BCD	298,4	mm			
Radius to centre of outermost drilled hole	ro	62,5	mm			
Hole Dia	d	16,2	mm			
Hole Pitch (Triangular)	p	25	mm			

En primer lugar sacamos el espesor mínimo requerido para nuestra brida

Appendix 41 - STEP 1	
$W = EIH$ Support Plate Thickness in accordance with Formula 4 of Appendix 2, para 2 – 5(e)	196455,2 N
$W_{m1} = EIH$ Plate Thickness in accordance with Formula 1 of Appendix 2, para 2 – 5(c)	8143,847 N
$h_g =$ Gasket moment arm as shown in Appendix 2, Table 2 – 5.2	24,23 mm
$G =$ Gasket Load Reaction Diameter in Accordance with Appendix 2	249,94 mm
Minimum required EIH Support Plate Flange Extension Thickness	$h_r = MAX \left[ \sqrt{\frac{1.9W h_g}{S_a G}}, \sqrt{\frac{1.9W_{m1} h_g}{S G}} \right]$ 17,73 mm

El espesor rminim hr requerido es:

**hr = 17.73mm**

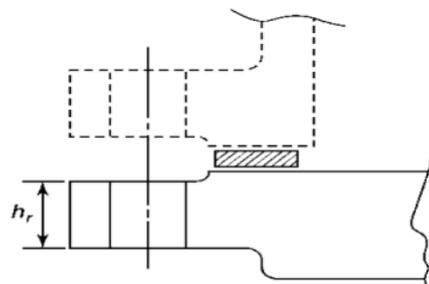


Fig.24 – Espesor de la brida hr

A continuación, hallaremos distintos datos y coeficientes , entre ellos obtendremos la fuerza que crea el momento concebida por la presión ( $M_{TS}$ ) y la fuerza de momento que actua sobre la placa sin perforar ( $M^*$ )



<b>Appendix 41 - STEP 2</b>			
Ligament Efficiency	$\mu = \frac{p-d}{p}$	0,352	
Determine Values of E*, E*/E and v* relative to h/p in accordance with Fig UHX-11.3			
	h/p	1,144	
	E*	72705,48562	
	E*/E	0,383066376	
	v*	0,30123138	
<b>Appendix 41 - STEP 3</b>			
Calculation Do	$D_o = 2r_o + d$	141,2	mm
<b>Appendix 41 - STEP 4</b>			
Calculate diameter ratio ρ	$\rho = \frac{G}{D_o}$	1,77010369	
<b>Appendix 41 - STEP 5</b>			
Calculate MTS due to pressure P acting on the EIH Support Plate RIM	$M_{TS} = \frac{D_o^2}{16} [(\rho - 1)(\rho^2 + 1)P]$	396,636	N
<b>Appendix 41 - STEP 6</b>			
Calculate diameter ratio K	$K = \frac{A}{D_o}$	2,42847025	
<b>Appendix 41 - STEP 7</b>			
Calculate coefficient F	$F = \frac{1 - \vartheta^*}{E^*} (E \ln K)$	1,618493707	
<b>Appendix 41 - STEP 8</b>			
Calculate Moment M* acting on plate rim	$M^* = M_{TS} + \frac{Wh_g}{\pi D_o}$	11127,74	Nm

En la imagen contigua, primero se calcula los momentos de flexión creados sobre la brida en la periferia  $M_p$  y en el centro  $M_0$ . Después se halla el momento resultante de los momentos M.

Más tarde calculamos la tensión  $\sigma$  del momento flector M y se compran con la condición de ASME :

$$\sigma < 2S$$

Siendo S la tensión máxima permitida por el material según ASME, S= 96.5  $\frac{N}{sqmm}$  en este caso.



<b>Appendix 41 - STEP 9</b>			
Calculate maximum bending moment acting on the EIH Support plate at the periphery $M_p$ and the centre $M_o$			
$M_p = \frac{M^* - \frac{D_o^2}{32} FP}{1 + F}$			4211,162859 Nm
$M_o = M_p + \frac{D_o^2}{64} (3 + \vartheta^*) P$			4314,003645 Nm
<b>Appendix 41 - STEP 10</b>			
Determine the Maximum bending moment $M$ acting on the EIH Support plate			
$M = MAX[ M_p ,  M_o ]$			4314,003645 Nm
<b>Appendix 41 - STEP 11</b>			
Calculate the EIH support plate bending stress $\sigma$			
$\sigma = \frac{6M}{\mu h^2}$	89,899	N/sqmm	
The EIH thickness is acceptable if $\sigma$ is equal to or less than $2S$			
	$2S=$	193,32	N/sqmm

Se puede observar que la primera condición cumple.

Por último, en la hoja siguiente adjunta, se obtiene la tensión cortante en el exterior de las perforaciones (tubos) de la brida y se comprueba que cumple la siguiente condición. Además, se calcula el par a la que tiene que estar la junta para la correcta estanqueidad y el par de apriete a la que deben de estar los tornillos de la brida para una unión correcta.



<b>Appendix 41 - STEP 12</b>			
Calculate the average shear stress $\tau$ in the EIH support plate at the outer edge of the perforated region.			
$\tau = \left(\frac{1}{4\mu}\right)\left(\frac{D_o}{h}\right)P \quad 0,3506 \text{ N/sqmm}$			
The EIH thickness is acceptable if $\tau$ is equal to or less than 0.8S			
0.8S=		77,33 N/sqmm	<b>The proposed flange thickness is acceptable</b>
<b>Hydrostatic Pressure Test in accordance with UG-99</b>		1,548589169 Barg	(N.B. service vessel or PED regulations may require a higher test pressure)
<b>BOLT TORQUE</b>			
Gasket Seating Load	196455,1866 N	Operating Bolt Load	8143,8466 N
Load Per Bolt (Gasket Seating)	24556,89833 N	Load Per Bolt (Operating)	1017,9808 N
K Factor	0,3	K Factor	0,3
Gasket Seating Torque	140,34 Nm	Operating Bolt Torque	5,82 Nm



## 1.6. ANEXO 1.5: Cálculo de aislamiento de tuberías

Los sistemas de tuberías diseñados para transportar líquidos y gases forman una parte integral de cualquier proceso industrial. Un aislamiento de tuberías de alta tecnología es esencial por varias razones:

- Para asegurar la estabilidad térmica del elemento transportado y alcanzar mayor seguridad en el proceso.
- Para ofrecer aislamiento térmico lo cual mejorará la eficiencia energética, reduce la pérdida de calor y disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Por razones de seguridad – para proteger al personal de superficies calientes (40°C).
- Para impedir la corrosión a través de una menor humedad y condensación.
- Para reducir el ruido causado por turbulencias en el material
- Para ofrecer una protección pasiva contra el fuego con el fin de mejorar la seguridad en la planta.

En este proyecto se utilizará como aislamiento lana de roca (**anexo**). Primero, se calculará el espesor del aislamiento de las tuberías antes de la entrada al enfriador, En este caso, por motivos de seguridad y para no perder calor, ya que es muy importante la temperatura en un sistema de refrigeración con aceite, el espesor calculado será el mínimo para temperatura en la superficie exterior del aislamiento de 20°C.

Para ello, se hallará mediante la “Ecuación fundamental de transmisión de calor por conducción y convección” y en los conocimientos obtenidos en la asignatura de “Ingeniería térmica”. El flujo de calor se puede definir de dos maneras:

Con la ecuación fundamental de transmisión de calor

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{conv} + R_{cond} + R_{cond}} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_c \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot l} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2 \cdot \pi \cdot k_1 \cdot l} + \frac{\ln(\frac{r_3}{r_2})}{2 \cdot \pi \cdot k_2 \cdot l}}$$

Y mediante la capacidad calorífica

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T$$

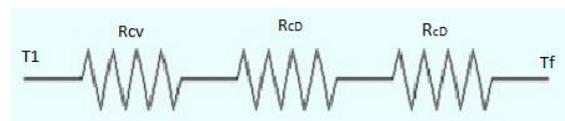


Fig. 25 –Dibujo simulado del flujo de calor

Dónde

- Q: Flujo de calor ( $\frac{W}{m}$ )
- $R_{conv}$ : Resistencia térmica de convección  $\frac{W}{m \cdot k}$
- $R_{cond}$ : Resistencia térmica de conducción  $\frac{W}{m \cdot k}$
- $\Delta T$ : Diferencia de temperatura (K)
- $h_c$ : Coeficiente de película del líquido ( $\frac{W}{m^2 \cdot k}$ )
- K: Conductividad térmica  $\frac{W}{m \cdot K}$
- l: longitud de la tubería (m)
- $\rho$ : densidad del fluido  $\frac{kg}{m^3}$

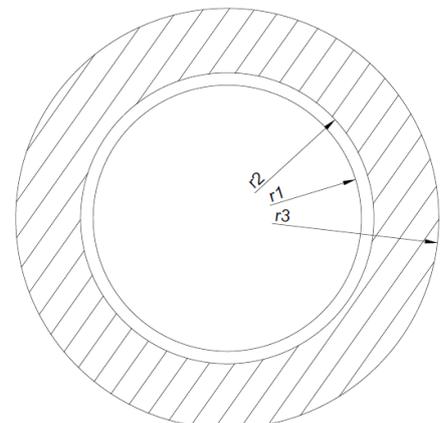


Fig 26- Perfil de tubería y aislamiento

- r1 y r2: radio interior y exterior de la tubería (3" schl 40: d=88.9mm ; e= 5.49mm)
- r3: radio exterior del aislamiento
- $\mu$ : Viscosidad dinámica ( $\frac{Ns}{m^2}$ )

Antes de comenzar a calcular el espesor, necesitamos el coeficiente de película  $h_c$  del fluido para la fórmula fundamental. Para obtener este valor, se empleará el libro, utilizado en la asignatura Ingeniería térmica, de “Pedro Fernandez: XIII.- transmisión de calor por convección correlaciones para la convección natural y forzada”. En este caso, es una tubería que en su interior circula el líquido a régimen turbulento, con lo cual nos situamos dentro de esta sección:

**FLUJO TURBULENTO DESARROLLADO POR EL INTERIOR DE TUBERÍAS**

a) Los datos experimentales correspondientes a los estudios realizados sobre el movimiento en tubos de un gran número de líquidos, gases y vapores, se pueden expresar por las siguientes ecuaciones:

En tubos lisos se aplica la ecuación de **Dittus-Boelter**:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^a, \text{ para: } \frac{L}{d} > 60, \text{ y } \begin{cases} 0,7 < Pr < 160 \\ Re > 10.000 \end{cases}$$

en la que se considera  $a = 0,4$  para calentamientos y  $a = 0,3$  para enfriamientos.

b) Una correlación que permite una precisión aún mayor que la de Dittus-Boelter, es la de **Polley**, de la forma:

$$St = \exp [-3,796 - 0,205 \ln ( Re ) - 0,505 \ln ( Pr ) - 0,0255 \{ \ln ( Pr ) \}^2 ] ; 0,5 < Pr < 3000$$

c) Ecuación de **Sieder y Tate**.- Es de la forma:

$$Nu = 0,027 Re^{0,8} Pr^{1/3} \left( \frac{\eta_F}{\eta_{pF}} \right)^{0,14}, \text{ con: } \begin{cases} Re > 10.000 ; \frac{L}{d} > 60 \\ 0,7 < Pr < 16.500 \end{cases}$$

recomendándose para aquellos casos de transmisión de calor en los que la viscosidad de los fluidos cambie marcadamente con la temperatura.

Para determinar  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$  y  $\eta_F$  hay que conocer las propiedades del fluido a su temperatura media  $T_F$ , mientras que  $\eta_{pF}$  se calcula a la temperatura de la pared  $T_{pF}$ .

Fig.27 - Correlación para flujo turbulento por interior de tuberías

Utilizaremos la ecuación de Polley para hallar la correlación, que depende del número de Prandtl y de Reynolds, y más tarde poder hallar el número de Nussel y con ello el coeficiente de transmisión de calor por convección o coeficiente de película.

Características del aceite therminol 59 (1.3 documentación técnica):

$$K_{70^\circ C} = 0.118 \frac{W}{m \cdot K} ; C_p = 1.84 \frac{Kj}{kgK} ; \mu = 0.00209 \frac{Ns}{m^2} ; Q = 351 \frac{l}{min} = 0.00585 \frac{m^3}{s}$$

Número de Prandtl:

Numero adimensional proporcional al cociente entre la difusividad de [momento \(viscosidad\)](#) y la [difusividad térmica](#)

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{K} = \frac{1,84 \cdot 10^3 \frac{J}{kgK} \cdot 0,00209 \frac{Ns}{m^2}}{0,118 \frac{W}{m \cdot K}} = \mathbf{32,59}$$

Número de Reynolds :

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\pi \cdot D \cdot \mu} = \frac{4 \cdot 0,00585 \cdot 937}{\pi \cdot 0,07792 \cdot 0,00209} = \mathbf{42855,87} > 2000 \text{ Turbulento}$$

A continuación, hallamos la correlación St forzada mediante la ecuación de Polley:

$$St = \exp(-3,796 - 0,205 \ln(42855,87) - 0,505 \ln(32,59) - 0,0255 (\ln(32,59))^2) = \mathbf{3,187 \cdot 10^{-4}}$$

EL número de Nusselt es un número adimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción.

$$Nu = \frac{hc \cdot L(\text{diametro})}{K}$$

Sacamos el valor de la siguiente ecuación:

$$St = \frac{Nu}{Re \cdot Pr} \Rightarrow Nu = St \cdot Re \cdot Pr \Rightarrow \mathbf{Nu = 445,059}$$

$$445,059 = \frac{hc \cdot 0,07792 \text{ m}}{0,118 \frac{W}{m \cdot K}} \Rightarrow \mathbf{hc = 674 \frac{W}{m^2 \cdot K}}$$

Una vez hallado el coeficiente de convección, se obtiene el flujo de calor mediante la capacidad calorífica:

$$J = w/s$$

$$C_p 1840 \frac{J}{kgK} \cdot \frac{1 s}{3600h} = 0,511 \text{ w/h}$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T = 937 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,511 \frac{W}{kgKh} \cdot (\pi \cdot 0,039^2 \cdot 1) m^3 \cdot (343-293) K$$

$$Q = 114,4 \frac{w}{m}$$

Obtenido el flujo de calor, se sustituye en la ecuación fundamental, donde la incógnita será el espesor mínimo requerido del aislante. Antes de ello, necesitamos los coeficientes de conductividad térmica tanto del acero como del aislante.

La conductividad del acero depende de la temperatura, para conseguir la K a 70°C habrá que interpolar

Acero SA106



$$\begin{array}{l}
 K=16 \longrightarrow 100\text{ }^{\circ}\text{C} \\
 K=15 \longrightarrow 20\text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{array}
 \qquad
 \frac{16-15}{100-20} = \frac{K_1-15}{70-20} \qquad K_1 = 15.625$$

En la **tabla** aparece la conductividad del aislante lana de roca  $K_2 = 0.041$

El espesor del aislante será:

$$114.4 \frac{w}{m} = \frac{343-293}{\frac{1}{674 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.03896 \cdot l} + \frac{\ln\left(\frac{0.04445}{0.03896}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 15.625 \cdot l} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{0.04445}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0.041 \cdot l}}$$

$$r_3 = 0.004965\text{m} \Rightarrow d_3 = 99.30 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor aislante} = d_3 - d_2 = 99.30 - 88.9 = \mathbf{10.4\text{mm}}$$



## ANEXO 2.7: Elementos de regulación y control

### 2.7.1. Elementos de regulación y control

La instalación de estos elementos es necesaria para regular y controlar el buen funcionamiento del sistema y poder prevenir cualquier problema mayor y el fallo o paro completo del sistema. También mediante transmisores o medidores nos indica si el fluido circula por cada sección del « skid » con las características, como presión, temperatura y caudal acordadas y requeridas por el cliente para el buen uso del fluido, tanto lubricación como refrigeración del sistema de una turbina de gas.

Son multitud los elementos de regulación y control que existen en el sistema, pudiendo distinguir en dos varias partes :

- Transmisores y medidores de temperatura, presión y caudal, los cuales mantienen informado de la circulación del fluido por el sistema.
- Válvulas

### 2.7.2- Transmisores y medidores

#### 2.7.2.1 – Transmisores de temperatura

Los transmisores amplifican y acondicionan la señal del sensor y la transmite sobre un par de hilos trenzados hasta la sala de control mediante una señal eléctrica de salida de 4-20 mA. Los transmisores están unidos a un termopozo, éste termopozo está unido mediante bridas a la tubería y a su vez tiene una rosca 1/2" para la unión de una sonda que entrará en contacto con el fluido. Dentro de esta rosca se ubicará el sensor del transmisor el cual.

En las siguientes imágenes se aprecia el dispositivo utilizado para este proyecto

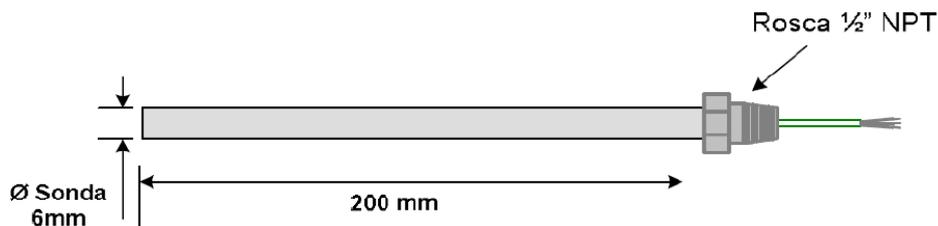


Fig.28 -Sonda del transmisor

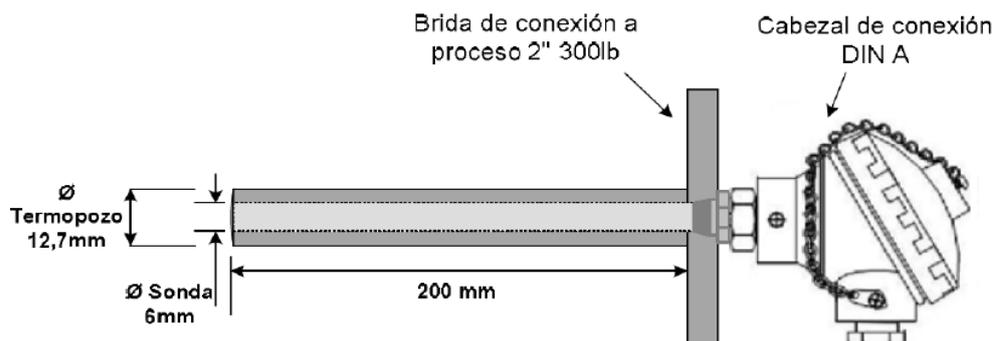


Fig.29- Conjunto de termozo y transmisor

Hoja de instrumentos de los transmisores que se ubican en el proyecto a petición del cliente, características esenciales de los transmisores y con la cual se solicitó la propuesta de presupuesto a los proveedores:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
TT-22497/9	2	<p><u>Temperature Transmitter</u>                      Conexión eléctrica: 1/2" NPT hembra                      Señal de salida: 4-20 mA con indicador digital                      Tipo de sensor: RTD Pt100 IEC761 3 hi                      Fluido : aceite                      Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ºC</p>	ITN66212	RTO744086010A	0-100	ºC
TE/TW-22497	1	<p><u>Temperature Element RTD+TW</u>                      Conexión brida: 2" 150#RF                      Longitud: 200mm y ø6mm                      Conexión TW/TE: Roscado 1/2" BSP                      Fluido: aceite                      Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ºC</p>	ITN62698	RPO263981200	0-100	ºC
TE/TW-22499	1	<p><u>Temperature Element RTD+TW</u>                      Conexión brida: 2" 150#RF                      longitud 200mm ø6mm                      Conexión TW/TE: Roscado 1/2" BSP                      Fluido: aceite                      Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ºC</p>	ITN62698	RPO264031200	0-100	ºC

### 2.7.2.2 – Medidores de temperatura

Los medidores sirven para controlar la temperatura principalmente por los operarios, ya que indican la temperatura en planta mediante una en la caratula en el lugar de trabajo.

En este proyecto utilizaremos medidores Bimetales. El Bimetal termostático consta de tiras de dos ó más metales unidos entre sí. Debido a los diferentes índices de expansión de sus componentes, Esta composición tiende a cambiar de curvatura cuando se somete a una variación de temperatura. Los medidores estarán unidos a un termopozo y éste a u vez sujeto a al tubería mediant una brida.

En la siguiente hoja de instrumetos adjunto aparecen las características principales de los medidores de temperatura que que se ubican en el proyecto a petición del cliente:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
TG-22498/3 TG-22495/6	4	Temperature Gauge Roscado 1/2" BSP Salida del bulbo Radial Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66506	RT0729067603	0-100	°C
TW x TG	4	Thermowell for TG Diseño : Roscado 1/2" BSP l=200mm ø6mm Tamaño de la caratula : ø100mm Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN62698	RPO216850030	0-100	°C

### 2.7.2.3 – Transmisores de presión

En general la función de estos transmisores es igual que el de los de temperatura. Localizar las presiones en cada sección del sistema y dicta una señal eléctrica de 4-20mA a la sala de control.

Para la medida de presión con transmisores de presión, [sensores de presión](#) se requiere un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica. La señal eléctrica indica el valor de presión recibida.

En la **figura** adjunta representa el transmisor de presión el cual estará instalado en el sistema mediante una válvula



Fig.30 – Transmisor de presión

Hoja de instrumentos del transmisor que existe en el proyecto, características esenciales:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
PT-22497	1	Pressure transmitter Unión roscada de 3/4" a válvula de globo Señal de salida : J 4-20mA (HART 5/7 comms) Conexión eléctrica 2 2x1/2 NPT hembra E Digital LCD Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66236	RT0846153655A	0-15	bar

### 2.7.2.4 Transmisor diferencial de presión

La función del transmisor diferencial de presión es informar de la diferencia de presión entre dos puntos, en el proyecto estos dos puntos están situados a la entrada y salida del filtro. Se colocan en ambos puntos válvulas donde se ubican dos « tubing » conectados con el transmisor que recibe esta diferencia de presión y envía una señal eléctrica de 4-20mA a la sala de control.

El objetivo, en este caso, es conocer continuamente la diferencia de presión a la entrada y salida de los filtros. Si la presión supera la presión establecida, se indicará en la sala de control una señal de alarma que indica que los filtros no están correctamente.

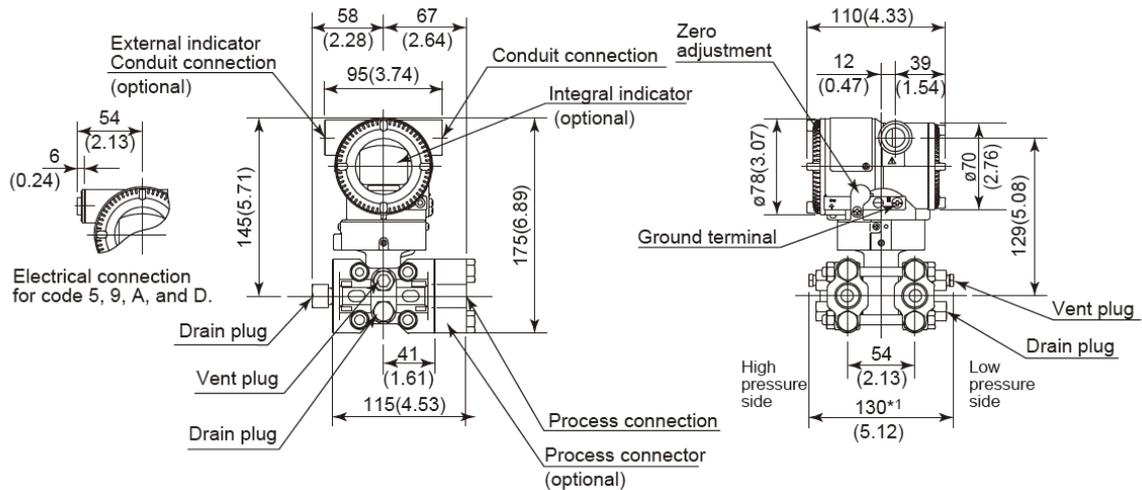


Fig.31 -Plano de transmisor

Hoja de instrumentos del transmisor, características esenciales:

PDT-22492	1	Differential pressure transmitter EJA110E-JMSWJ-914EB/FF1 Unión roscada de 1/2" NPT a válvula Señal de salida: 4-20mA DC /HART5/7 dig comm) Caja convertidor 1 Aluminio fundido Conexión eléctrica 4 2x M20 Indicador integral E Digital LCD Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66187	RT0714203350A	0-3	bar
-----------	---	---	----------	---------------	-----	-----

### 2.7.2.5 Medidores de presión

En general la función de estos medidores es igual que el de los de temperatura. Localizar las presiones en cada sección del sistema e indicar la presión en planta o campo en la caratula

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local con sensores piezoeléctricos.



Fig.32 -Manómetro

En la siguiente hoja de instrumentos adjunto aparecen las características principales de los medidores de presión que se ubican en el proyecto a petición del cliente:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
PG-224989	2	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419744805	0-10	bar
PG-224956	2	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419664703	0-2	bar
PG-22493	1	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419744703	0-5	bar
PG-22494	1	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419734703	0-5	bar

### 2.7.2.6 Medidor de caudal

Un caudalímetro la medición de [caudal](#) o gasto volumétrico de un [fluido](#) o para la medición del [gasto másico](#). Colocado en línea con la [tubería](#) que transporta el fluido mediante bridas como se observa en la [figura](#)



Fig.33 - Caudalímetro

Hoja de instrumentos con las características :

FG 22497/8/9	2	Flow rate gauge Conexión: Entre Bridas 2" RF #150 fluido: aceite Caudal de operación : 350 l/min Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	MM/AM-1200	SOK0862333	0-400	l/min
--------------	---	---	------------	------------	-------	-------

### 2.7.3- Válvulas

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria.

Las válvulas empleadas en proyecto tienen varias funciones. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el fluido del sistema.

También algunas de las válvulas tienen la función de conexión de transmisores y medidores con la tubería y garantizar estanqueidad en caso de que haya que sustituir o modificar estos dispositivos.

Otras Válvulas sirven de drenaje y venteo del sistema, como por ejemplo en los enfriadores, filtros o en las tuberías en forma de By-pass. Las primeras sirven de vaciado del fluido y las segundas para purgar cualquier posibilidad de aire.

Y por último, las 3 válvulas más importantes e imprescindibles en el sistema. Las válvulas de control de presión y la válvula de control de temperatura. Válvulas automatizadas y neumáticas que controlan o reducen a una presión establecida automáticamente dependiendo de la señal que reciben de otras válvulas o que controla la temperatura entre dos ramas a una temperatura establecida.

#### 2.7.3.1 – Lista de instrumentos de Válvulas

TIPOS DE VALVULAS		
Tipo	Cantidad y descripción	
<b>Válvula de aislamiento (compuerta)</b>	8 Válvulas conexión entre bridas 3" (Aceite) 2 Válvulas conexión entre bridas 2" (Agua) 2 Válvulas conexión entre bridas 4" (Aceite)	Bridas: 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: ASTM A216 Gr. WCB
<b>Válvula de globo</b>	13 unidades: acabados => soldado/roscado hembra 3/4" NPT (aceite) 6 unidades entre bridas 2" (aceite ) 2 unidades entre bridas 2" (agua)	150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: ASTM A216 Gr. WCB
<b>Válvula de bolas de tres vías de control</b>	4 unidades (Aceite)	Conexión: entre bridas 3" 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: ASTM A216 Gr. WCB
<b>Válvula de aguja</b>	7 válvulas : acabados => Soldado/roscado 3/4" hembra NPT (aceite) 4 válvulas : acabados => Soldado/roscado 3/4" hembra NPT (agua) 2 válvulas conexión entre bridas 2" (Agua)	Bridas: 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: ASTM A216 Gr. WCB
<b>Válvula antirretorno</b>	2 unidades (Aceite)	Conexión: entre bridas 3" 150L# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: ASTM A216 Gr. WCB
<b>Válvula de alivio de presión</b>	2 unidades conexión entre bridas 2" (Aceite) 2 unidades conexión entre bridas 2" (Agua)	Bridas: 150L# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Carbon Steel (SA-216 Gr. WCB)

### 2.7.3.2 – Hoja de instrumentos de válvulas de control

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	ITN / SPEC	NP CODE
PCV-22491	1	Válvula de control de presión #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 351 l/min Pres. /Temp.de operación: 7.5 bar/80º C	ITN64075	RVO285141013
PCV-22490	1	Válvula de control de reducción de presión #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 275 l/min Pres. /Temp.de operación: 3 bar/50º C	ITN64076	RVO285192113
TCV-22494	1	Válvula de control de temperatura #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 275 l/min Pres./Temp.de operación: 6.5 bar/50º C	ITN64078.02	RVO300325332



## 2.8. ANEXO: Soldadura



### **2.8.1. Soldadura en tuberías y depósito**

Para el caso de tuberías y depósito se utilizará el proceso de GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) en la raíz del cordón de soldadura y el relleno con SMAW (Shield Metal Arc Welding) según las variables esenciales de soldadura de descritas en el siguiente procedimiento de soldadura WPS 115-113 adjunto.

	<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b> SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	Page: 1 of 6 Blatt: 1 von 6 Page: 1 en 6 Pág.: 1 de 6
		15/06/2016

Company Name:		<b>VULCANIC</b> Group				by: <b>Javier Revuelta</b>		
Hersteller :						Von:		
Nom du fabricant :		Par :		Por :				
Nombre fabricante :								
Welding Procedure Specification N°:		115-13		Date:	15/06/2016		Supporting PQR N°:	
Schweißanweisungs Nr.:				Datum:			Gestützt auf PQR(s):	
Spécification du procédé de soudage No:				Date:			PQR N°. Correspondant:	
Especific. de Procedimiento de Soldadura N°:				Fecha:			N° PQR Correspondiente:	
Revision N°:		1		Date: 15/06/2016		by: <b>Javier Revuelta</b>		
Revisions Nr. :				Datum :		Durch :		
Rev N° :				Date :		Par :		
Revisión N°. :				Fecha :		Por :		
Welding Process(es)		1. GTAW	2. NA	3. NA	4. NA	Type	<input type="checkbox"/> Automatic	<input type="checkbox"/> Semi-Automatic
Schweißverfahren						Art	<input checked="" type="checkbox"/> Manual	<input type="checkbox"/> Machine
Procédé de soudure						Type		
Proced. de Soldadura						Tipo		
<b>JOINTS (QW-402):</b> Schweißnahtvorbereitung (QW-402): Préparation de la soudure (QW-402) : Preparación de la soldadura (QW-402) :					<b>Specific Joint Details</b> Schweißnahtvorbereitung DÉTAILS DES JOINTS SOUDÉS SPÉCIFIQUES DETALLES DE LA JUNTA SOLDADA			
Joint Design		See Specific Joint Details						
Fugenvorbereitung		Siehe spezifische Schweißnahtvorbereitung						
Type de soudure		Voir les détails spécifiques conjoints						
Preparación de las juntas		Ver detalles de junta específica						
Backing		<input type="checkbox"/>	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	No			
Unterlage			Ja		Nein			
Soutien			Oui		Aucun			
Support			Sí		No			
Backing material (Type)		N/A						
Unterlagewerkstoff (Typ)								
Le matériau de base (Type)								
Material de base (Tipo)								
Retainers		<input type="checkbox"/>	Yes	<input checked="" type="checkbox"/>	No			
Schweißbadabsicherung			Ja		Nein			
bain de soudure			Oui		Aucun			
Retenedores			Sí		No			
Retainer material		Not Applicable						
Schweißbadabsicherungswerkstoff		nicht anwendbar						
matériau de retenue		Non Applicable						
Material de Retenedores		No Aplica						
Other:		-						
Sonstiges:								
Autres:								
Otros:								
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• See others designs of joints. (Fillet welds).</li> <li>• Fillet welds: ALL (Examples at the end of this WPS).</li> <li>• For the Project A950626A/B: it is only applicable the GTAW process of this procedure.</li> </ul>						

	<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b> SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	Page: 2 of 6 Blatt: 2 von 6 Page: 2 en 6 Pág.: 2 de 6
		15/06/2016

<b>BASE METALS (QW-403)</b> GRUNDWERKSTOFFE (QW-403) MÉTAUX DE BASE (QW-403) METALES BASE (QW-403)									
P-N° P-N°	8	Group: Gruppe: Groupe: Grupo:	1	To zu pour a	P-N° P-N°	8	Group: Gruppe: Groupe: Grupo:	1	
Other: Sonstiges: Autres: Otros:									
Spezifikation, Type Grade Spezifikation, Typ und Klasse oder UNS Année Type de spécification Especificación, Tipo de Grado		304L UNS S30406		To zu pour a	Spezifikation, Type Grade Spezifikation, Typ und Klasse oder UNS Année Type de spécification Especificación, Tipo de Grado		304L UNS S30406		
Other: Sonstiges: Autres: Otros:		-/-							
<b>Thickness Range : GTAW 2-6mm</b> Dickenbereich : SMAW 4-16mm Limits d'épaisseurs : Rango de espesores:			<b>Groove:</b> Fugennaht : Chanfrein : Ranura:	80	<b>Fillet:</b> Kehlnaht : Soudure d'angle : Soldadura en ángulo:		All		
<b>Pipe Ø Range : &gt;40mm</b> Rohr Ø Bereich : Tuyau Ø Gamme: Tubo Ø Rango:			<b>Groove:</b> Fugennaht : Chanfrein : Ranura:	All	<b>Fillet:</b> Kehlnaht : Soudure d'angle : Soldadura en ángulo:		All		
<b>FILLER METALS (QW-404)</b> Schweißzusatzwerkstoff (QW-404) Métal d'apport (QW-404) Metal de aportación (QW-404)									
<b>Deposited Weld Metal Thickness Range:</b> Schweißgutdicke Gültigkeitsbereich: Limites d'épaisseurs Métal d'apport : Rango de espesores de metal depositado:									
<b>1. Deposited Weld Metal</b> Schweißgut Métal déposé à souder Metal de soldadura depositado		<b>Groove:</b> Fugennaht : Chanfrein : Ranura:		2mm/lay		<b>Fillet:</b> Kehlnaht : Soudure d'angle : Soldadura en ángulo:		4mm/lay	
<b>2. Deposited Weld Metal</b>		<b>Groove:</b>		4mm/lay		<b>Fillet:</b>		4mm/lay	
<b>3. Deposited Weld Metal</b>		<b>Groove:</b>		-/-		<b>Fillet:</b>		-/-	
<b>4. Deposited Weld Metal</b>		<b>Groove:</b>		-/-		<b>Fillet:</b>		-/-	

	<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b> SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	Page: 3 of 6 Blatt: 3 von 6 Page: 3 en 6 Pág.: 3 de 6
		15/06/2016

<b>Maximum (t) : for one pass</b> Maximum (t) für eine Schweißraupe Maximale (t) pour un cordon de soudure Máximo (t) para un cordón de soldadura		NA				
<b>Welding Process</b> Schweißverfahren procédé de soudage Proceso de soldadura		1. GTAW		3.	4.	5.
.4 F-Nr / F-N°. Ou / Or Autres / Other		6				
.5 A-Nr / A-N°. Ou / Or Autres / Other						
.5 AWS (Classe) / AWS N° (Class)		ER308L				
.6 Ø of Filler Metal / Ø Schweißzusatz / Ø matériel de soudure supplémentaires / Ø Material de soldadura adicional		--				
.7 Ø of Filler Metal > 1/4" / Ø Schweißzusatz > 6mm / Ø de métal d'apport > 6mm / Ø de metal de aportación > 6mm		1,6				
.9 Electrode Flux (Class) / Schweißpulver (Klasse) / Flux électrode (classe) / Electrodo Flujo (Clase)		NA				
.10 Alloying Flux / Legierungspulver / alliage Flux / Aleación de flujo		NA				
.12 Specification (SFA) / Spezifikation (SFA) / Spécification (SFA) / Especificación (SFA)		A5.9				
.14 With or Without Filler Metal / mit oder ohne Schweißzusatz / Avec ou sans métal d'apport / Con o sin metal de aportación		With				
.22 Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering / Insert consommable / Insertar los consumibles		NA				
.23 Solid or Tubular Electrode / Massiv-oder Fülldraht Elektrode / Electrode solide ou tubulaire / Electrodo sólido o tubular		Solid electrode				
.24 Supplemental Filler Metal / Zusatzwerkstoff / Métal d'apport supplémentaire / Metal de aporte suplementario		NA				
Position (QW-405) / POSITION / POSITION / POSICIÓN		PWHT (QW-407) / Wärmenachbehandlung / Traitement thermique après soudage / Tratamiento térmico				
Position(s) of Groove / Lage(n) der Fugennaht / Position (s) de Groove / Posiciones de ranura		Temperature Range / Temperat rango de temperatura urbereich / plage de température / Rango de Temperatura				
1G 1G-R 2G 3G 4G 5G 6G    F V H O <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		None / Non				
Position(s) of Fillet / Lage(n) der Kehlnaht / Position(s) de la soudure d'angle / Posiciones de la soldadura de ángulo		Time Range / Dauer / Plage de temps / Intervalo de tiempo				
1F 1F-R 2F 2F-R 3F 4F 5F    F V H O <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		None / Non				
Welding Progression / Schweißrichtung / Sens de progression / Dirección del movimiento		GAS (QW-408) / Gas / Gaz / Gas				
PREHEAT (QW-406) / Vorwärmen / Préchauffage / PRECALENTAMIENTO		Shielding Gas(es)		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	
Preheat Temp. Min. / Temp. mini. de préchauffage / Vorwärmtemperatur Min. / Temperatura min. de precalentamiento / 20°C		Schutzgas / Gaz de protection / Gas de protección		Ja	Oui	
				Oui	si	

	<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b> SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	Page: 4 of 6 Blatt: 4 von 6 Page: 4 en 6 Pág.: 4 de 6
		15/06/2016

<b>Interpass Temperature Maximum</b> Zwischenlagentemperatur Max. / Temp. Maximum. Intermédiaire/ Temperatura Máxima entre pasadas	150°C	<b>Type</b> Art / Type / Tipo	<b>Composition %</b> Schutzgasmischung % Composition en % Composición en %	<b>Flow rate</b> Gasdurchflussmenge Débit moyen Caudal medio
<b>Preheat Maintenance</b> / Vorwärmhaltetemperatur / Maintien de préchauffage / Mantenimiento de precalentamiento	None / Non	Ar	99,995%	10-15 l/mn
<b>Other</b> / Sonstiges / Autres / Otros	-/-	<b>Gas Backing</b> Schutzgasumspülung <input type="checkbox"/> Oui / <input checked="" type="checkbox"/> Non / Gaz de protection envers Yes No Gas de Protección		
<b>ELECTRICAL DATA (QW-409) / Elektrische Daten /</b> Caractéristiques électriques / Características eléctricas				
<b>Électrode tungstène Ø</b> Tungsten Electrode Ø	2mm	<b>Type</b> Type	<b>Composition %</b> Schutzgasmischung % / Composition en % / Composición en %	<b>Flow rate</b> Gasdurchflussmenge Débit moyen Caudal medio
<b>Tungstene Type</b> / Tungsten Type	AWS A5 12	-	-	-
<b>Mode de transfert du métal d'apport</b> Mode of Metal Transfer	<input checked="" type="checkbox"/> Spritz <input type="checkbox"/> s.s. -arc MIG Spray Short Circuit	<b>Trailing Gas</b> Nachlaufschutzgas <input checked="" type="checkbox"/> Oui / <input checked="" type="checkbox"/> Non / Gaz de traine Yes No Gas de respaldo		
courant, polarité, intensité See Table below for: Current, polarity, amp		<b>Type</b> Art / Type / Tipo	<b>Composition %</b> Schutzgasmischung % Composition en % Composición en %	<b>Flow rate</b> Gasdurchflussmenge Débit moyen Caudal medio
<b>Other</b> / Sonstiges / Autres / Otros	-/-	Ar	99,995%	5-7l/mn
<b>Technique (QW-410) / Technik / TECHNIQUE / Técnico</b>		<b>Procédé de soudage / Welding Process</b>		
.1 <b>String or Weave</b> / Strich- oder Pendelraupe / Droit ou balayage / Cadena u onda		String		
.3 <b>Ø mm Gas Cup Size</b> / Ø mm Schutzgasdüse / Ø mm de l'orifice de la protection gazeuse / Ø del orificio del gas de protección en mm		-/-		
.5 <b>Method of initial and interpass Cleaning</b> / Erst und Zwischenlagen-Säuberungsart / Nettoyage initial et interpasses / Limpieza inicial y entre cordones		Brushing / Degreasing		
.6 <b>Method of back gouging</b> / Art des wurzelseitigen Aushobelns / Méthode de Gougeage envers / Método de ranurado de la raíz		Grinding		
.7 <b>Oscillation</b> / Pendeln / Oscillation / Oscilación		No		
.8 <b>Contact Tube to Work Distance</b> / Abstand Kontaktrohr-Werkstück / Distance tube de contact - métaux à souder / Distancia de trabajo		-/-		
.9 <b>Multiple or Single Pass (per Side)</b> / Mer- oder Einlagentechnik (pro Seite) / Passe simple ou multiple (par face) / Cordones simples o múltiples (por lado)		Multiple		
.10 <b>Multiple or Single Electrodes</b> / Mehr- oder Einzeldrahtelektroden / Fil-électrode simple ou tandem / Electrodes múltiples o simples		Single Electrode		
.11 <b>Vacuum Chamber Welding</b> / Vakuumkammerschweißen/ Soudage sous vide / Soldadura al vacío		No		
.26 <b>Peening</b> / Hämmern / Martelage / Martilleo		None Permitted		



	<p align="center"><b><u>Welding Procedure Specification (WPS)</u></b></p> <p align="center">SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</p>	Page: 5 of 6 Blatt: 5 von 6 Page: 5 en 6 Pág.: 5 de 6
		15/06/2016

<b>Surfaces are to be cleaned on both sides of weld preparation for:</b> Angrenzende Oberflächen beiderseits reinigen für : Surfaces à nettoyer sur les deux côté de la soudure : Las superficies tienen que limpiarse en ambos lados de la soldadura para :	Ferrous 0.50", & Non ferrous 2" Eisen Metall 13mm und NE-Metalle 50mm Ferreux 13 mm, Non ferreux 50 mm Metales ferrosos 13 mm, Metales no ferrosos 50 mm
---	---

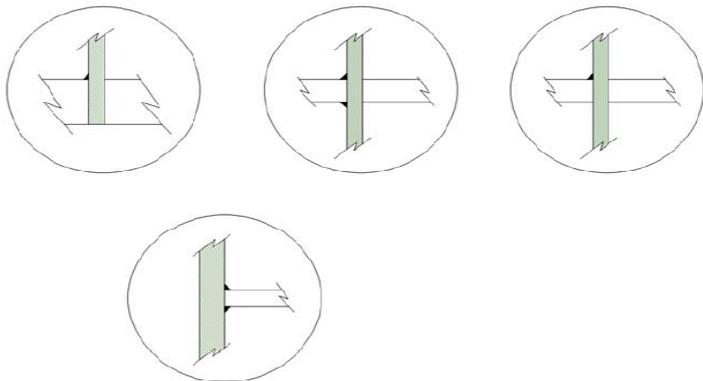
**Tack welds: Shall be equally spaced and when not removed, ground and inspected**  
 Heftschweißen: Gleichmäßigen Abstand halten und falls nicht entfernt, Schleifen und inspizieren.  
 Pointage: doivent être espacés régulièrement et si maintenus en place, meulés et inspectés.  
 Soldadura por puntos: se espaciarán uniformemente y si no se eliminan, lijado e inspección.

Weld Layer Sschweißlag en Passe de soudure Capa de soldadura	Process Verfahren Procédé de soudure Proceso de soldadura	Filler Metals Schweißzusatzwerkstoff Métaux d'apport Metales de relleno			Current Strom Courant Corriente				Travel Speed Schweißgeschwindigkeit Vitesse de soudage Velocidad de soldadura
		AWS Class AWS Klasse AWS Classe Clase AWS	Ø mm Ø mm Ø mm	Type Typ Type Tipo	Polarity Polarität Polarité Polaridad	Amps Starke Intensité Intensidad	Volts Volt Voltaje		
1-2	GTAW	ER308	1.6	DC	EP	90-110	12-18	40-60mm / min	

	<p align="center"><b><u>Welding Procedure Specification (WPS)</u></b></p> <p align="center">SCHWEIßANWEISUNG (WPS) SPÉCIFICATION DES PROCÉDÉS DE SOUDAGE (WPS) ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</p>	Page: 6 of 6 Blatt: 6 von 6 Page: 6 en 6 Pág.: 6 de 6
		15/06/2016

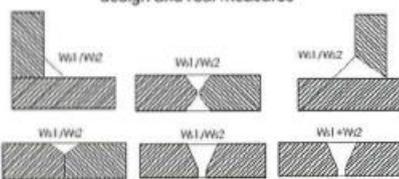
**OTHERS JOINT DESIGNS /OUTRES DÉTAILS DU JOINT**  
 OTROS DISEÑOS DE JUNTA

FILLET WELDS: PQR 115-13 qualifies to use GTAW process, SMAW process or both, under the specific variables indicated in this WPS.



### 2.8.2.- Soldadura en tuberías y depósito

Para el caso de estructura, vigas del depósito y soporte del sistema, se utilizará el proceso de GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) en las soldaduras según las características principales de soldadura descritas en el siguiente procedimiento de soldadura WPS 118 adjunto.

	<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b> WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)		<b>WPS - VULCANIC-118</b>	
	Según secc. IX del ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2010 Ed. 2011 Add.		Rev.	<b>00</b>
	According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2010 Ed. 2011 Add.		Sheet	<b>1 Of 2</b>
<b>Empresa</b> <b>VULCANIC TERMoelectRICA S.L.U.</b> <b>por</b> <i>Company Name</i> <i>By</i> <b>Procedimiento de Soldadura N° :</b> <b>VULCANIC-118</b> <b>Fecha:</b> <b>15/06/2016</b> <b>Según PQR N°:</b> <b>13.022.0009.0016</b> <i>Welding Procedure Specification N°:</i> <i>Date:</i> <i>Support. PQR N°:</i>				
<b>Proceso(s) de Soldadura usado(s):</b> <b>GTAW</b> <input type="checkbox"/> <b>Tipo (s):</b> <b>MANUAL</b> <i>Welding Process(es):</i> <i>Type(s)</i> <small>(Automatic, manual, maquina, Semi-Auto)</small> <small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto)</small>				
<b>JUNTAS / JOINTS (QW-402)</b> <span style="float: right;"><b>Detalles / Details</b></span> <b>Diseño Junta:</b> <b>ALL</b> <span style="float: right;">See manufacturing drawings for details of groove design and real measures</span> <i>Joint Design</i> <b>Respaldo (Si)</b> <b>N/A</b> <b>(No)</b> <b>GTAW</b> <i>Backing (Yes)</i> <i>(No)</i> <b>Material de Respaldo:</b> <b>NO</b> <i>Backing Material:</i> <small>(Referido a Respaldo y/o retenedores)</small> <small>(Refer to both backing and retainers)</small> <b>Metal</b> <input type="checkbox"/> <b>Metal no fundente</b> <input type="checkbox"/> <i>Metal</i> <i>Nonfusing Metal</i> <b>No metálico</b> <input type="checkbox"/> <b>Otro</b> <input type="checkbox"/> <i>Nonmetallic</i> <i>Other</i> <p style="font-size: small;">Los Croquis, planos de producción, símbolos de soldadura y otras descripciones, deben de representar las condiciones generales de las piezas soldadas. Se pueden especificar en caso necesario, la separación de raíz, los detalles de la preparación de bordes, etc...  <i>Sketches, Production Drawings, Weld Symbols or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  <div style="font-size: x-small;"> <p>1.- Backing material: base metal for partial penetration welds and fillets. Weld deposit in welding which will be root gouged.</p> <p>2.- Root gouged shall be performed in full penetration welds except the indicated in 3.</p> <p>3.- Full penetration welds without gouging must be performed with process GTAW+GMAW</p> </div> </div>				
<b>* MATERIAL BASE / BASE METALS (QW-403)</b> <b>P-N°:</b> <b>1</b> <b>Grupo N°:</b> <b>1</b> <b>a P N°:</b> <b>1</b> <b>Grupo N°:</b> <b>1</b> <i>P-N°:</i> <i>Group N°:</i> <i>to P N°</i> <i>Group N°:</i> <b>O / OR</b> <b>Especificación tipo y Grado:</b> <b>SA-106 Gr.B</b> <i>Specification type and Grade :</i> <b>a Especificación tipo y Grado:</b> <b>SA-106 Gr.B</b> <i>to Specification type and grade :</i> <b>O / OR</b> <b>Anal. Químico o Prop. Mecánicas:</b> <b>N/A</b> <i>Chem. Analysis and Mech. Prop.</i> <b>a Anal. Químico o Prop. Mecánicas:</b> <b>N/A</b> <i>to Chem. Analysis and Mech. Prop.</i> <b>Rango de espesores / Thickness Range:</b> <b>Metal Base:</b> <b>Unión a tope:</b> <b>From 1,5mm to 10,8mm</b> <b>Angulo:</b> <b>TODAS / All</b> <i>Base Metal:</i> <i>Groove</i> <i>Fillet:</i> <b>Otro</b> <i>Other</i>				
<b>* MATERIAL DE APORTACIÓN / FILLER METALS (QW-404)</b> <div style="text-align: center;"><b>WS1: GTAW</b></div> <b>Spec. N° (SFA)</b> <b>5.18 (varilla maciza / filler metal solid)</b> <b>AWS N° (Clase / Class)</b> <b>Er-70S-6</b> <b>F- N°</b> <b>6</b> <b>A-N°</b> <b>1</b> <b>Tamaño del Material aporte</b> <b>2; 2,4</b> <i>Size of Filler Metals</i> <b>Material de soldadura / Weld Metal</b> <b>Rango de espesores / Thickness Range:</b> <b>10,8 mm Max.</b> <b>A Tope / Groove</b> <b>Ángulo / Fillet</b> <b>TODAS / All</b> <b>Electrodo-Flux (Clase)</b> <b>N/A</b> <i>Electrode-Flux (Class)</i> <b>Marca comercial del Flux</b> <b>N/A</b> <i>Flux Trade Name</i> <b>Inserción de consumible</b> <b>NO</b> <i>Consumable Insert</i> <b>Otros</b> <b>Nota 1 / Remark 1</b> <i>Other</i>				

	<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b> WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)				<b>WPS - VULCANIC-118</b>																		
	Según secc. IX del ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2010 Ed. 2011 Add. <i>According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2010 Ed.2011 Add.</i>				Rev. <b>00</b>	Sheet <b>2</b> Of <b>2</b>																	
<b>POSICIÓN / POSITIONS (QW-405)</b> Posición(es) de Junta: <b>ALL</b> <i>Position(s) of Groove</i> Progresión de Soldadura: <input checked="" type="checkbox"/> Ascend. <input type="checkbox"/> Desc. <i>Welding Progress: Up Down</i> Posición(es) de Fillet: <b>ALL</b> <i>Position(s) of Fillet</i>				<b>TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDADURA</b> Postweld Heat Treatment (QW-407) <b>NO</b> Rango de Temperatura: <b>N/A</b> <i>Temperature Range</i> Rango de tiempo : <b>N/A</b> <i>Time Range</i>																			
<b>PRECALENTAMIENTO / PREHEAT (QW-406)</b> Tª Mínima de precalentamiento <b>N/A</b> <i>Preheat Temp. Min.</i> Tª Máxima Entrepasadas: <b>173°C</b> <i>Interpass Temp. Max.</i> Mantenimiento del Prealent.: <b>N/A</b> <i>Preheat Maintenance</i> (Calentamientos continuos o especiales deben de ser registrados) (Continuous or special heating where applicable should be recorded)				<b>GAS / GAS (QW-408)</b> Composición porcentual <i>Percent Composition</i> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Only GTAW</th> <th>Gas(es)</th> <th>Mezcla Mixture</th> <th>Caudal Flow Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección Shielding</td> <td>WS1: Ar</td> <td>99,99%</td> <td>8-15 l/min</td> </tr> <tr> <td>Arrastre Trailing</td> <td><b>NO</b></td> <td><b>N/A</b></td> <td><b>N/A</b></td> </tr> <tr> <td>Respaldo Backing</td> <td><b>NO</b></td> <td><b>N/A</b></td> <td><b>N/A</b></td> </tr> </tbody> </table>				Only GTAW	Gas(es)	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate	Protección Shielding	WS1: Ar	99,99%	8-15 l/min	Arrastre Trailing	<b>NO</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	Respaldo Backing	<b>NO</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>
Only GTAW	Gas(es)	Mezcla Mixture	Caudal Flow Rate																				
Protección Shielding	WS1: Ar	99,99%	8-15 l/min																				
Arrastre Trailing	<b>NO</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>																				
Respaldo Backing	<b>NO</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>																				
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS / ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b> Corriente AC o DC <b>DC</b> Polaridad: <b>EN</b> <i>Current AC or DC: Polarity</i> Rango de amperaje: <b>See below</b> Rango de Voltaje : <b>See below</b> <i>Amps (range) Volts (range)</i> (Amperaje y voltaje deben de ser registrado para cada electrodo, posición, espesor, etc. Esta información se puede incluir en la tabla inferior) (Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, thickness, etc. This information may be listed in the form shown below.) Electrodo de Tungsteno, tamaño y tipo: <b>WS1: Ø 2, Ø 2,4 / Th. 2%</b> <i>Tungsten Electrode Size &amp; Type</i> Modo de transferencia para GMAW : <b>N/A</b> <i>Mode of Metal transfer for GMAW</i> Rango de velocidad de salida de hilo : <b>N/A</b> <i>Electrode Wire feed speed range</i> INPUT Térmico <b>N/A</b> <i>Heat Input</i>																							
<b>TÉCNICA / TECHNIQUE (QW-410)</b> Tipo de cordón: <input checked="" type="checkbox"/> Ancho <input checked="" type="checkbox"/> Estrecho Martilleado: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <i>Type of Bead Wave String Peening Yes No</i> Orificio- Tamaño de la boquilla de gas: <b>4-10 mm</b> <i>Orifice -gas cup size</i> Limpieza inicial y entrepasadas (cepillado, esmerilado, ...) <b>Cepillado y amolado / Brushing and grinding</b> <i>Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.)</i> Forma de Resanado <b>Amolado (si aplica) / Grinding (if applies)</b> <i>Method of Back Gouging</i> Oscilación: <b>N/A</b> <i>Oscillation</i> Separación de la boquilla: <b>5 a/to 8mm</b> <i>Contact Tube to Work Distnace</i> Una o varias pasadas (por cara): <b>Multiple</b> Uno o varios electrodos: <b>N/A</b> <i>Multiple or single pass (per side) Multiple or Single Electrodes</i> Velocidad de trabajo (rango) <b>See below</b> <i>Travel Speed (range)</i> Otros: <b>N/A</b> <i>Other</i>																							
Pasada Weld Layer(s)	Proceso de Sold. Process	Mat. Aporte Filler Metal Clase Class Diam.		Corriente / Current Polaridad Polarity Amper.		Voltaje Volt Range	Veloc. Trabajo Travel Speed (mm/min)	OTROS Others															
WS1(root)	GTAW	ER-70S-6	2	DC-EN	90-100	12-16	10÷14																
WS1(2-:n)	GTAW	ER-70S-6	2,4	DC-EN	100-120	14-18	11÷18																



## 2.9. ANEXO: HOJA DE INSTRUMENTACIÓN

Dispositivos fundamentales en el proyecto:

Dispositivos de temperatura:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
TT-22497/9	2	Temperature Transmitter Conexión eléctrica: 1/2" NPT hembra Señal de salida: 4-20 mA con indicador digital Tipo de sensor: RTD Pt100 IEC761 3 hi Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66212	RTO744086010A	0-100	°C
TE/TW-22497	1	Temperature Element RTD+TW Conexión brida: 2" 150#RF Longitud: 200mm y ø6mm Conexión TW/TE: Roscado 1/2" BSP Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN62698	RPO263981200	0-100	°C
TE/TW-22499	1	Temperature Element RTD+TW Conexión brida: 2" 150#RF longitud 200mm ø6mm Conexión TW/TE: Roscado 1/2" BSP Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN62698	RPO264031200	0-100	°C
TG-22498/3 TG-22495/6	4	Temperature Gauge Roscado 1/2" BSP Salida del bulbo Radial Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66506	RTO729067603	0-100	°C
TW x TG	4	Thermowell for TG Diseño : Roscado 1/2" BSP l=200mm ø6mm Tamaño de la caratula : ø100mm Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN62698	RPO216850030	0-100	°C

Dispositivos de Presión:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	ITN / SPEC	NP CODE	RANGO	UNIDADES
PT-22497	1	Pressure transmitter Unión roscada de 3/4" a válvula de globo Señal de salida : J 4-20mA (HART 5/7 comms) Conexión eléctrica 2 2x1/2 NPT hembra E Digital LCD Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66236	RT0846153655A	0-15	bar
PG-22498/9	2	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419744805	0-10	bar
PG-22495/6	2	Pressure gauge Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMD419664703	0-2	bar

PG-22493	1	<u>Pressure gauge</u> Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMO419744703	0-5	bar
PG-22494	1	<u>Pressure gauge</u> Diseño : Roscado G 1/2"B Tamaño de la caratula : ø100mm y a h=117 Conexión a Brida : 150#RF de 3/4" Fluido: aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 ° Material: acero inoxidable	ITN66418.02	RMO419734703	0-5	bar
PDT-22492	1	<u>Differential pressure transmitter</u> <u>EJA110E-JMSVJ-914EB/FF1</u> Unión roscada de 1/2" NPT a válvula Señal de salida: 4-20mA DC /HART5/7 dig comm) Caja convertidor 1 Aluminio fundido Conexión eléctrica 4 2x M20 Indicador integral E Difital LCD Fluido : aceite Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	ITN66187	RT0714203350A	0-3	bar
FG 22497/8/9	2	<u>Flow rate gauge</u> Conexión: Entre Bridas 2" RF #150 fluido: aceite Caudal de operación : 350 l/min Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C	MM/AM-1200	SOK0862333	0-400	l/min

Válvulas de control:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	ITN / SPEC	NP CODE
PCV-22491	1	Válvula de control de presión #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 351 l/min Pres. /Temp.de operación: 7.5 bar/80° C	ITN64075	RVO285141013
PCV-22490	1	Válvula de control de reducción de presión #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 275 l/min Pres. /Temp.de operación: 3 bar/50° C	ITN64076	RVO285192113
TCV-22494	1	Válvula de control de temperatura #150 RF Tamaño tubería: 2" (conexión entre bridas) Fluido: Aceite Max. Pres./Temp. de diseño : 10 bar / 80°C Flujo: 275 l/min Pres./Temp.de operación: 6.5 bar/50° C	ITN64078.02	RVO300325332

Válvulas:

TIPOS DE VALVULAS		
Tipo	Cantidad y descripción	
<b>Válvula de aislamiento (compuerta)</b>	8 Válvulas conexión entre bridas bridas 3" (Aceite) 2 Válvulas conexión entre bridas 2" (Agua) 2 Válvulas conexión entre bridas 4" (Aceite)	Bridas: 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: A216 Gr.WCB
<b>Válvula de globo</b>	13 unidades: acabados => soldado/roscado hembra 3/4" NPT (aceite) 6 unidades entre bridas 2" (aceite) 2 unidades entre bridas 2" (agua)	150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: Material: ASTM SA 240 tipo 316L
<b>Válvula de bolas de tres vías de control</b>	4 unidades (Aceite)	Conexión: entre bridas 3" 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: A216 Gr.WCB
<b>Válvula de aguja</b>	7 válvulas : acabados => Soldado/roscado 3/4" hembra NPT (aceite) 4 válvulas : acabados => Soldado/roscado 3/4" hembra NPT (agua) 2 válvulas conexión entre bridas 2" (Agua)	Bridas: 150# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: A216 Gr.WCB
<b>Válvula antirretorno</b>	2 unidades (Aceite)	Conexión: entre bridas 3" 150L# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: A216 Gr.WCB L
<b>Válvula de alivio de presión</b>	2 unidades conexión entre bridas brida 2" (Aceite) 2 unidades conexión entre bridas brida 2" (Agua)	Bridas: 150L# RF Presión / temperatura de diseño: 10 bar / 100 °C Material: A216 Gr.WCB

Enfriador:

ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	ITN / SPEC
C-2290-E-1A/B	1	Lube Oil Duplex Cooler Horizontal - DN 2" SHELL DESIGN PRES./TEMP: 10bar G/100° C TUBE DESIGN PRES./TEMP. : 7.5 bar G/80° C SHELL OPERATION PRES./TEMP. : 7.5 bar G/50° C TUBE OPERATION PRES./TEMP. : 3.5 bar/38.5° C TAMAÑO BRIDAS: - Agua refrigerante : 2" -Aceite a refrigerar: 3" MATERIAL DE CONTRUCCIÓN: AISI316L	SVO09785672

Bomba:

ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	ITN / SPEC	NP CODE
C-2290-G-1/2	2	Bomba de aceite centrífuga revoluciones: 1500 rpm Caudal: 351 l/min Presión de descarga: 8 bar G PRES./TEMP. DE de operación: ATM/ 30-70° C Presión de aspiración : 1 bar	RP-36492	RP-36492

Filtro:

ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	ITN / SPEC	NP CODE
C-2290-SP-1A/B	2	Lube Oil Duplex Filter - DN 3" 150 RF Fluido: Aceite Material: Acero inoxidable Grado de filtrado : 12 micras Cauda max: 351 l/min Temp/Pres. De diseño : 10bar G/100°C Max. Diferencia de presión 1.5 bar	RFO 335654X14X	RFO 335654X14X

Piping:

PIPING			
<b>Tubería</b>	TOTAL: 28.8 m	16,6m de 3" 3,6m de 4" 8.6m de 2"	SCH40 sin soldadura Material: ASTM SA106 Gr.B.
<b>Bridas</b>	89 unidades	50 unidades de 3" 24 unidades de 2" 8 unidades de 4" 2 unidades de 3/4"	SCH40 #150lb #RF ANSI B 16.5 Material: ASTM SA105 Caras de junta: RF (Raised face) Acabado de cara de junta: Spiral Serrated
<b>Codos</b>	20 unidades	16 unidades de 3" 3 unidades de 2" 1 unidad de 4"	SCH40 90º ANSI B-16.11 Radio largo Material: ASTM A234WPB
<b>Reducciones</b>	12 unidades	6 unidades 2"x3" 3 unidades 3"x4" 3 unidades 2"x4"	SCH 40 Material: ASTM A234WPB

Depósito:

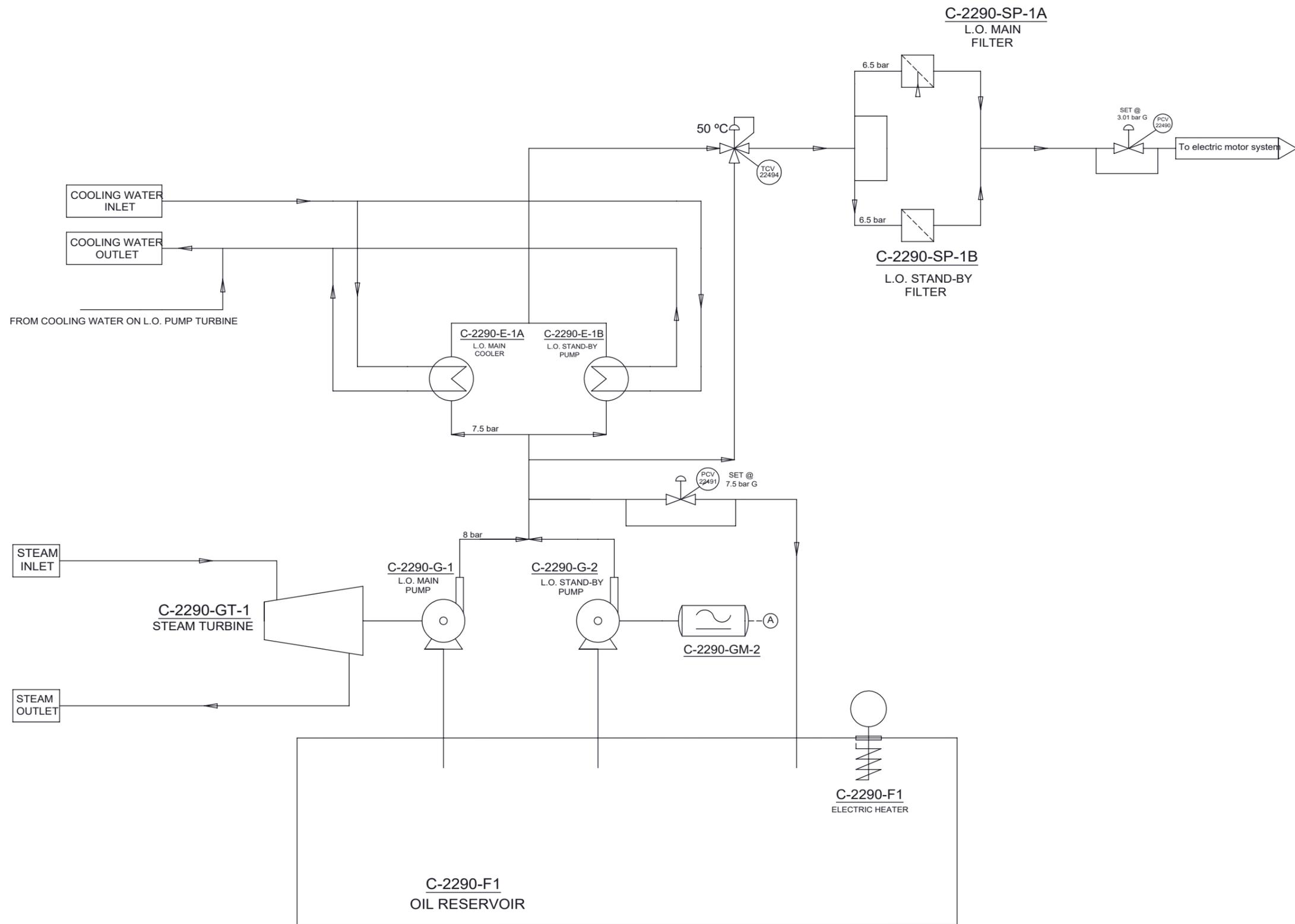
ITEM	Q.TY	DESCRIPTION
C-2290-F1	1	DEPOSITO DE ACEITE Presión/temperatura de diseño : ATM / 100º C Material : AISI316L Capacidad: 5700 L Con medidor de nivel conmirilla incorporado: 1000mm

Motor:

ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	ITN / SPEC	NP CODE	P&ID
C-2290-GM-2	1	AC electric motor (Stand-by Pump) Potencia suministrada : 400V/50 Hz/3 PH Potencia placa característica: 15 KW Montaje: Horizontal Velocidad: 1500 rpm	RM-18111	RM-18111	SOK0862317

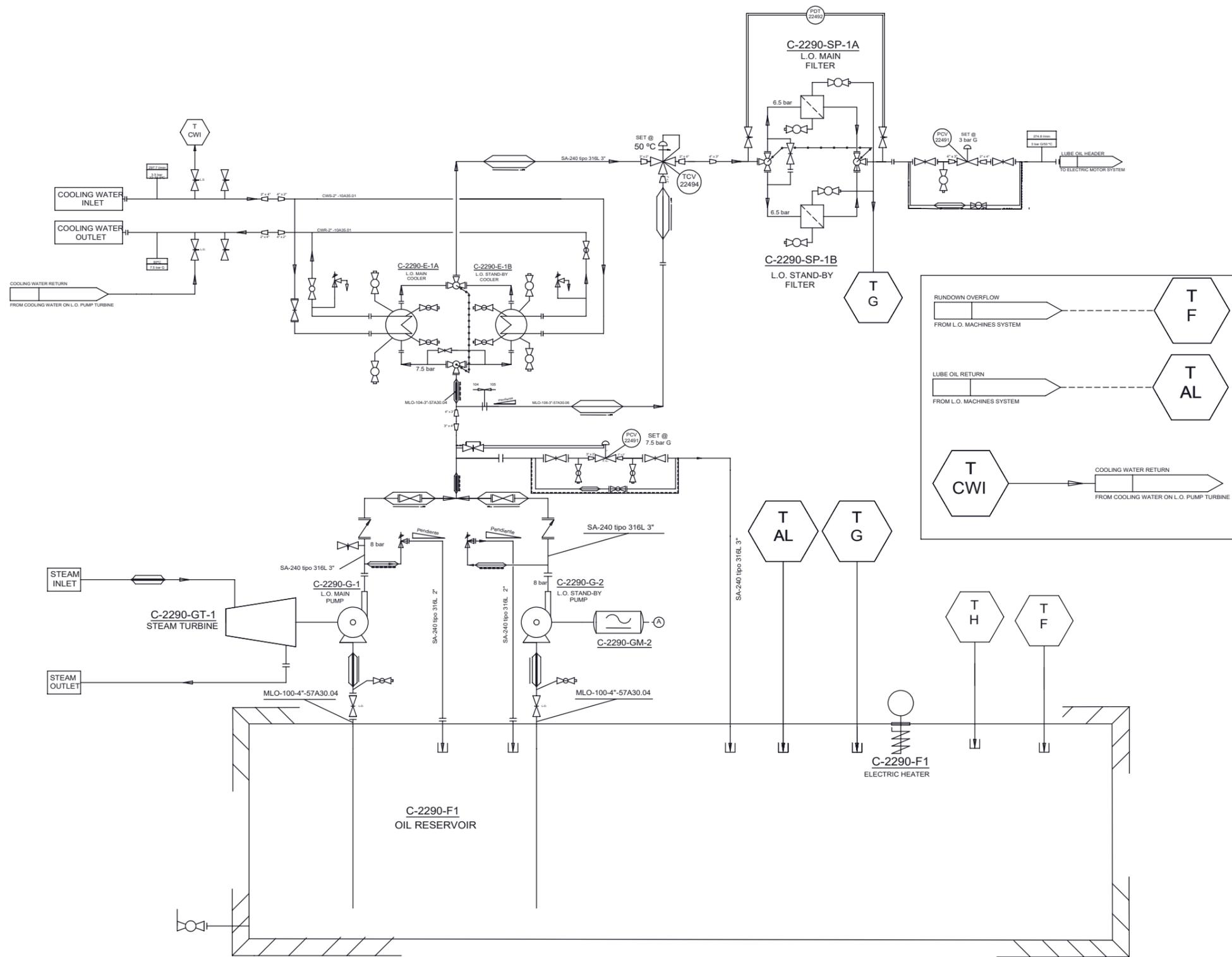


## 2. PLANOS



REVISION	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	02/06/2016	DIAGRAMA SIMPLIFICADO EQUIPOS
MATERIAL: -			N.º DE DIBUJO
PESO: -			ESCALA: N/A
			HOJA 1 DE 1

A3



REVISION	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	02/06/2016	DIAGRAMA DETALLADO DE EQUIPOS
MATERIAL: -			N.º DE DIBUJO
PESO: -			ESCALA: N/A
			HOJA 1 DE 1

A3

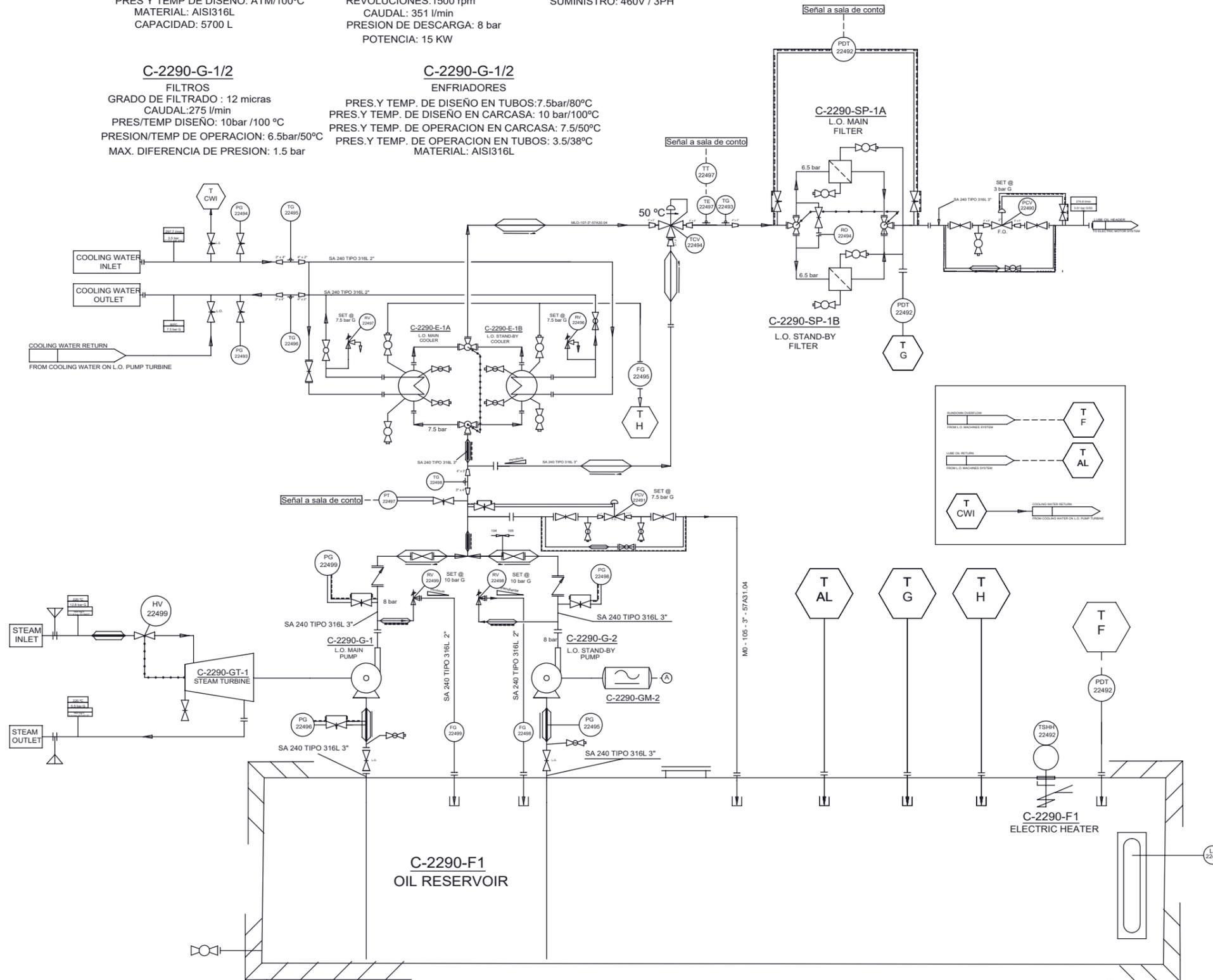
**C-2290-F1**  
 DEPOSITO DE ACEITE  
 PRES Y TEMP DE DISEÑO: ATM/100°C  
 MATERIAL: AISI316L  
 CAPACIDAD: 5700 L

**C-2290-G-1/2**  
 BOMBAS DE ACEITE  
 PRES Y TEMP DE OPERACION: ATM/70°C  
 REVOLUCIONES:1500 rpm  
 CAUDAL: 351 l/min  
 PRESION DE DESCARGA: 8 bar  
 POTENCIA: 15 KW

**C-2290-EH-1**  
 CALENTADOR ELECTRICO  
 POTENCIA : 12 KW  
 SUMINISTRO: 460V / 3PH

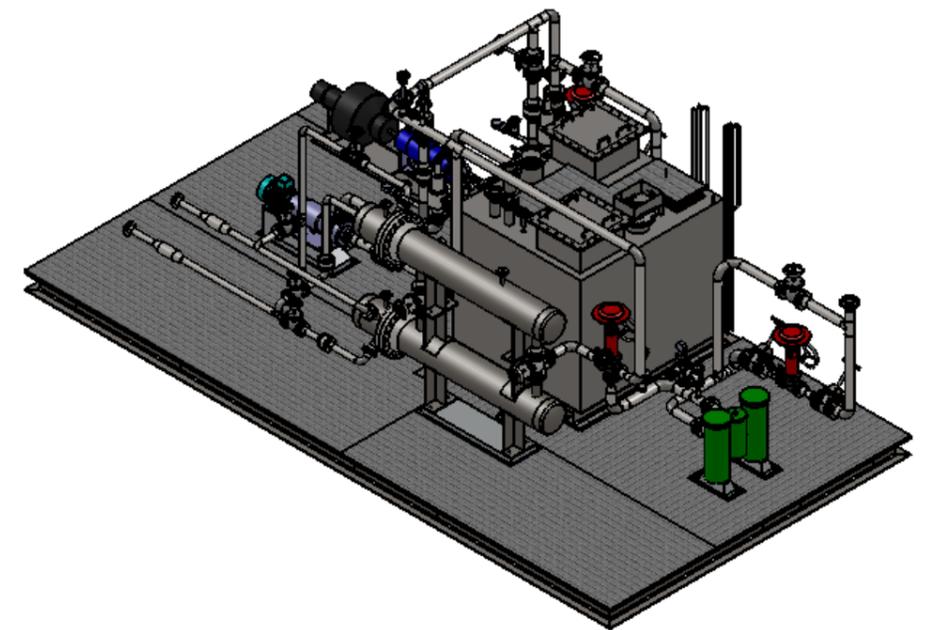
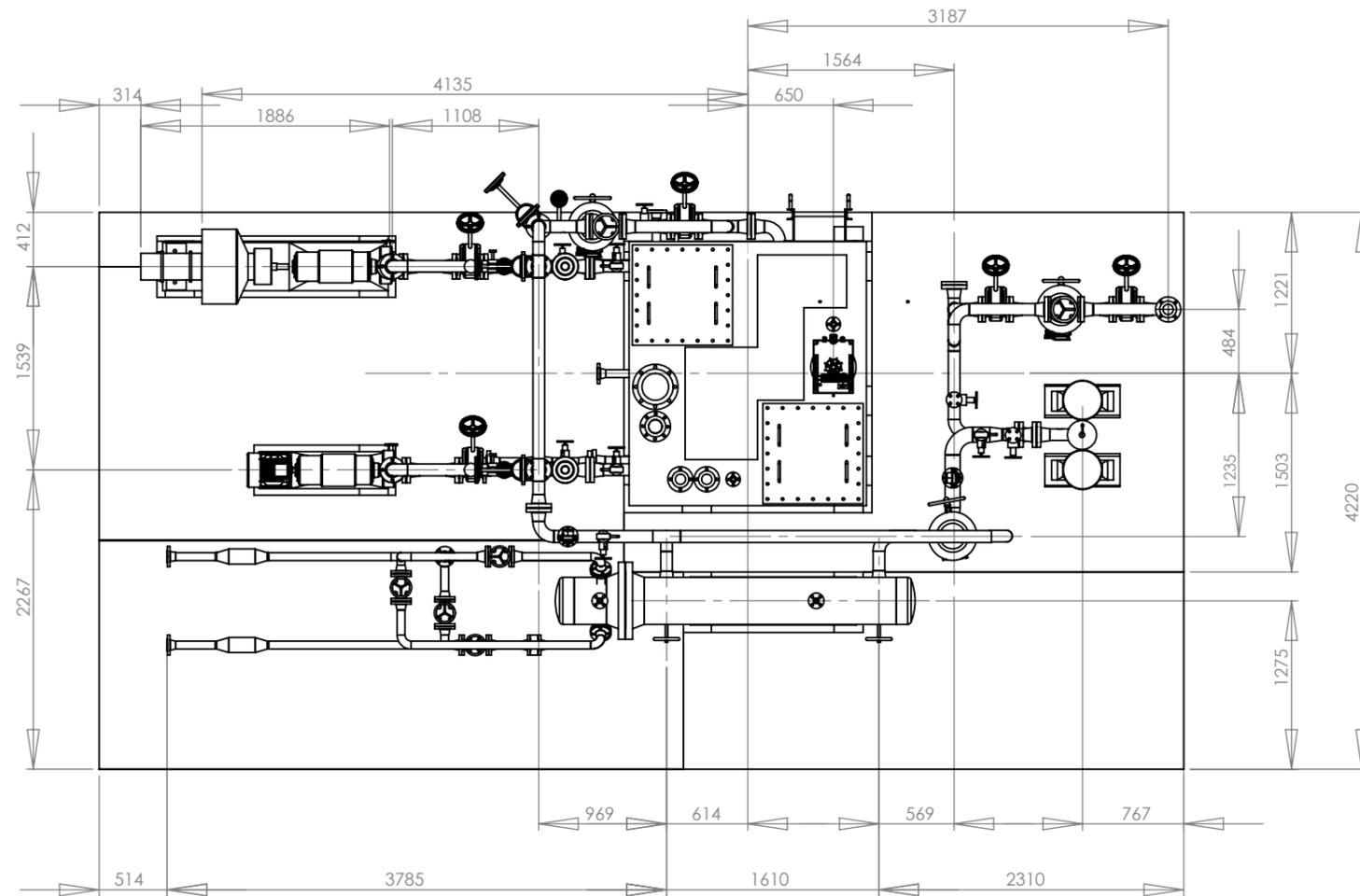
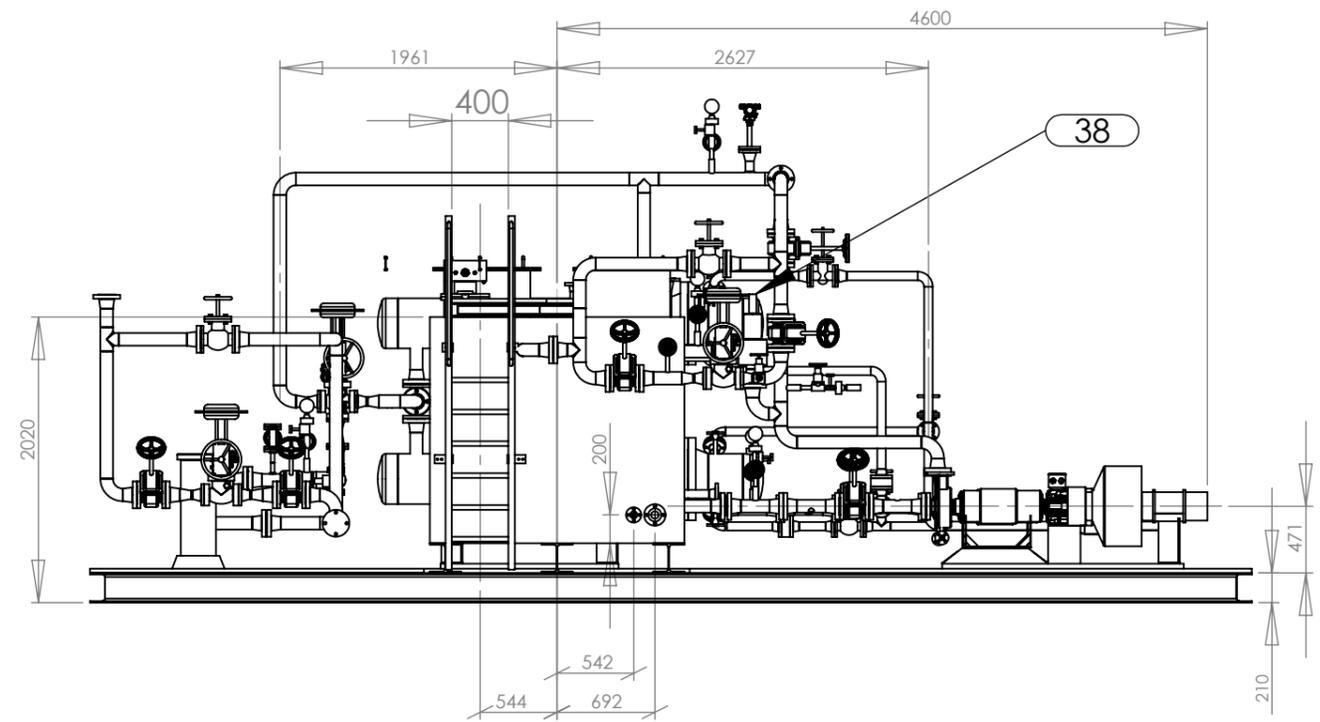
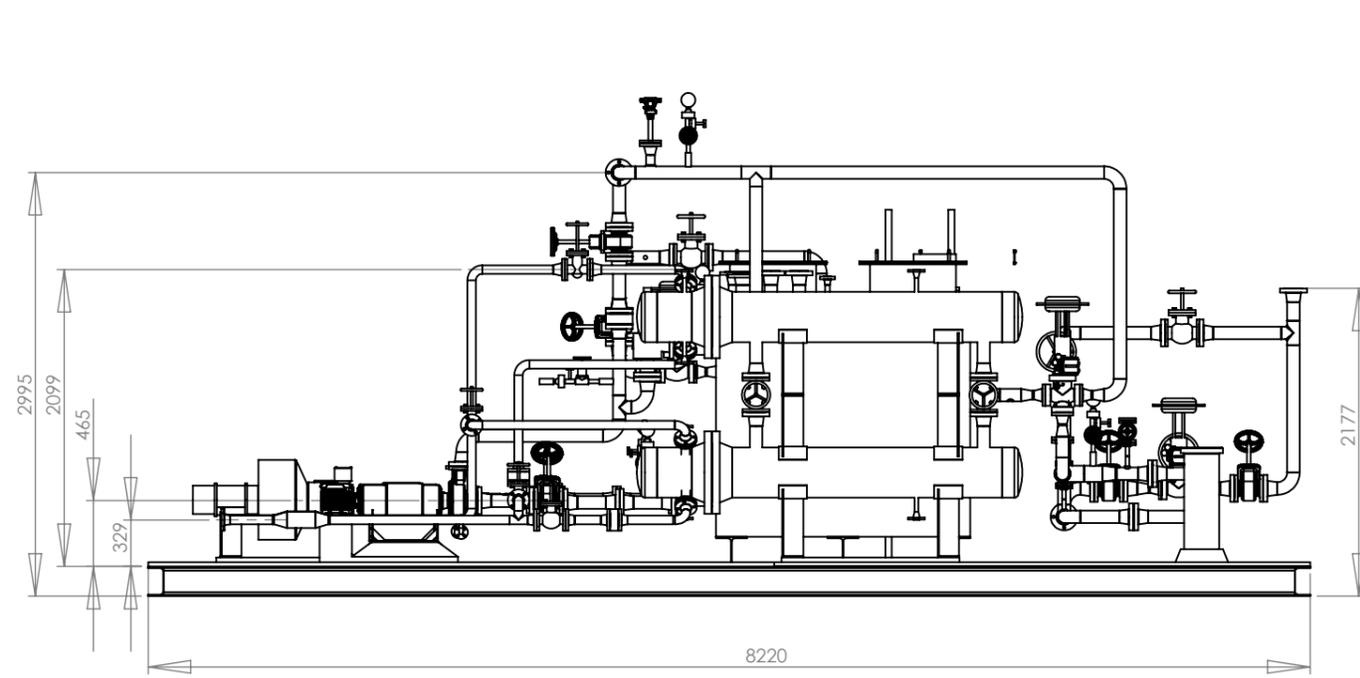
**C-2290-G-1/2**  
 FILTROS  
 GRADO DE FILTRADO : 12 micras  
 CAUDAL:275 l/min  
 PRES/TEMP DISEÑO: 10bar /100 °C  
 PRESION/TEMP DE OPERACION: 6.5bar/50°C  
 MAX. DIFERENCIA DE PRESION: 1.5 bar

**C-2290-G-1/2**  
 ENFRIADORES  
 PRES.Y TEMP. DE DISEÑO EN TUBOS:7.5bar/80°C  
 PRES.Y TEMP. DE DISEÑO EN CARCASA: 10 bar/100°C  
 PRES.Y TEMP. DE OPERACION EN CARCASA: 7.5/50°C  
 PRES.Y TEMP. DE OPERACION EN TUBOS: 3.5/38°C  
 MATERIAL: AISI316L



REVISION	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	02/06/2016	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION
MATERIAL: -			N.º DE DIBUJO
PESO: -			ESCALA: N/A
			HOJA 1 DE 1

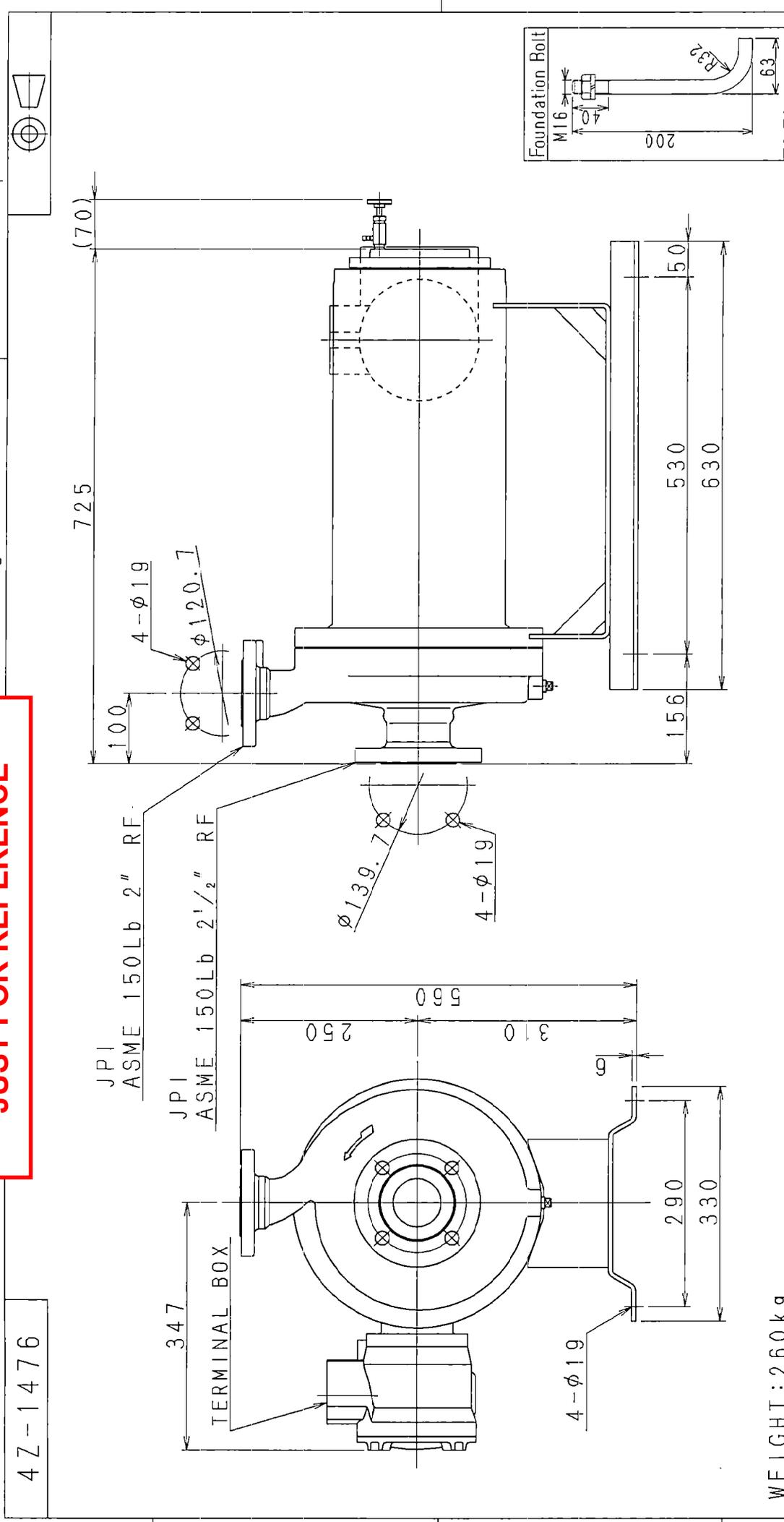
A3



REV	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	04/07/2016	Sistema lubricación y refrigeración de una turbina de gas
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO
PESO:			ESCALA:1:50
			HOJA 1 DE 1

A3

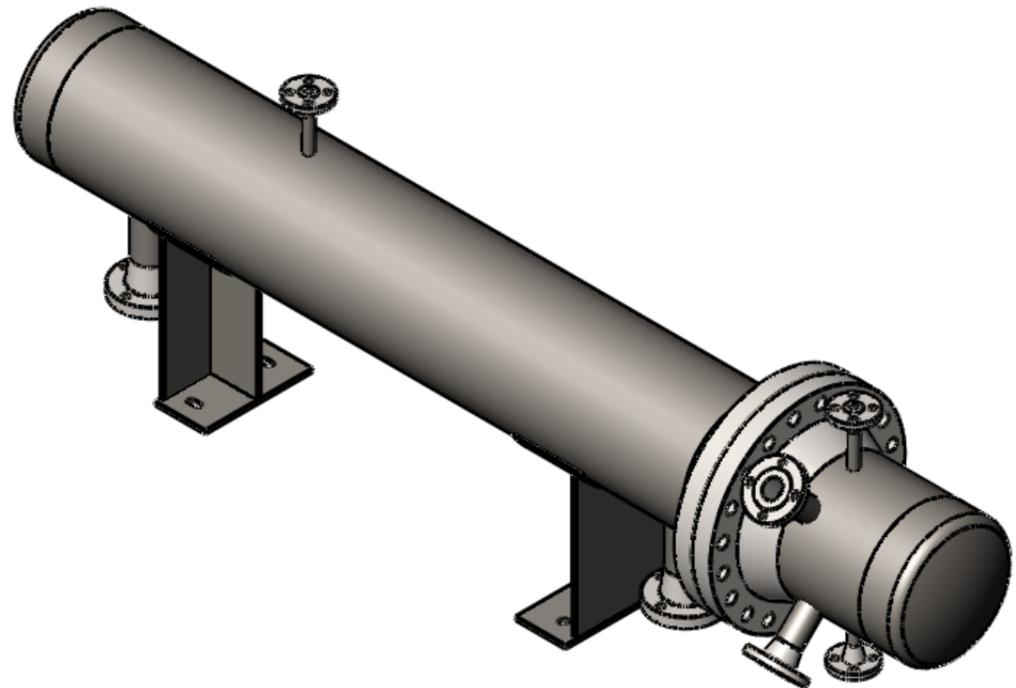
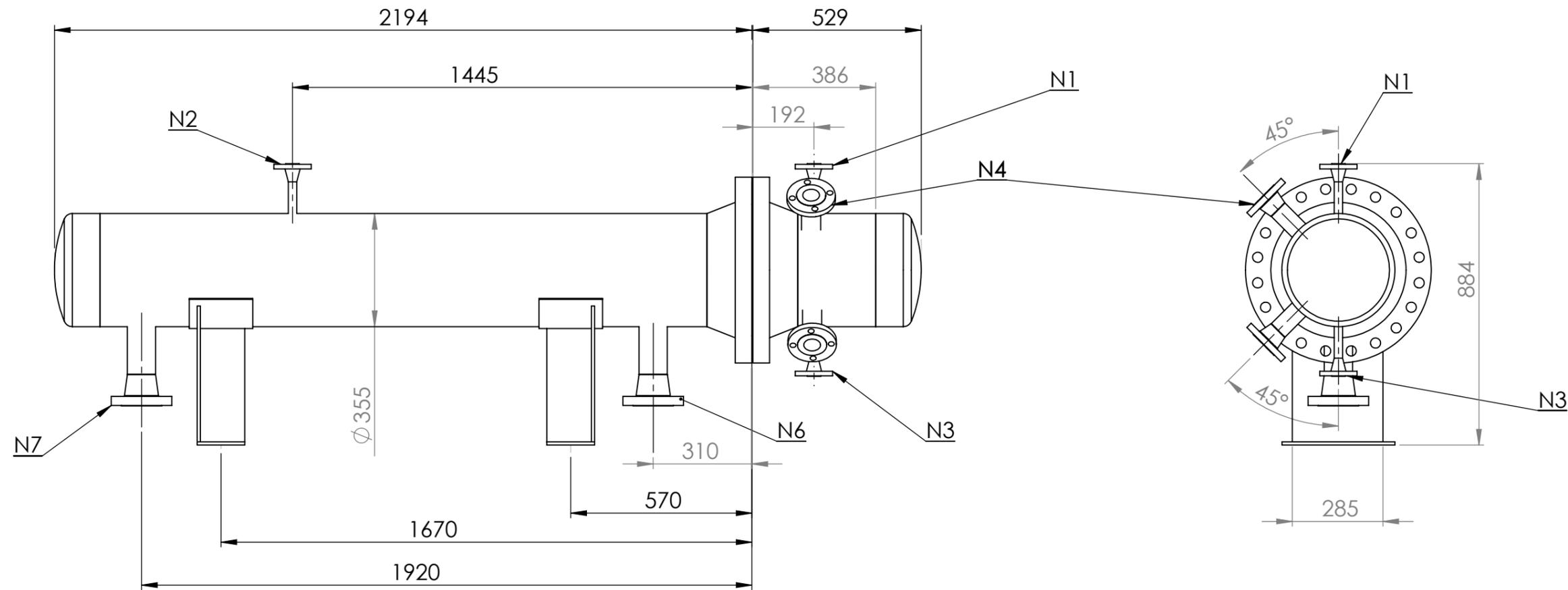
**JUST FOR REFERENCE**



REVISIONS	REWRITTEN (E. Takeuchi)	APPROVED	CHECKED	DRAWN	SCALE	DWG. TITLE
B	Aug. 12, '98	<i>R. Takeuchi</i>	<i>R. Matsumura</i>	<i>E. Takeuchi</i>	FREE	外形
C	Revised (N. Yano)					DIMENSIONAL DRAWING
D	Revised (N. Yano)					TYPE: F-510-0506U1-V (STANDARD)
	Apr. 2, '15					DWG. NO.
	Apr. 2, '15					<b>4Z-1476</b>

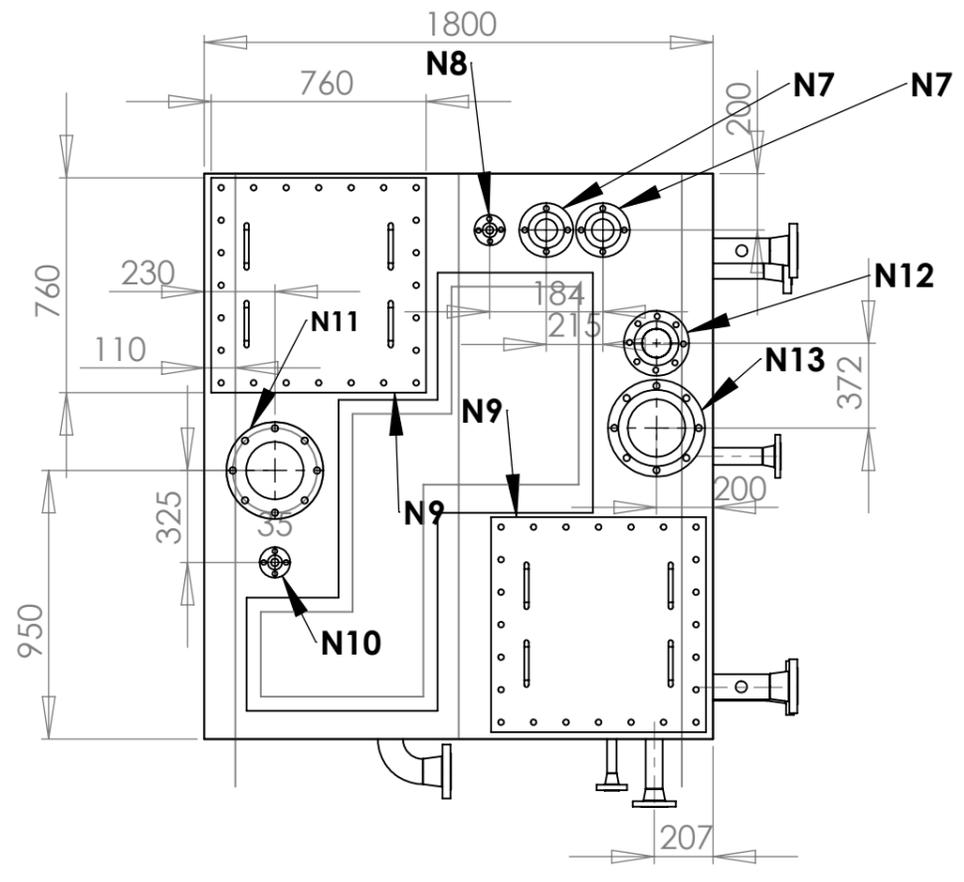
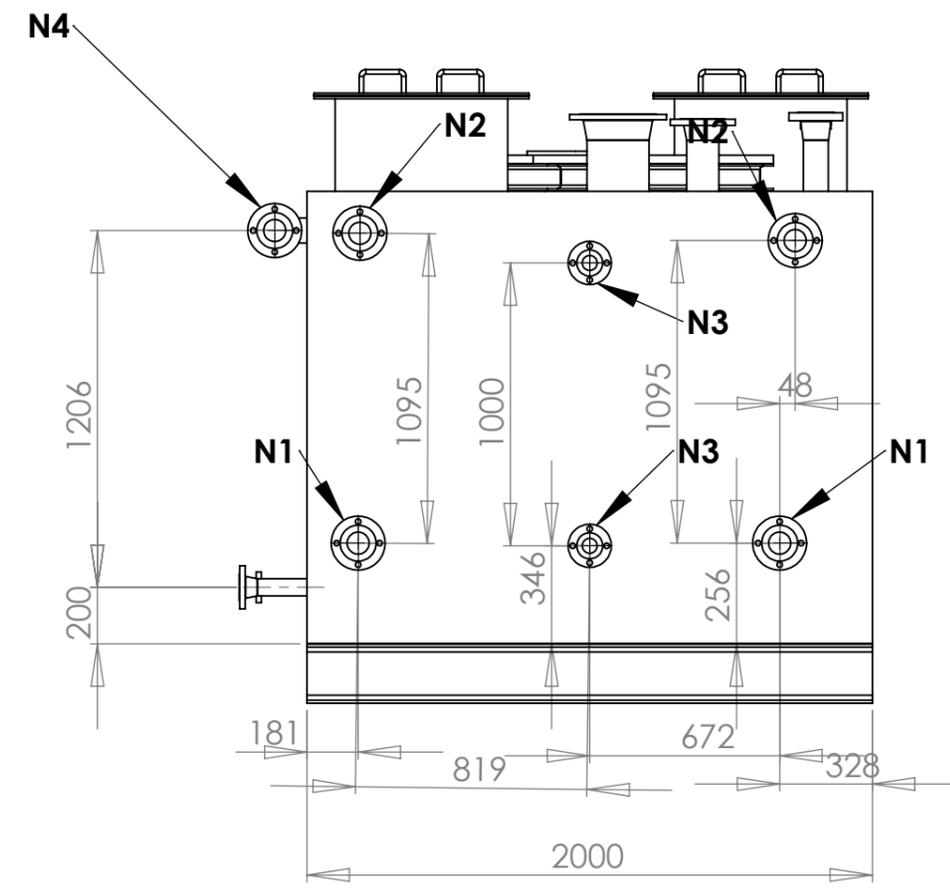
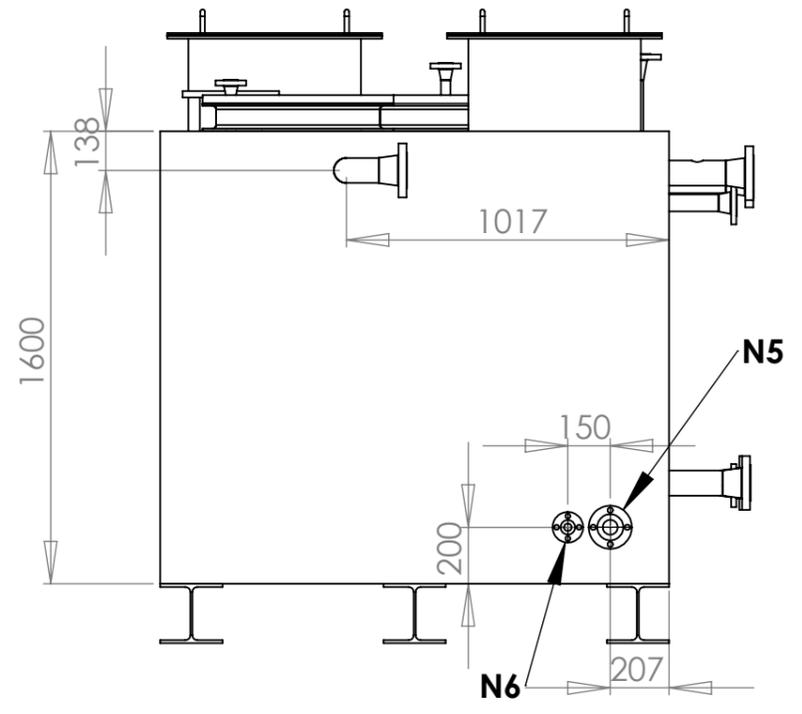
WEIGHT: 260kg

株式会社 帝国電機製作所  
TEIKOKU ELECTRIC MFG. CO., LTD.



TUBULADURAS	RATING	SIZE	FAC	TYPE	DESCRIPTION
N1	150#	1"	RF	WN	VENT
N2	150#	1"	RF	WN	VENT
N3	150#	1"	RF	WN	DRAIN
N4	150#	3"	RF	WN	WATER INLET
N5	150#	3"	RF	WN	WATER OUTLET
N6	150#	3"	RF	WN	PRODUCT INLET
N7	150#	3"	RF	WN	PRODUCT OUTLET

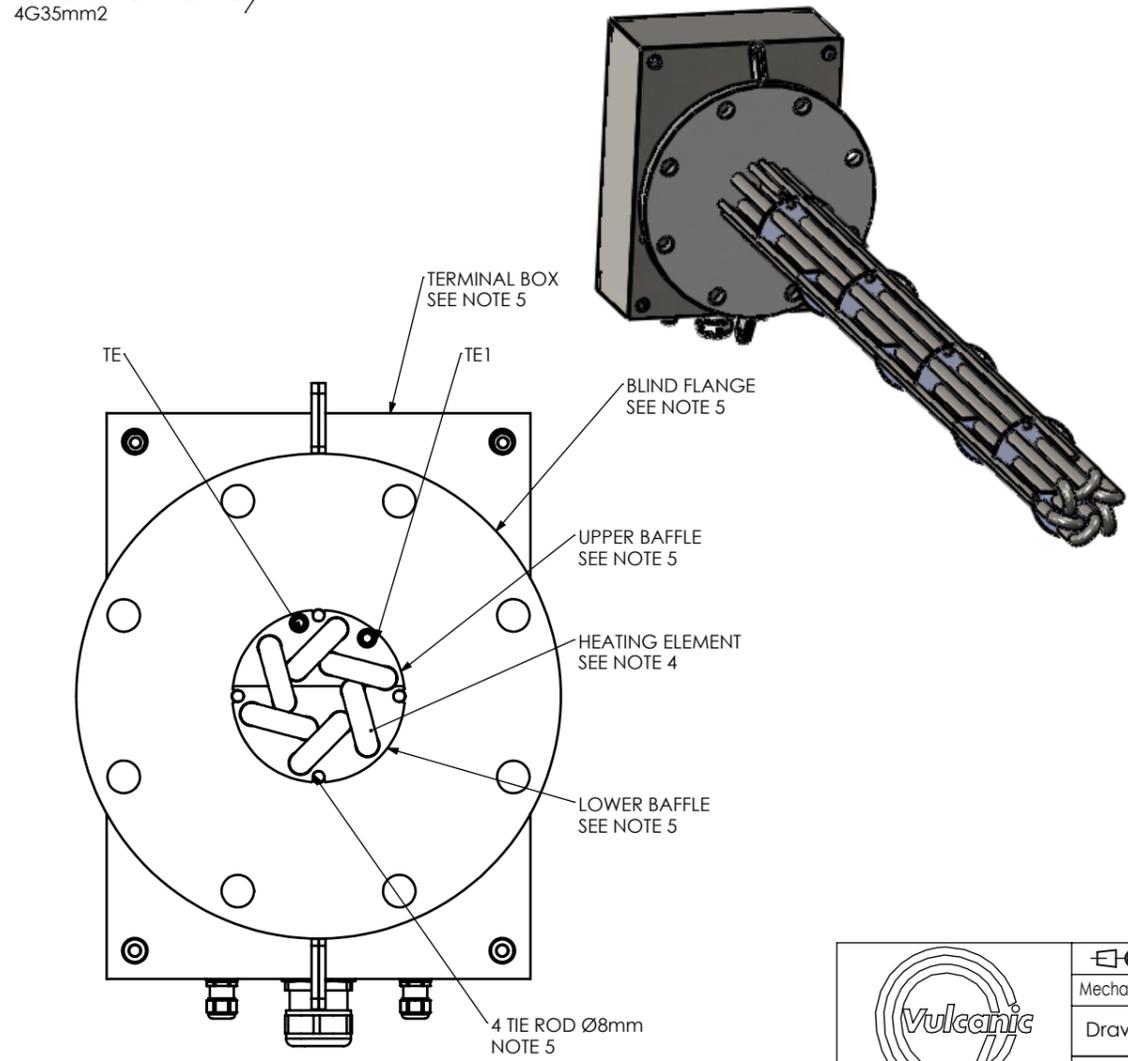
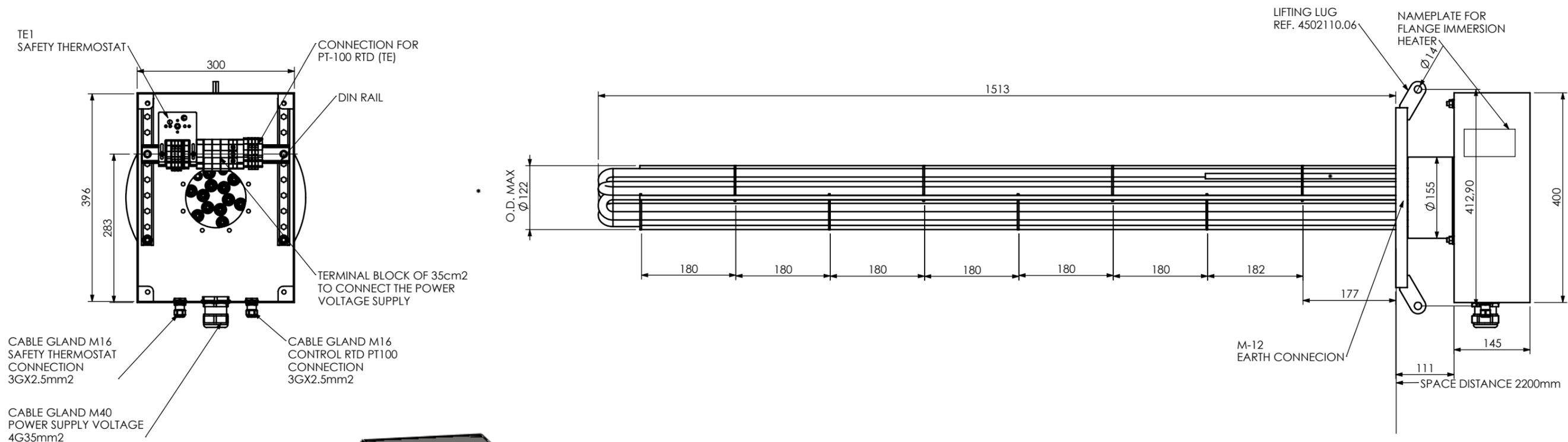
REV	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	02/06/2016	Cooler
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO
Material <sin especificar>			A3
PESO aprox. max.: 900 kg			ESCALA: 1:20
			HOJA 1 DE 1



Tubuladura	RATING	SIZE	FAC	TYP	SERVICE
N1	150#	3"	RF	WN	outlet
N2	150#	3"	RF	WN	inlet
N3	150#	2"	RF	WN	Level gauge
N4	150#	3"	RF	WN	inlet
N5	150#	2"	RF	WN	Drain
N6	150#	1"	RF	WN	Oil Clarifier Provision
N7	150#	3"	RF	WN	inlet
N8	150#	1"	RF	WN	inlet
N9	-	24"X24"	API 650 DES		MANWAY
N10	150#	1"	RF	WN	inlet
N11	150#	8"	RF	WN	Electric heater
N12	150#	6"	RF	WN	inlet
N13	150#	8"	RF	WN	inlet

REV.	NOMBRE	FECHA	TÍTULO:
0	Javier Revuelta	1/06/2016	Depósito de aceite
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO
Acero inoxidable SA 240 TIPO 316			A3
REVISIÓN	0	ESCALA:1:50	HOJA 1 DE 1

REV	DESCRIPTION	DATE	VISA	CHECK	REV	AMENDMENTS	DATE	VISA	CHECK
A	FIRST ISSUE	20/06/16	JR	SG					



**1) ESPECIFICACION:**

POTENCIA TOTAL 12KW,  
 440V 3Ph 3W ESTRELLA (GRUPO CALEFACTOR 1 ETAPA)  
 DE 12KW A 460VIII  
 TEMPERATURA DISEÑO: +5/+100 °C  
 PRESION DE DISEÑO: 1 barg

**2) CERTIFICACION DE GRUPO CALEFACTOR:**

PARA INSTALACION EN AREA SEGURA.

**3) PROTECCION DE SUPERFICIE:**

TODAS LAS SUPERFICIES EN ACERO CARBONO ESTARÁN  
 PINTADAS CON UNA CAPA DE IMPRIMACION  
 COLOR GRIS.  
 SUPERFICIES EN INOXIDABLE SIN PINTAR

**4) DETALLE DE RESISTENCIAS:**

6 RESISTENCIAS ACTIVAS + 0 DE REPUESTO.  
 2000W / V: 265VAC  
 Ø16 RESISTENCIA TIPO HORQUILLA MATERIAL: AISI-316L  
 CARGA ESPECIFICA: 1.28 W/cm2

**5) PRINCIPALES COMPONENTES:**

BRIDA DEL GRUPO EN DIN-2527 DN-125 PN-16  
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 316L  
 CAJA DE CONEXIONES EN ACERO INOXIDABLE 304  
 CHAPAS INTERMEDIAS 3mm DE ESPESOR AISI-316L  
 TIE RODS EN AISI-316L

**6) PESO DE EQUIPO**

GRUPO : 47Kg

**7) PRUEBAS:**

PRUEBA DE PRESION: SEGUN CODIGO  
 PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA: SEGUN PROCEDIMIENTO  
 PRUEBA DE AISLAMIENTO: SEGUN PROCEDIMIENTO

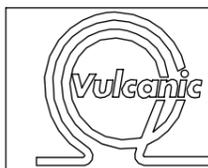
**8) CONDICIONES ESPECIALES DE USO SEGURO**

EL USUARIO DEBE REFERIRSE Y ENTENDER COMPLETAMENTE  
 LAS CONDICIONES DE USO SEGURO DETALLADO EN EL MANUAL DE  
 MANTENIMIENTO, OPERACION E INSTALACION PARA ESTE EQUIPO,  
 ANTES DE PONERLO EN SERVICIO.

**9) MEDIDA DE TEMPERATURA:**

1 TERMOSTATO DE SEGURIDAD 0/100°C REARME AUTOMATICO ALTA  
 TEMPERATURA DE RESISTENCIAS (TE1)  
 1 PT-100/3 DE REGULACION TEMPERATURA DE FLUIDO(TE)

This drawing is the exclusive property of VULCANIC and can't be reproduced or communicated without its prior written authorization



general tolerances 10 to 50 mm : +/- 0,2 >100 mm : +/- 1 Angle : +/- 30' Sheet-iron maker : 0 to 50 mm : +/- 0,5 > 1000 mm : +/- 2 Sheathed element : +/- 5% with mini +/- 5 mm	Mechanic : 0 to 10 mm : +/- 0,1 50 to 100 mm : +/- 0,5 ray : 0,1 to 0,3 Broken angle : 0,1 to 0,3 50 to 1000 mm : +/- 1 Pyrometry : +/- 1% with mini +/- 2 mm Boiler making : +/- 1% with mini +/- 5 mm	Draw J. Revuelta on 20/06/2016	TITLE : LUBE OIL RESERVOIR HEATER	SCALE	N° 6344176.01	REV
		Check S. Gutierrez on 20/06/2016	PART : FLANGE IMMERSION HEATER 12Kw 460V 3PH	SHEET NUMBER	A	

PREPARATION BOTTOM PLAN N°BE 039 .REV A



### 3. PLIEGO DE CONDICIONES

## Índice

1.- Condiciones de tipo general	1
1.1.- Objetivo del pliego.	1
1.2.- Descripción general de la obra	1
1.3.- Condiciones generales de índole legal	1
2 - Pliego de Condiciones Particulares	8
2.1 - Equipos y Accesorios	8
2.1.1. – Tubos	8
2.1.2. – Bridas	8
2.1.3. – Codos	8
2.1.4. – Reducciones	8
2.1.5. – Trasmisores de temperatura	9
2.1.6. – Transmisor de presión	9
2.1.7. – Medidores de temperatura	9
2.1.8. – Medidores de presión	9
2.1.9. – Caudalímetro	10
2.1.10. Válvulas	10
2.1.10.1. – Válvulas de compuerta	10
2.1.10.2. - Válvulas de globo	10
2.1.10.3. - Válvula de bolas de tres vías de control	11
2.1.10.4. - Válvula de aguja	11
2.1.10.5. - Válvula antirretorno	11
2.1.10.6. - Válvula de alivio de presión	11
2.1.11. Depósito	12
2.1.12. Bombas	12
2.1.13. Enfriadores	12
2.1.14. Filtro	12
2.1.15. Aceite	12
2.1.16. Estructura	12
2.1.17 Motor eléctrico	13

## PLIEGO DE CONDICIONES.

### 1.- CONDICIONES DE TIPO GENERAL.

#### 1.1.- OBJETO DE ESTE PLIEGO.-

El objeto de este Pliego es la enumeración de tipo general técnico de Control y de Ejecución a las que se han de ajustar las diversas unidades de la obra, para ejecución del Proyecto. Este Pliego se complementa con las especificaciones técnicas incluidas en cada anexo de la memoria descriptiva correspondiente a la estructura e instalaciones generales del Edificio.

#### 1.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA.-

Sistema de refrigeración y lubricación del sistema de una turbina de gas mediante aceite, en este sistema de la turbina incluye compresor, caja de cambios y motor. Para ello se necesita un sistema de bombeo de aceite almacenado en un depósito, de un enfriador para bajar la temperatura al aceite mediante agua y unos filtro doble para limpieza del fluido antes de su introducción en los elementos del conjunto de la turbina.

#### 1.3.- CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL.-

A continuación se recogen las características y condiciones que reunirá la obra y materiales principales en ellas empleados.

Las obras a que se refiere el presente proyecto son de nueva planta en su integridad, no existiendo parte alguna de aprovechamiento de edificaciones anteriores ni en lo referente a unidades de obra ni a ninguno de los materiales que han de entrar a formar parte de la misma. Así pues serán automáticamente rechazados aquellos elementos que hayan tenido anterior uso. Del mismo modo, si en las excavaciones o movimientos de tierras apareciese algún elemento o fábrica de anteriores edificaciones, no serán aprovechadas, siendo demolidas en lo necesario para establecer las unidades de obra indicadas en los Planos, salvo que sean de carácter histórico, artístico o monumental o que puedan considerarse dentro de la vigente Legislación, en el supuesto de hallazgo de tesoros.

Una vez adjudicadas las obras, el constructor instalará en el terreno una caseta de obra. En ésta habrá al menos dos departamentos independientes, destinados a oficina y botiquín. El primero deberá tener al menos un tablero donde puedan extenderse los planos y el segundo estará provisto de todos los elementos precisos para una primera cura de urgencia.

El pago de impuestos o árbitros en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc... cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista.

Los documentos de este proyecto, en su conjunto, con los particulares que pudieran establecerse así como las Normas Tecnológicas que serán de

obligado cumplimiento en su total contenido, cuanto no se oponga a las anteriores, constituyen un contrato que determina y regula las obligaciones y derechos de ambas partes contratantes, los cuales se comprometen a dirimir las divergencias que pudieran surgir hasta su total cumplimiento, por amigables componedores, preferentemente por el Ingeniero Director, a quien se considerará como única persona técnica para las dudas e interpretaciones del presente Pliego, o en su defecto, el ingeniero designado por la Delegación del Colegio Oficial de Ingenieros Tecnicos Mecanicos de la zona y en último extremo a los tribunales competentes, a cuyo fuero se someten ambas partes. El Contrato se formalizará como documento privado o público a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. En el Contrato se reflejará las particularidades que convengan ambas partes, completando o modificando lo señalado en el presente Pliego de Condiciones, que quedará incorporado al Contrato como documento integrante del mismo.

#### 1.4.- DE LOS MATERIALES Y SUS APARATOS, SU PROCEDENCIA.-

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clases en los puntos que le parezca conveniente, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen, y sean empleados en obra conforme a las reglas del arte, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a lo ordenado por el Ingeniero Director.

Se exceptúa el caso en que los pliegos de condiciones particulares dispongan un origen preciso y determinado, en cuyo caso, este requisito será de indispensable cumplimiento salvo orden por escrito en contrario del Ingeniero Director.

Como norma general el Contratista vendrá obligado a presentar el Certificado de Garantía o Documento de Idoneidad Técnica de los diferentes materiales destinados a la ejecución de la obra.

Todos los materiales y, en general, todas las unidades de obra que intervengan en la construcción del presente proyecto, habrán de reunir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones varias de la Edificación, compuesto por el Centro Experimental de Arquitectura, y demás Normativa vigente que serán interpretadas en cualquier caso por el Ingeniero Director de la Obra, por lo que el Ingeniero podrá rechazar material o unidad de obra que no reúna las condiciones exigidas, sin que el Contratista pueda hacer reclamación alguna.

#### 1.5.- PLAZO DE COMIENZO Y DE EJECUCIÓN.-

El adjudicatario deberá dar comienzo a las obras dentro de los quince días siguientes a la fecha de la adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio a la Dirección Técnica, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibo. Las obras deberán quedar total y absolutamente

terminadas en el plazo que se fije en la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de demora de las obras la posible falta de mano de obra o dificultades en la entrega de los materiales.

#### 1.6.- SANCIONES POR RETRASO DE LAS OBRAS.-

Si el Constructor, excluyendo los casos de fuerza mayor, no tuviese perfectamente concluidas las obras y en disposición de inmediata utilización o puesta en servicio, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la propiedad oyendo el parecer de la Dirección Técnica, podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de todas clases que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas del contrato privado entre Propiedad y Contrata.

#### 1.7.- OBRAS DE REFORMA Y MEJORA.-

Si por decisión de la Dirección Técnica se introdujesen mejoras, presupuesto adicionales o reformas, el Constructor queda obligado a ejecutarlas, con la baja correspondiente conseguida en el acto de la adjudicación, siempre que el aumento no sea superior al 10% del presupuesto de la obra.

#### 1.8.- TRABAJOS DEFECTUOSOS.-

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones generales exigidas en el Pliego de Condiciones Generales de índole técnica del "Pliego de Condiciones de la Edificación" y realizará todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento, y en los demás que se recogen en este Pliego.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos pueda existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que por el Ingeniero Director o su auxiliares, no se le haya llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que le hayan sido valoradas las certificaciones parciales de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta. Así mismo será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo preceptuado y todo ello a expensas de la Contrata.

En el supuesto de que la reparación de la obra, de acuerdo con el proyecto, o su demolición, no fuese técnicamente posible, se actuará sobre la devaluación económica de las unidades en cuestión, en cuantía proporcionada a la importancia de los defectos y en relación al grado de acabado que se pretende para la obra.

En caso de reiteración en la ejecución de unidades defectuosas, o cuando estas sean de gran importancia, la Propiedad podrá optar, previo asesoramiento de la Dirección Facultativa, por la rescisión de contrato sin perjuicio de las penalizaciones que pudiera imponer a la Contrata en concepto de indemnización.

#### 1.9.- VICIOS OCULTOS.-

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que crea defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionan, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

#### 1.10.- RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS.-

Una vez terminada la totalidad de las obras, se procederá a la recepción provisional, para la cual será necesaria asistencia de un representante de la Propiedad, de los Ingenieros Directores de las obras y del Contratista o su representante. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por triplicado, firmada por los tres asistentes legales antes indicados. Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía de un año. Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma los defectos observados, así como las instrucciones al Contratista, que la Dirección Técnica considere necesarias para remediar los efectos observados, fijándose un plazo para subsanarlo, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra. Si el Contratista no hubiese cumplido, se considerará rescindida la Contrata con pérdidas de fianza, a no ser que se estime conveniente se le conceda un nuevo e improrrogable plazo. Será condición indispensable para proceder a la recepción provisional la entrega por parte de la Contrata a la Dirección Facultativa de la totalidad de los planos de obra generales y de las instalaciones realmente ejecutadas, así como sus permisos de uso correspondientes.

#### 1.11.- MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS.-

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por la Dirección de la obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante suyo nombrado por el de oficio.

#### 1.12.- PLAZO DE GARANTÍA.-

El plazo de garantía de las obras terminadas será de UN AÑO, transcurrido el cual se efectuará la recepción definitiva de las mismas, que, de resolverse favorablemente, relevará al Constructor de toda responsabilidad de conservación, reforma o reparación.

Caso de hallarse anomalías u obras defectuosas, la Dirección Técnica concederá un plazo prudencial para que sean subsanadas y si a la expiración del mismo resultase que aun el Constructor no hubiese cumplido su compromiso, se rescindiré el contrato, con pérdida de la fianza, ejecutando la Propiedad las reformas necesarias con cargo a la citada fianza.

#### 1.13.- CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE.-

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía, comprendido entre la recepción parcial y la definitiva correrán a cargo del Contratista. En caso de duda será juez imparcial, la Dirección Técnica de la Obra, sin que contra su resolución quepa ulterior recurso.

#### 1.14.- RECEPCIÓN DEFINITIVA.-

Finalizado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades de la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad administrativa quedando subsistente la responsabilidad civil según establece la Ley.

#### 1.15.- DIRECCIÓN DE OBRA.-

Conjuntamente con la interpretación técnica del proyecto, que corresponde a la Dirección Facultativa, es misión suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen, y ello con autoridad técnica legal completa sobre las personas y cosas situadas en la obra y en relación con los trabajos que para la ejecución de las obras, e instalaciones anejas, se lleven a cabo, si considera que adoptar esta resolución es útil y necesaria para la buena marcha de las obras.

El Contratista no podrá recibir otras órdenes relativas a la ejecución de la obra, que las que provengan del Director de Obra o de las personas por él delegadas.

#### 1.16.- OBLIGACIONES DE LA CONTRATA.-

Toda la obra se ejecutará con estricta sujeción al proyecto que sirve de base a la Contrata, a este Pliego de Condiciones y a las órdenes e instrucciones que se dicten por el Ingeniero Director o ayudantes delegados. El orden de los



trabajos será fijado por ellos, señalándose los plazos prudenciales para la buena marcha de las obras.

El Contratista habilitará por su cuenta los caminos, vías de acceso, etc... así como una caseta en la obra donde figuren en las debidas condiciones los documentos esenciales del proyecto, para poder ser examinados en cualquier momento. Igualmente permanecerá en la obra bajo custodia del Contratista un "libro de órdenes", para cuando lo juzgue conveniente la Dirección dictar las que hayan de extenderse, y firmarse el "enterado" de las mismas por el Jefe de obra. El hecho de que en dicho libro no figuren redactadas las ordenes que preceptoramente tiene la obligación de cumplir el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el "Pliego de Condiciones" de la Edificación, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

Por la Contrata se facilitará todos los medios auxiliares que se precisen, y locales para almacenes adecuados, pudiendo adquirir los materiales dentro de las condiciones exigidas en el lugar y sitio que tenga por conveniente, pero reservándose el propietario, siempre por sí o por intermedio de sus técnicos, el derecho de comprobar que el contratista ha cumplido sus compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, e igualmente, lo relativo a las cargas en material social, especialmente al aprobar las liquidaciones o recepciones de obras.

La Dirección Técnica y con cualquier parte de la obra ejecutada que no esté de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones o con las instrucciones dadas durante su marcha, podrá ordenar su inmediata demolición o su sustitución hasta quedar, a su juicio, en las debidas condiciones, o alternatively, aceptar la obra con la depreciación que estime oportuna, en su valoración.

Igualmente se obliga a la Contrata a demoler aquellas partes en que se aprecie la existencia de vicios ocultos, aunque se hubieran recibido provisionalmente.

Son obligaciones generales del Contratista las siguientes:

Verificar las operaciones de replanteo y nivelación, previa entrega de las referencias por la Dirección de la Obra

Firmar las actas de replanteo y recepciones.

Presenciar las operaciones de medición y liquidaciones, haciendo las observaciones que estime justas, sin perjuicio del derecho que le asiste para examinar y comprobar dicha liquidación.

Ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no esté expresamente estipulado en este pliego.

El Contratista no podrá subcontratar la obra total o parcialmente, sin autorización escrita de la Dirección, no reconociéndose otra personalidad que la del Contratista o su apoderado.

El Contratista se obliga, asimismo, a tomar a su cargo cuanto personal necesario a juicio de la Dirección Facultativa.

El Contratista no podrá, sin previo aviso, y sin consentimiento de la Propiedad y Dirección Facultativa, ceder ni traspasar sus derechos y obligaciones a otra persona o entidad.

#### 1.17.- RESPONSABILIDADES DE LA CONTRATA.-

Son de exclusiva responsabilidad del Contratista, además de las expresadas las de:

- Todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios, tanto en la construcción como en los andamios, debiendo atenerse a lo dispuesto en la legislación vigente sobre accidentes de trabajo y demás preceptos, relacionados con la construcción, régimen laboral, seguros, subsidiarios, etc...

- El cumplimiento de las Ordenanzas y disposiciones Municipales en vigor. Y en general será responsable de la correcta ejecución de las obras que haya contratado, sin derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran costarle los materiales o por erradas maniobras que cometiera, siendo de su cuenta y riesgo los perjuicios que pudieran ocasionarse.

#### 1.18.- OBRAS OCULTAS.-

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al propietario, otro al Ingeniero Director y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables para efectuar las mediciones.

#### 1.19.- SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.-

El Contratista estará obligado a redactar un proyecto completo de Seguridad e Higiene específico para la presente obra, conformado y que cumplan las disposiciones vigentes, no eximiéndole el incumplimiento o los defectos del mismo de las responsabilidades de todo género que se deriven.

Durante las tramitaciones previas y durante la preparación, la ejecución y remate de los trabajos que estén bajo esta Dirección Facultativa, serán cumplidas y respetadas al máximo todas las disposiciones vigentes y especialmente las que se refieren a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, en la Industria de la construcción, lo mismo en lo relacionado a los intervinientes en el tajo como con las personas ajenas a la obra.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, en el transcurso de ejecución de los trabajos de la obra, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a este

respecto en la legislación vigente, siendo en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad ni la Dirección Facultativa, por responsabilidad en cualquier aspecto.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran, tanto en la propia obra como en las edificaciones contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en los trabajos de ejecución de la obra, cuando a ello hubiera lugar.

## **2 - Pliego de Condiciones Particulares**

### **2.1 - Equipos y Accesorios**

#### **2.1.1- Tubos**

Unidades de tubo de 2,3 y 4 pulgadas SCH 40 según el código ASTM SA106 Gr.B. y resistente a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

#### **2.1.2- Bridas**

Las unidades de brida de 2, 3 y 4 pulgadas SCH40, 150lb y con caras de junta RF(Raised face) según código ASTM/ANSI deben ser de acero ASTM SA105 y resistente a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

#### **2.1.3- Codos**

Las unidades de codo de 2,3 4 y pulgadas SCH40 son a 90° ANSI B-16.11 y de radio largo. Además , deben ser de acero inoxidable ASTM A234WPB y resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

#### **2.1.4 - Reducciones**

Reducciones de 2"x3" , 3"x4" y 2"x4 SCH40 según ANSI y de acero carbono ASTM A234WPB . Además debe ser resistente a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

#### **2.1.5 - Transmisores de temperatura**



Las unidades de transmisores de temperatura deben indicar la temperatura, dentro de un rango, mediante un sensor y enviarla a la sala de control mediante una señal eléctrica 4-20mA. El sensor debe ser de tipo Pt100 IEC761 3 hi.

El transmisor estará unido a un termopozo mediante una conexión brida de 2" pulgadas 150Lb #RF.

Ambos deben ser resistentes al aceite, a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.6 - Transmisor de presión**

La siguiente unidad debe indicar la presión y enviarla a la sala de control mediante una señal eléctrica 4-20mA dentro de un rango .El transmisor tendrá una unión roscada de 3/4 de pulgada a una válvula de globo.

Deben ser resistentes al aceite, a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.7 - Medidores de temperatura**

Las unidades de medidores de temperatura bimetálicos deben indicar la temperatura en planta dentro de un rango. Debe ir conectado al termopozo mediante roscado 1/2" BSP y el termopozo , de acero inoxidable, a su vez estará conectado a la tubería mediante conexión a Brida de 150lb#RF y 3/4 pulgadas.

Ambos deben ser resistentes al aceite, a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.8 - Medidores de presión**

Las unidades de medidores de presión, roscados G 1/2"B, deben indicar la presión en planta dentro de un rango. Conexión mediante brida 150#RF de 3/4 pulgadas y de acero inoxidable

Deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.9 - Caudalímetros**

Las unidades deben indicar el caudal en planta dentro de un rango. Tendrá una conexión entre Bridas 2" RF #150

Además, deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.10 Válvulas**

El Contratista suministrará e instalará las válvulas de acuerdo con mediciones y planos.

Todas las válvulas serán transportadas en una caja no metálica, impermeable y resistente a golpes y al transporte. Todas las válvulas serán nuevas y libres de defectos y corrosiones.

Los volantes serán los adecuados al tipo de válvula, de tal forma que permita un cierre estanco sin necesidad de aplicar esfuerzo con ningún objeto.

#### **2.1.10.1. – Válvulas de compuerta**

Las unidades de válvula de compuerta deben tener conexión entre bridas de 2", 3" y 4" indicadas según el diagrama de instrumentación.

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598

#### **2.1.10.2. - Válvulas de globo**

Las unidades de válvula de globo deben tener los siguientes acabados donde estarán ubicados según el diagrama de instrumentación:

- Soldado sobre tubería/roscado hembra 3/4" NPT
- Conexión entre bridas 150#RF para 2"

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598

### **2.1.10.3. - Válvula de bolas de tres vías de control**

Las unidades de válvula de globo de tres vías deben tener conexión entre bridas de 3" ubicadas según el diagrama de instrumentación.

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598

### **2.1.10.4. - Válvula de aguja**

Las unidades de válvula de aguja deben tener los siguientes acabados dónde estarán ubicados según el diagrama de instrumentación:

- Soldado/roscado 3/4" hembra NPT
- Conexión entre bridas 150lb# RF de 2" pulgadas

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598

### **2.1.10.5. - Válvula antirretorno**

Las unidades de válvula antirretorno tener conexión entre bridas de 3" ubicadas según el diagrama de instrumentación.

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598.

### **2.1.10.6. - Válvula de alivio de presión**

Las unidades de válvula de alivio de presión deben tener conexión entre bridas de 2" ubicadas según el diagrama de instrumentación.

El material deberá ser A216 Gr.WCB y deben ser resistentes a la presión de diseño de 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad. Inspecciones y pruebas según API598

### **2.2.11. Depósito**

El depósito será de chapa planas rectangulares soldadas que sea capaz de almacenar de 5700 l máximo de aceite y con las medidas y tubuladuras según el plano del depósito.

El material deberá ser AISI316L y debe ser resistente a la presión atmosférica y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.2.12. Bombas**

Unidad de bomba con un caudal de 351 l/min y 1500rpm que sea capaz de alcanzar las presiones en cada punto del proyecto diseñado (observar diagramas) y enfriar el sistema de la turbina de gas. Presión de absorción atm y de impulsión a 8 bares. Datos completos ubicados en apartado de documentación técnica.

### **2.2.13 – Enfriadores**

Unidad de enfriador que debe enfriar el producto los grados establecidos en el diseño mediante el paso de tubos en su interior de agua.

El material deberá ser AISI316L. El recipiente debe ser resistente a la presión de diseño 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C y los tubos deben ser resistentes a la presión de diseño de 7.5 bar y 80°C del agua. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.2.14 – Filtro**

Filtro doble conmutado por válvula de bolas de 3" y de acero inoxidable con un grado de filtrado de 12 micras a un caudal máximo de 351 l/min.

Debe ser resistente a la presión de diseño 10 bares y a la temperatura de diseño de 100°C. Se deben verificar soldaduras y hacer pruebas de estanqueidad.

### **2.1.15- Aceite**

Aceite térmico sintético therminol 59. Debe ser capaz de enfriar el sistema de la turbina a la temperatura y presión requerida.

### **2.1.16. Estructura**

El perfil estructurales UPN 260 de acero carbono deberá soportar el peso de todo el conjunto del skid

El perfil estructurales UPN 800 de acero carbono deberá soportar el peso del depósito



### 2.1.17 Motor eléctrico

Motor eléctrico, de 15KW ,de la bomba de repuesto montaje horizontal . Debera transmitir la velocidad necesaria a la bomba de 1500rpm



## 4.- Presupuesto

<b>A</b>	<b>DETAIL DESIGN</b>
	19000,00

<b>B- TANK&amp;SKID</b>	ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	VENDOR	TYPE	Price each	Price total
	UPN 260	2.000	KG ACERO PERFIL UPN 260	-	C. steel	0,7	1400
	UPN 80	350	KG ACERO PERFIL UPN 80 TANK STIFFENERS	-	C. steel	0,7	245
	BASE PLATE	28	M2 BASE PLATE 10 THICKNESS	-	C. steel	60	1664,4
	TANK	26	M2 PLATE 10 THICKNESS	-	C. steel	60	1560
	Manhole	2	Manhole	-	C. steel	300	600
		24				100	2400
	Grating	15	M2 grating	-	C. steel	8	120
	Supports	1	Ud Supports in pumps and pipes	-	C. steel	200	200
	Ladder	1	Ud ladder h= 1,50 mts height	-	C. steel	500	500
	Painting Tank	50	M2 painting tank + transport ( 100 €)	-	-	38	1900
	Painting Ladder + skid + handrails	1	ud painting + transport	-	-	1000	1000
							<b>11589,4</b>

<b>C</b>	<b>COMPONENTS DESIGNED BY NP</b>						
	ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	VENDOR	TYPE	Price each	Price total
	C-2290-G-1/2	2	Main and Stand-by Screw Oil Pump	ALLEILER		4650,00	9300,00
	C-2290-GM-2	1	AC electric motor (Stand-by Pump)	WEG		1250,00	1250,00
	C-2290-E-1A/B	1	Lube Oil Duplex Cooler - DN 2"	CALDEMON		24000,00	24000,00
	PCV-22491	1	2" Back Pressure control valve	CVA		1663,00	1663,00
	PCV-22490	1	2" Pressure Reducing control valve	CVA		1663,00	1663,00
	TCV-22494	1	Temperature control valve	COMEVAL		2649,00	2649,00
	C-2290-SP-1A/B	1	Lube Oil Duplex Filter - DN 3" SS MATERIAL	CVA		6500,00	6500,00
	RV-22498/9	2	Pressure Safety Valve 1.1/2" 150#RF x 2" 150#RF	COMEVAL		1000,00	2000,00
	RV-22496/7	2	Pressure Safety Valve 3/4" 150#RF x 1" 150#RF	COMEVAL		800,00	1600,00
	C-2290-EH-5	1	Electric Heater	FATI		2500,00	2500,00
	PG-22498/9	2	Pressure gauge	WIKA		60,00	120,00
	PG-22495/6	2	Pressure gauge	WIKA		70,00	140,00
	PG-22493	1	Pressure gauge	WIKA		70,00	70,00
	PG-22494	1	Pressure gauge	WIKA		70,00	70,00
	TG-22498/3	4	Temperature Gauge	YOKOGAWA		266,40	1065,60
	TG-22495/6						
	PT-22497	1	Pressure transmitter	YOKOGAWA		672,00	672,00
	PDT-22492	1	Differential pressure transmitter	YOKOGAWA		908,00	908,00
	TT-22497/9	2	Temperature Transmitter	YOKOGAWA		640,00	1280,00
	TE/TW-22497	1	Temperature Element RTD+TW	YOKOGAWA		395,00	395,00
	TE/TW-22499	1	Temperature Element RTD+TW	YOKOGAWA		395,00	395,00
	LG-22498	1	Level Gauge (Reflex type)	BONETTI		1200,00	1200,00
	HS-22492	1	CONTROL BOX	STAHL		150,00	150,00
	HS-22491	1	CONTROL BOX	STAHL		150,00	150,00
	HS-22493	1	CONTROL BOX	STAHL		150,00	150,00
							<b>59890,60</b>

	ITEM	Q.TY	DESCRIPTION	VENDOR	TYPE	Price each	Price total
	3" PIPE	18	Ml 3" pipe Sch 40 A-106	TUBASOL		11,88	213,84
	4"PIPE	6	Ml 4" pipe Sch 40 A-106	TUBASOL		16,91	101,46
	2"PIPE	10	Ml 2" pipe Sch 40 A-106	TUBASOL		5,72	57,20
	3" Elbow	16	3" Elbow-Reduction-Te	TUBASOL		4,47	71,52
	2" Elbow	3	2" Elbow	TUBASOL		1,57	4,71
	4" Elbow	1	4" Elbow	TUBASOL		8,27	8,27
	Welding material	1	welding material	-		4000,00	4000,00
	Gasket	100	Unit gasket	-		6,00	600,00
	Flange 3"	50	3" flange #150 WN	TUBASOL		10,01	500,50
	Flange 2"	24	2" flange #150 WN	TUBASOL		6,16	147,84
	Flange 4"	8	4" flange #150 WN	TUBASOL		13,89	111,12

<b>D- PIPING &amp; others</b>	Flange 3/4"	2	3/4" flange #150 WN	TUBASOL	3,99	7,98
	Reduction 3x2	6	Reduction 3x2 ANSI B16.9 A234	TUBASOL	2,62	15,72
	Reduction 4x3	3	Reduction 4x3 ANSI B16.9 A234	TUBASOL	3,88	11,64
	Reduction 4x2	3	Reduction 4x2 ANSI B16.9 A234	TUBASOL	4,79	14,37
	Studbolts	100	Studbolts set	-	15,00	1500,00
	Check valve	2	3" Check valve	-	81,39	162,78
	Gate Manual Valve	8	3" Gate Manual valve	-	179,00	1432,00
	Gate Manual Valve	2	2" Gate Manual valve	-	112,11	224,22
	Gate Manual Valve	2	4" Gate Manual valve	-	259,55	519,10
	Globe Valve	13	Globe Valve 3/4 NPT/SW	-	28,52	370,76
	Globe Valve	8	Globe Valve 2" 150#RF	-	102,90	823,20
	Valvula de aguja	4	3/4" Valvula de aguja A105 3/42 SW o NPT	-	62,00	248,00
	Valvula de aguja	2	2" Valvula de aguja A105 3/42 SW	-	225,00	450,00
	Valvula de aguja	7	Valvula de aguja A105 3/42 SW/NPT	-	62,00	434,00
	T Strainer	2	Unit T strainer	-	800,00	1600,00
	Instrument fittings	1	Instrument fittings	-	1700,00	1700,00
	Flow gass	1	Unit flow gass	-	1800,00	1800,00
		1	6) 3-5 Way Manifold + root needle valve	-	1500,00	1500,00
		1	7) Instrument Valve	-	200,00	200,00
		1	8) Junction Box+Terminals c/w all equipm. - IEC Ex Certif.	-	1000,00	1000,00
	1	9) Cable Gland	-	500,00	500,00	
	1	10) Cables & Cable Tray (total)	-	3000,00	3000,00	
	1	11) Other Various Material	-	2000,00	2000,00	
	1	12) Insulation/protection as per P&ID	-	13000,00	13000,00	
	1	GAUGE BOARD CLOSED WITH INSULATION, HEATING AND RECYCLE	-	4000,00	4000,00	
					<b>42330,23</b>	

<b>E</b>	ASSEMBLY ACTIVITIES		
	NO. HOURS		Cost/Hour
	1.100	Assembly activities	€ 40

44.000,00

<b>F</b>	TESTING	
	6.000,00	<i>Including Hyd.Test +NDT +Flushing+ funcional+final &amp; QA/QC activities</i>

<b>GRAND TOTAL PRICE (EACH SKID)</b>
19000,00
+
11589,4
+
59890,60
+
42330,23
+
44000,00
+
6.000,00
<b>182.810</b>

Imprevistos 5% 8226,46035

**TOTAL 191.037**



### BIBLIOGRAFIA

- “Process Plant Layout and piping Design” Ed Bausbacher/Roger Hunt
- “Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas” Severiano F. Pérez Remesal / Carlos Renedo Estébanez DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA
- “Ingeniería térmica” Pedro Fernandez/Carlos Renedo/ Pedro R. Fernández
- Código ASME VIII div.1
- Código ASME II parte a b y c
- Código API614 Parte 1
- “Electical heating and cooling solutions for the industry” Vulcanic
- “Manual de recipientes a presión. Diseño y cálculo” Eugne F. Megyesy
- Repositorio académico Ucrea unican