

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"DISEÑO DE SISTEMA CENTRALIZADO DE ACEITE SOLUBLE PARA
EL AREA DE CONFORMADO DE TUBERIAS METALICAS"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Juan Antonio De Santis Aguirre

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incondicional, a la Escuela Superior Politécnica del litoral y a cada uno de sus profesores, de quienes tuve la dicha de recibir conocimientos prácticos y teóricos para el desarrollo de mi vida profesional.

A mis compañeros y a cada una de las personas que participaron en el desarrollo de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Juan Antonio De Santis Aguirre (autor)

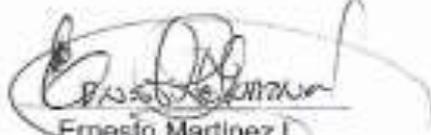
Ing. Ernesto Martinez L. (Director)

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Juan De Santis A.
Autor



Ernesto Martinez L.
Director

RESUMEN

En el proceso de conformado de tuberías metálicas con costura, es necesario mantener el proceso debidamente lubricado y a una temperatura optima, para poder garantizar un producto de calidad, manteniendo la eficiencia y seguridad en el área de trabajo, es el objeto de este proyecto diseñar un sistema centralizado de aceite soluble que se encargue de recoger, transportar, filtrar, enfriar y devolver un fluido en condiciones adecuadas de trabajo, y de esta manera conseguir aumentar la eficiencia de las máquinas y reducir la cantidad de desechos producidos, el sistema que se utiliza en esta conocida empresa de procesamiento de acero es inadecuado y ante la oportunidad que significa la construcción de una nueva planta, se mejoró este sistema.

Este se compuso por un sistema de recolección de aceite contaminado, el cual fue diseñado para que por gravedad el fluido con impurezas llegue hacia los pits de recolección, para este cálculo se utilizó la fórmula de Chézy y la correlación de Manning de la rugosidad, se seleccionó un sistema de bombeo mediante el empleo de la ecuación de Bernoulli para transportar el aceite soluble contaminado hacia el filtro, el mismo que fue elegido por los parámetros que debe cumplir el fluido por recomendación de los fabricantes de las tuberías, finalmente se seleccionó el sistema de bombeo de retorno del fluido y los equipos de enfriamiento mediante conceptos de transferencia de calor.

Como resultado de este trabajo se seleccionó un filtro hidrostático con papel filtrante que cumple con el grado de filtrado requerido para el proceso, un sistema de bombeo de distribución de aceite limpio conformado por tres bombas de 50 Hp que funcionan de manera alternada con un caudal de 4000 l/min, tres torres de enfriamiento cerradas que se encargaran de disipar 1933.06 Kw y un sistema de bombeo para los dos pits de aceite sucio, conformado por dos bombas de 15 Hp.

El sistema diseñado es independiente al proceso de producción y cumple con los parámetros requeridos para el aceite soluble: grado de filtrado de 30 micras, temperatura de aceite soluble al ingreso del proceso 28°C, se redujo la cantidad de fluido utilizado disminuyendo los cambios a la mitad y por lo tanto reduciendo los desechos, además es económicamente viable ya que se proyecta recuperar la inversión en un tiempo aproximado de 3 años.

Palabras Clave: Tubería con costura, aceite soluble, correlación de Manning, ecuación de Bernoulli, papel filtrante.

ABSTRACT

In the forming process of metallic welded pipes is necessary to keep the process properly lubricated and with an optimal temperature to ensure a quality product while maintaining efficiency and safety in the workplace, is the object of this project to design an soluble oil centralized system that is responsible for collecting, transporting, filtering, cooling and return the fluid in appropriate working conditions, and thus Increasing the efficiency of the machines and reduce the amount of waste produced, the system used In this known steel processing company is inadequate and with the opportunity to build a new plant, this system was improved.

It was consisted for a collection system for contaminated oil, which was designed for to move the fluid with impurities by gravity to the pits, for this calculation formula of Chézy and roughness correlation of Manning was used, was selected a pumping system by using the Bernoulli equation to transport soluble contaminated oil into the filter, the same who was selected by the parameters of purity to be met by the fluid on the recommendation of the manufacturer of the pipe mill machine, finally was selected the pumping system for the return of the fluid and the cooling equipment using concepts of heat transfer.

As a result of this work an hydrostatic filter with filter paper that meets the level of filtering required for the process, the pumping system of clean oil distribution consists of three 50 Hp pumps operating alternately at a rate of 4000 l/min, three closed cooling towers to take charge of dissipating 1933.06 kW and a pumping system for both dirty oil pits, consisting of pump 15 Hp.

The designed system is independent of the production process and meets the parameters required for soluble oil: filtering degree of 30 micron, temperature of admission to the process for the soluble oil 28°C, the amount of changes of used fluid was reduced in half, and therefore reducing waste, this Project will be economically viable and projected return on investment in approximately 3 years.

Keywords: welded pipe, soluble oil, Manning correlation, Bernoulli equation, filtering paper.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción general de la empresa.....	1
1.2 Proceso de conformado de tuberías metálicas con costura.....	1
1.3 Características del aceite utilizado en el proceso.....	5
1.4 Descripción del problema	6
1.5 Objetivos	8
1.5.1 Objetivo General	8
1.5.2 Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología del Diseño	9
2.1 Alternativas propuestas	10
2.2 Descripción de los subsistemas y sus elementos constitutivos.....	13
2.3 Selección del filtro de aceite	14
2.4 Sistema de Bombeo	23
2.4.1 Canaletas abiertas de hormigón.....	23
2.4.2 Selección de diámetro de tuberías.....	26
2.4.3 Tanques de almacenamiento	26

2.4.4	Sistema de enfriamiento.....	28
2.4.5	Selección de bombas de recolección de aceite sucio.....	30
2.4.6	Selección de bombas de distribución de aceite limpio.....	34
CAPÍTULO 3.....		38
3.	Resultados.....	38
3.1	Análisis de Costos.....	38
3.2	Análisis de Resultados.....	39
CAPÍTULO 4.....		42
4.	Discusión y Conclusiones.....	42
4.1	Conclusiones.....	42
4.2	Recomendaciones.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....		44
APÉNDICES.....		45

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
INEN	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ERW	Electric Resistance Welding
SI	Sistema Internacional
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ΔT	Diferencial de Temperatura
HP	Horse Power
Gal	galón
gpm	galón por minuto
Min	minutos
ANSI	American National Standards Institutes
M	metro
m^3	Metro cúbico
Ft	pie
In	pulgada
Psi	pound per square inch
KW	Kilovatio
HP	horse power

SIMBOLOGÍA

C°	Centígrados
A	área
P	presión
T	Temperatura

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Forming de Tubera en Novacero	3
Figura 2 Soldadura en Tubera	3
Figura 3 Soldadura ERW	4
Figura 4 Sistema actual de enfriamiento en Novacero	6
Figura 5 Filtro magnetico	15
Figura 6 Filtro por gravedad de cama baja	16
Figura 7 Filtro de tambor	17
Figura 8 Filtro de tambor con micromalla.....	18
Figura 9 bomba XYLEM flygt.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecanicas del acero base para fabricacion de tuberias	2
Tabla 2. Tolerancia en dimensiones exteriores INEN2 415:2008.....	5
Tabla 3. Tolerancia en longitud INEN2 415:2008.....	5
Tabla 4. Tolerancia en torcedura INEN2 415:2008	5
Tabla 5. Velocidades actuales y nominales en maquinas	7
Tabla 6. Flujo de aceite soluble por maquina.....	9
Tabla 7. Temperatura de salida de aceite soluble.....	10
Tabla 8. Ponderacion de criterios para alternativas de diseño	12
Tabla 9. Porcentaje entre opciones por parametros.....	13
Tabla 10. Matriz de selección para opciones de diseño	13
Tabla 11. Ponderacion de criterios para filtros	19
Tabla 12. Porcentaje entre opciones por parametros para filtros	20
Tabla 13. Matriz de selección para filtros.....	21
Tabla 14. Coeficiente de rugosidad de Manning	24
Tabla 15. Caracteristicas del aceite soluble	28
Tabla 16. Rugosidad para conductos comerciales.....	32
Tabla 17. Perdidas por accesorios en tuberia de recolección de aceite sucio.....	33
Tabla 18. Perdidas por accesorios en tuberia de distribución de aceite limpio.....	36
Tabla 19. Perdida total de la tuberia en tramos criticos.....	37
Tabla 20. Velocidades alcanzadas en nueva planta	40

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Layout del conformado (ubicación de máquinas)
PLANO 2	Plano esquemático del sistema de tratamiento de aceite soluble
PLANO 3	Diseño de forma del sistema
PLANO 4	Filtro de aceite
PLANO 5	Sistema de recolección de aceite sucio
PLANO 6	Pit de aceite sucio
PLANO 7	Tanque de almacenamiento de aceite limpio
PLANO 8	Plano isométrico tubería de aceite sucio
PLANO 9	Plano isométrico tubería de aceite limpio
PLANO 10	Plano ubicación de bomba en pit de aceite sucio

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general de la empresa

Novacero es una empresa ecuatoriana dedicada a la fabricación y comercialización de productos de acero, con sedes en distintas ciudades del Ecuador y una variada gama de productos y soluciones, entre las que destacan: La acería, proyecto que inicio en el 2006 en Latacunga, en el cual se instaló un horno eléctrico de 50 toneladas, donde se procesa la chatarra que se compra a nivel local y produce sus propias palanquillas; materia prima que se utiliza en el proceso de laminación.

En Latacunga también se cuenta con dos trenes de laminación, en los cuales mediante el calentamiento de las palanquillas obtenidas del proceso de colada continua de la acería, se fabrican varillas de construcción, platinas, ángulos y barras cuadradas.

La otra importante línea de negocios, es la de productos que se fabrican en la planta Guayaquil, donde se realizan procesos en frio, como el conformado de tubería con costura, perfiles y cubiertas, en este caso la materia prima se importa, se utiliza bobinas de acero de diferentes espesores, estas bobinas pasan por un proceso de cortado y alisado, dejando flejes con un desarrollo adecuado para la fabricación de los productos antes mencionados.

Todos los productos de Novacero cumplen con normas de calidad, y es compromiso de la empresa buscar mejoras en los procesos que permitan tener la más alta calidad, de una manera eficiente y amigable con el ambiente.

1.2 Proceso de conformado de tuberías metálicas con costura

El proceso de fabricación de tuberías metálicas con costura, es un proceso de conformado en frio, es decir se realiza a temperatura ambiente, consiste básicamente en el rolado de una lámina de acero por medio de un conjunto de rodillos, que ejercen una fuerza necesaria para deformarlo plásticamente, es decir, modificando su estructura permanentemente pero sin llegar al límite de ruptura, este proceso le otorga al acero mayor dureza y resistencia, pero también puede alterar parámetros importantes en la calidad del tubo como: el espesor, diámetro, longitud,

entre otros; parámetros que deberán ser validados por las normas que exige la manufactura de este producto.

El proceso comienza desde la recepción de la materia prima, bobinas de acero, en la mayoría de los casos A36, en diferentes espesores. Estas bobinas deben cumplir con las propiedades mecánicas que dicta la norma INEN para "Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales", las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero base
Fuente: Norma INEN para "Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales"

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación^{b)} %
230	230	310	20
250	250	330	19
255	255	360	18
275	275	380	16
340	340	450	12
550	550	570	....

a) Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos.
b) La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.

Las bobinas, que son grandes rollos de lámina de acero, de 1500 mm de ancho y 12t de peso aproximadamente, de diferentes espesores desde 0.75 mm hasta 4mm, deben pasar por un proceso de corte, en una máquina conocida como Slitter, en la cual se desenrolla la bobina, tensa y pasa por un banco de cuchillas, reguladas para darles el desarrollo necesario para la fabricación de los tubos en diferentes diámetros y dimensiones; estos rollos más pequeños son conocidos como flejes, y es la materia prima en el conformado de tuberías.

La fabricación de tuberías se realiza en máquinas conocidas como Tuberas, y comprende tres partes: el forming (conformado), soldadura y sizing (calibración).

El proceso de forming o conformado, consiste en someter a la lámina de acero a un esfuerzo para generar una deformación plástica y de esta manera darle la forma deseada, este esfuerzo es producido por un banco de rodillos ubicados de forma horizontal y vertical, calibrados para el diámetro requerido. La importancia del conformado, radica en realizar una soldadura de la tubería, con bajas probabilidades de fallas en la misma.



Figura 1 Forming de tubera en Novacero
Fuente: Autor

Una vez que la lámina tiene una forma cilíndrica, se procede a soldar para terminar el conformado de la tubería. Para este fin se utiliza el método de soldadura por resistencia eléctrica (ERW). Este es un proceso autógeno, es decir que no interviene material de aporte.

La soldadura se produce por el calor que genera el paso de una corriente de alta frecuencia a través de una bobina, induciéndola por los extremos abiertos de la tubería, por un tiempo y con una fuerza precisa.



Figura 2 Soldadura en tubera
Fuente: Autor

El flujo de corriente tiende a seguir la dirección de la bobina principal, y la corriente inducida recorre la tubería abierta, como una bobina secundaria de una sola espira, concentrando el esfuerzo en la parte abierta de la tubería. Aquí la

presión ejercida por los rodillos, hace que se forme un vértice (figura 3), provocando el incremento de calor $Q = I^2r$, por ende la temperatura; es decir, en el punto más cercano al vértice, estará la temperatura óptima de soldadura, formando un cuerpo cerrado que luego pasará por una cuchilla que realizará el desbarbado de la tubería, eliminando la rebaba y dejando una superficie lisa.

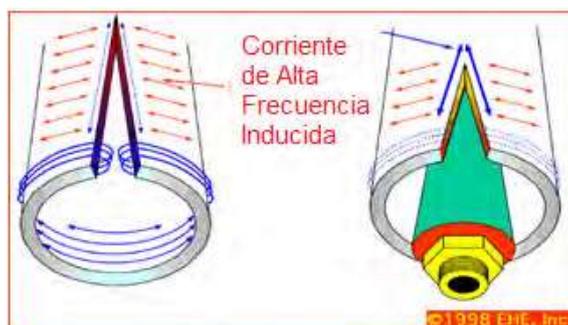


Figura 3 Soldadura ERW

**Fuente: Proceso de soldadura de alta frecuencia [en línea]. [Consultado 10 julio del 2015]
Disponible en Internet: <http://www.impedec.com/Efficiency/frame45304.html>**

El acabado de la soldadura es verificada por un equipo portátil que realiza pruebas no destructivas de manera rápida y segura, conocido como Eddy check. Este genera una corriente alrededor de la tubería y donde hay una falla produce una señal electromagnética diferente, que es detectada inmediatamente emitiendo una alarma y marcando el producto no conforme, de esta manera se obtiene una mayor calidad y seguridad en la tubería que se comercializa en el mercado.

Debido al incremento de temperatura ocasionado por la soldadura, la tubería debe ser enfriada, por un sistema que será objeto del siguiente trabajo y se detallará más adelante.

Una vez realizada la soldadura, la tubería pasa por otro banco de rodillos, conocido como el sizing. Este conjunto se encarga de darle las dimensiones y formas finales a la tubería. Básicamente es un proceso de calibración donde se afinan todos los detalles y se controlan todas las tolerancias, las mismas que las da el Instituto Ecuatoriano de Normalización y serán detalladas en las tablas siguientes.

Tabla 2. Tolerancia en dimensiones exteriores
Fuente: Norma INEN para "Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales"

Dimensión exterior ^{d)} (mm)	Tolerancia ^{e)} %
< 50,8	± 0,50
≥ 50,8	± 0,75

c) Las dimensiones exteriores de la tubería cuadrada y rectangular deben tomarse en el centro de las caras planas. Las especificaciones de la tabla 3 ya contemplan las tolerancias para la convexidad y la concavidad de las caras.
d) Las dimensiones exteriores se deben tomar a una distancia de al menos 50 mm desde los extremos de la tubería.
e) Las tolerancias del diámetro nominal contemplan las tolerancias de ovalamiento.

Tabla 3. Tolerancia en longitud
Fuente: Norma INEN para "Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales"

Longitud (mm)	Tolerancia (mm)
≤ 6 000	+21 0
> 6 000	+26 0

Tabla 4. Tolerancia en Torcedura
Fuente: Norma INEN para "Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales"

Dimensión exterior de la cara mayor (mm)	Máxima Torcedura permisible en 6 000 mm
≤ 39	8,0
> 39 ≤ 64	10,0
> 64 ≤ 102	12,0
> 102 ≤ 153	14,0
> 153	16,0

ⁿ⁾ La torcedura debe medirse a una distancia de al menos 50 mm desde los extremos de la tubería.

1.3 Características del aceite utilizado en el proceso

El fluido utilizado para el enfriamiento y lubricación de la tubería en su proceso de conformado, es una mezcla que está compuesta por 95% agua y 5% aceite soluble.

El aceite soluble que utiliza Novacero es Cut Fluid Eco de la empresa PROQUILARV S.A., en su presentación de 55 galones, este fluido de corte

esta formulado con aceites inhibidores de la corrosión, y su función es lubricar y enfriar partes metálicas que están sometidas a procesos de transformación. Este producto forma emulsiones de gran estabilidad al diluirse en agua, manteniéndose sin descomponerse, asegurando su desempeño durante más tiempo, es un líquido transparente cuando esta puro y lechoso cuando esta diluido en agua de color ámbar, se adjunta la ficha técnica (ANEXO 1).

1.4 Definición del problema

El proceso de conformado de tuberías, es un proceso de deformación plástica que genera un incremento en la temperatura del acero, además como se mencionó anteriormente se realiza una soldadura continua, por este motivo es indispensable tener un sistema de enfriamiento que permita recuperar la temperatura óptima del material.

En la actualidad Novacero cuenta con cinco Tuberías y dos perfiladoras, cada una tiene su sistema de recirculación de aceite independiente, con una cisterna en la parte central de la maquina donde se almacena toda la emulsión, la misma que se distribuye a todos los puntos donde se requiere refrigeración y lubricación, el aceite ya contaminado con partículas metálicas y otras impurezas es recolectado en canaletas de hormigón que se encuentran en el piso alrededor de la máquina, y por gravedad el fluido regresa a la cisterna, completando de esta manera el ciclo.



Figura 4 Sistema actual de enfriamiento en Planta Novacero
Fuente: Autor

Solo dos de las máquinas tienen un sistema de enfriamiento forzado (chiller/intercambiador), las demás realizan el intercambio de calor por convección natural con el aire y el único método de filtrado son trampas de residuos que se ubican en las canaletas y al ingreso de la cisterna.

En la tabla 5 se muestran las velocidades a las que actualmente están trabajando las máquinas y las velocidades nominales de las mismas, las cuales reflejan que el sistema es ineficiente, y produce inconvenientes de diferentes tipos, la falta de un adecuado sistema de enfriamiento, genera un bajo rendimiento de las máquinas, actualmente, en promedio, las máquinas están trabajando a un 60% de su capacidad, esto debido a que al aumentar la velocidad de producción, no se logra disminuir la temperatura de la tubería luego de la soldadura y en la siguiente etapa del proceso, calibración o sizing, esta se deforma, esto genera pérdidas económicas a la empresa, ya que obliga a reducir el nivel de producción y por lo tanto las ventas.

Tabla 5. Velocidades actuales y nominales de máquinas
Fuente: autor

Máquina	CAPACIDAD t /mes	VELOCIDAD NOMINAL m/seg	VELOCIDAD ACTUAL m/seg	Rendimiento %
Tubera 0	100	36	20	55,56
Tubera 1	180	24	15	62,50
Tubera 2	600	65	40	61,54
Tubera 3	1000	30	18	60,00
Tubera 4	700	75	40	53,33
Perfiladora 1	600	35	20	57,14
Perfiladora 2	1200	45	28	62,22

Además de este problema económico generado, también está la falta de un aceite correctamente filtrado, sin residuos y partículas, que provoca la deficiencia en la calidad del producto. Las trampas de residuos colocadas en las líneas de producción, no son suficientes ya que muchas de las partículas logran pasar, pudiendo también contaminar el producto terminado, afectando la imagen del producto ante los clientes, además requieren mantenimiento continuo, ya que se tapan y ocasionan derrames de aceite en la planta. El mantenimiento de estos filtros generalmente requiere detener la producción, por la ubicación de las mismas.

Otro inconveniente que presenta este sistema es el impacto ambiental negativo, ya que al no tener un correcto tratamiento del aceite utilizado, este debe desecharse en periodos cortos de tiempo. Actualmente se debe cambiar el aceite cada tres meses y el fluido contaminado debe ser enviado a un gestor de desechos para su tratamiento.

Finalmente, el tener el sistema de enfriamiento dentro del área de producción, obstruye el espacio que los trabajadores necesitan para operar los equipos siendo un riesgo para ellos, sin mencionar que mantener equipos que no están diseñados para estas condiciones, como torres de enfriamiento, disminuye considerablemente el tiempo de vida de las mismas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un sistema centralizado de aceite soluble, utilizado para el enfriamiento y lubricación de tuberías durante su conformado, que sea independiente al proceso de producción, que recolecte todo el aceite contaminado con impurezas y devuelva un fluido debidamente filtrado a una temperatura óptima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar un sistema que permita el correcto tratamiento de los aceites contaminados, disminuyendo de esta manera los desechos obtenidos, y mejorando la calidad del producto terminado.
- Seleccionar un sistema adecuado para el enfriamiento de aceite, permitiendo que el proceso se realice en condiciones óptimas, mejorando de esta manera el rendimiento de las máquinas que actualmente trabajan al 60% de su capacidad.
- Definir el recorrido óptimo para el aceite sucio hacia la planta de tratamiento y seleccionar las bombas adecuadas para este fin.
- Definir el recorrido óptimo para el aceite limpio desde la planta y su distribución hacia las máquinas y seleccionar las bombas adecuadas para este fin.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA DEL DISEÑO

Una vez conocidos los inconvenientes del sistema de enfriamiento actual y con la ventaja de no tener limitaciones de espacio, debido a que esta es una planta nueva, se presentan varias opciones, de entre las cuales se eligió la más conveniente, que cumpla con los requerimientos mencionados, en base a las necesidades de las máquinas y del proceso en sí.

En el plano 1, se observa la ubicación de las máquinas que estarán en la nueva planta, en el galpón que se denominara “conformado”, para objeto de este proyecto se les ha dado una denominación para identificarlas (Tubera 2, Tubera 3; Tubera 4, Tubera 5, Perfiladora 1, Perfiladora 2), cada una tiene capacidades de producción diferentes, y por lo tanto también tienen una cantidad de aceite que debe ser suministrada al proceso en gal/min que recomienda el fabricante.

Tabla 6. Flujo de aceite soluble por máquina
Fuente: Registro Novacero

REQUERIMIENTO DE ACEITE SOLUBLE	
Maquina	Flow rate (l/min)
Tubera 2	500
Tubera 3	100
Tubera 4	500
Tubera 5	700
Perfiladora 1	150
Perfiladora 2	150

Un factor importante a considerar es la temperatura de salida del aceite soluble del proceso. El fluido entra en contacto con la tubería caliente por periodos muy cortos de tiempo, dependiendo de la velocidad a la que esté trabajando la máquina, además no en todos los puntos del proceso la temperatura será igual, por lo que se dificulta realizar un cálculo real de esta variable, para obtener esta información se realizara varias pruebas con muestras de las diferentes máquinas, utilizando un termómetro obtendremos los datos de temperatura, utilizando para este trabajo la más crítica.

Tabla 7. Temperatura de salida de aceite soluble
Fuente: Registro Novacero

Muestreo de temperaturas de salida de aceite Soluble					
Maquina	T_f 1	T_f 2	T_f 3	T_f 4	T_f 5
Tubera 2	33C°	31C°	34C°	34C°	33C°
Tubera 3	34C°	36C°	34C°	35C°	35C°
Tubera 4	33C°	36C°	32C°	35C°	36C°
Perfiladora 1	32C°	31C°	32C°	30C°	31C°
Perfiladora 2	31C°	30C°	31C°	33C°	33C°

*Estas mediciones fueron realizas a una temperatura ambiente de 27 C°

Como se puede observar en la tabla, la mayor temperatura que se alcanzó fue de 36 C°, en la tubera 3, que es la que produce tubos de mayor diámetro, y en la tubera 4, que es la que tiene una mayor velocidad de trabajo.

2.1 Alternativas propuestas

Antes de iniciar el diseño de este sistema, se definirá si lo que se necesita es un sistema centralizado de aceite soluble o un sistema individual en cada máquina, por lo que se compararán las ventajas y desventajas de cada uno.

Para poder dar solución a las necesidades de aceite limpio y frío en el proceso de producción con un sistema individual, es necesario:

- Una cisterna en cada máquina, cuya capacidad dependerá de la cantidad de aceite que deba ser inyectado al proceso por minuto, en la cisterna deberían haber una o dos bombas dimensionadas para poder distribuir el fluido hacia el sistema de refrigeración.
- Deberá haber un equipo de refrigeración (chiller/intercambiador de calor) por cada máquina, que se encargue de darle la temperatura optima al fluido y una o dos bombas que permitan la distribución del aceite soluble hacia la maquina
- Sera necesario un sistema de recolección de aceite sucio, debido a la cercanía de las cisternas, lo más recomendable seria usar un sistema de canaletas abiertas que transporte el fluido por gravedad hacia las cisternas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA INDIVIDUAL

Ventajas

- Hay independencia en cada sistema, es decir, si falla una bomba, o uno de los equipos de enfriamiento, el resto de las máquinas podrá seguir produciendo sin inconvenientes.
- Al ser sistemas independientes, las capacidades que se manejarán serán menores, lo que facilitará encontrar los equipos (bombas, chillers, etc) en el mercado local.

Desventajas

- Los equipos estarán dentro del área de producción, generando riesgos e incomodidades al personal operativo.
- Pocas posibilidades de incorporar un equipo de filtrado que pueda satisfacer las necesidades del proceso debido al poco espacio con el que se cuenta.

El sistema centralizado de aceite básicamente tendrá los mismos componentes pero con mayores capacidades, y con ciertas características especiales que serán enunciados a continuación:

- Sistema de enfriamiento de gran capacidad que maneja el fluido de todas las máquinas. Este deberá estar ubicado en un lugar apartado fuera del galpón, por los flujos que se manejan en el sistema será necesario utilizar grandes torres de enfriamiento.
- Sistema de filtración, que al estar fuera del área de producción, dará la oportunidad de seleccionar uno que se adapte a los requerimientos del sistema.
- Sistema de recolección y distribución de aceite, es importante recordar que los equipos estarán fuera del galpón de producción, lo que significa que habrá una distancia considerable, por lo que las bombas seleccionadas serán de mayor capacidad.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CENTRALIZADO

Ventajas

- Sistema independiente al proceso de producción, los equipos no estarán junto a las máquinas, lo que dará mayor espacio y orden a los alrededores.
- Sistema de filtrado más eficiente, con el espacio disponible, se podrá seleccionar un sistema eficiente de filtrado, lo que mejorará la calidad del lubricante que ingrese al proceso de producción y reducirá los desechos.
- Sistema de enfriamiento adecuado a las necesidades.

Desventajas

- Alto costo de inversión para la adquisición de equipos de gran capacidad.
- Alta inversión en infraestructura física.

Una vez expuestas las necesidades, ventajas y desventajas de cada sistema, se compararán para poder utilizar el sistema que más convenga, para este propósito se elaborará una matriz de selección, donde se evaluarán los parámetros más importantes: Eficiencia (Efi), Espacio utilizado dentro del área de trabajo (Esp), Costo (Cost), Calidad (Cal), Impacto ambiental (Imp) y seguridad Industrial (Seg).

Lo primero que se realizará es comparar los parámetros a analizar entre todos, para de esta manera ponderar la importancia de cada uno de ellos, se utilizará la siguiente escala para calificarlos: 10= mucho más importante, 5= más importante, 1= igual, 1/5= menos importante, 1/10= mucho menos importante.

Tabla 8 Tabla de ponderación de criterios
Fuente: autor

	Efi	Esp	Cost	Cal	Imp	Seg	Suma	factor de ponderación
Efi		10	5	5	1	1	22	0,31
Esp	1/10		1/5	1/5	1/10	1	1,60	0,02
Cost	1/10	5		1/5	1/5	1/5	5,70	0,08
Cal	1/5	5	5		1/5	1	11,40	0,16
Imp	1	10	5	5		1	22	0,31
Seg	1	1	5	1	1		9	0,13
Total							72	

Una vez definido el factor de ponderación, se compararan las opciones de selección: sistema individual (S.I.), sistema centralizado (S.C.), para cada uno de los parámetros, con la misma escala que la tabla anterior.

Tabla 9 Porcentaje entre opciones por parámetro
Fuente: autor

Eficiencia					Espacio				
	S.I	S.C.	suma	%		S.I	S.C.	suma	%
S.I.	█	1	1	0,50	S.I.	█	1/10	1/10	0,01
S.C.	1	█	1	0,50	S.C.	10	█	10	0,99
		Total	2,00				Total	10,10	

Costo					Calidad				
	S.I	S.C.	suma	%		S.I	S.C.	suma	%
S.I.	█	5	5	0,96	S.I.	█	1	1	0,50
S.C.	1/5	█	0,2	0,04	S.C.	1	█	1	0,50
		Total	5,20				Total	2,00	

Impacto ambiental					Eficiencia				
	S.I	S.C.	suma	%		S.I	S.C.	suma	%
S.I.	█	1/10	1/10	0,01	S.I.	█	1/5	1/5	0,04
S.C.	10	█	10	0,99	S.C.	5	█	5	0,96
		Total	10,10				Total	5,20	

Tabla 10 Matriz de selección
Fuente: autor

	Efi		Esp		Cost		Cal		Imp		Seg		Puntaje
	Fp	%	Fp	%	Fp	%	Fp	%	Fp	%	Fp	%	
S.I.	0,31	0,5	0,02	0,01	0,08	0,96	0,16	0,5	0,31	0,01	0,13	0,04	0,3203
	0,1550		0,0002		0,0768		0,0800		0,0031		0,0052		
S.C.	0,31	0,5	0,02	0,99	0,08	0,04	0,16	0,5	0,31	0,99	0,13	0,96	0,6897
	0,1550		0,0198		0,0032		0,0800		0,3069		0,1248		

Como se muestra en la tabla, donde se evaluaron los aspectos más importantes a considerar en el diseño macro del sistema de filtrado y refrigeración de aceite soluble, es más conveniente utilizar un sistema centralizado, consiguiendo un puntaje de 0.69 puntos contra 0.32 del sistema individual.

2.2 Descripción de los subsistemas y sus elementos constitutivos

En el plano 2 se puede observar el diseño esquemático del sistema, y en el plano 3 el diseño de forma que inicia con un sistema de recolección de aceite contaminado por canaletas de hormigón abiertas, que estarán a los alrededores de las máquinas, evitando de esta manera derrames o desperdicios de aceite, estas canaletas transportarán el aceite soluble con impurezas por gravedad, hacia tanques de

recolección de aceite sucio conocidos como "PITS", se utilizarán dos tanques ya que por las dimensiones del galpón de conformado de tuberías, sería muy complicado hacer coincidir todas las canaletas a un solo depósito, estos estarán ubicados de tal manera que se distribuya equitativamente el caudal (2000 l/min en cada uno), luego se transportará por tubería el aceite sucio hasta el filtro, que será seleccionado según los requerimientos del proceso, el aceite sin impurezas será almacenado en un tanque y luego bombeado de regreso a las máquinas pasando por las torres de enfriamiento y llegando a dos manifold, de donde se distribuirá el fluido a las diferentes máquinas por medio de un juego de válvulas.

Las tres partes principales del sistema centralizado de aceite soluble son:

Sistema de Enfriamiento: Este será el encargado de reducir la temperatura del fluido de proceso para su retorno, por mediciones realizadas en diferentes puntos de la máquina, la temperatura máxima del aceite soluble es 36 °C, por lo que se debe seleccionar un sistema que pueda disminuir la misma hasta la temperatura ambiente 28 °C.

Sistema de filtrado: Consta de un filtro, el cual debe ser seleccionado, con las características adecuadas para el proceso de producción de tuberías, habrá un tanque donde se depositará todo el aceite limpio, para luego su bombeo hacia los equipos de enfriamiento y máquinas.

Sistema de distribución de aceite: Este constará de 2 partes principales, la primera es la recolección y transporte de aceite sucio, y la segunda es el retorno de aceite limpio hacia las máquinas.

2.3 Selección de filtro de aceite

Para la selección del filtro se analizará varias opciones comúnmente utilizadas en el sector metalúrgico, destacando las ventajas y desventajas de cada una de ellas y seleccionando la más apropiada.

Separador magnético con discos: Este sistema es utilizado para filtrar partículas metálicas ferrosas producidas de diferentes procesos industriales, generalmente

suspendidas en líquidos refrigerantes o lubricantes, el filtrado ocurre por la rotación de un tambor magnético, de dimensión variable dependiendo del flujo. Este tipo de filtros puede ser usado como como filtro principal, cuando el nivel de filtrado requerido no es alto; o como un pre filtro cuando el grado de limpieza del lubricante es un requisito importante, combinándolo con otros tipos de filtro.

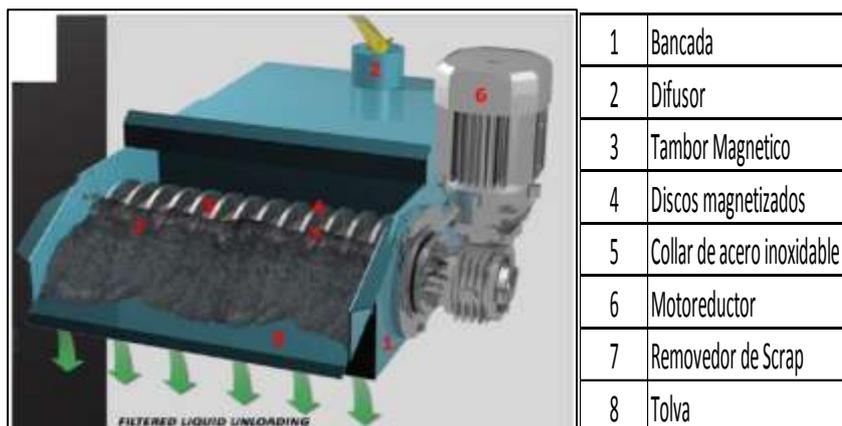


Figura 5 Filtro magnético

Fuente: Separador magnético con filtros [en línea]. [Consultado 04 agosto del 2015]
 Disponible en Internet: http://www.agrfiltritri.it/pdf/AGM_ITA_ENG.pdf

El fluido a ser tratado es transportado por gravedad o presión generada por una bomba de recirculación, ingresa al filtro por el difusor, que es un canal o tubería, y es transportada hacia el tambor magnético deslizándose por la superficie inclinada de la bancada de acero inoxidable.

El motoreductor mantiene girando constantemente el tambor magnético reteniendo las partículas ferrosas y gran parte de las partículas no ferrosas por acción mecánica, estas partículas toman el nombre de lodo, las cuales se acumulan en los discos magnetizados y son retirados por el removedor de scrap que está adherida a la tolva ajustable, la cual transporta el desecho hacia los recipientes de recolección. Este es un sistema simple que tiene ventajas como un bajo consumo de energía, bajo costo de mantenimiento, fácil instalación, fácil operación y es autolimpiable.

Filtro por gravedad de cama baja con papel filtrante: en este sistema la filtración ocurre por gravedad, utilizando un papel especial no tejido, que es capaz de retener

partículas contaminantes metálicas y no metálicas, producidas por diferentes procesos industriales que se encuentren en el fluido lubri-refrigerante.

El grado de filtración que se puede obtener dependerá del tipo de papel utilizado, y de la capa de lodo de que se genere en la misma, el flujo que maneje el sistema determinara el tamaño del colador de gravedad y las dimensiones de la superficie, este es un sistema modular, se puede ir adaptando más filtros a medida que la capacidad vaya aumentando, con una gran eficiencia y flujos grandes utilizado en sistemas individuales o centralizados, se pueden adaptar filtros magnéticos, si el nivel de limpieza que necesita el lubricante al retorno del proceso así lo solicitara.

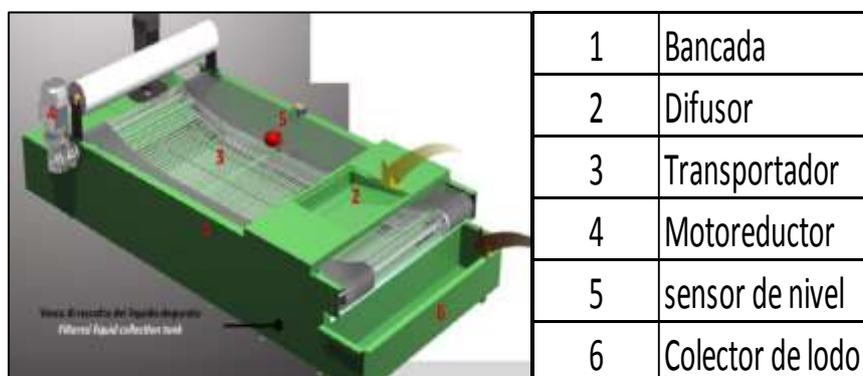


Figura 6 filtro por gravedad de cama baja

**Fuente: filtro por gravedad de cama baja [en línea]. [Consultado 04 agosto del 2015]
 Disponible en Internet: http://www.agrifiltri.it/pdf/C_ITA_ENG.pdf**

El líquido del proceso que será filtrado es transportado por gravedad o presión generada por una bomba de recirculación ingresa al filtro por el difusor, que es un canal o tubería, hacia al tanque de tránsito, hasta ser distribuido en la bolsa de filtrado, que está compuesta por el papel filtrante.

Las partículas contaminantes se depositan en este papel, formando sobre esta una capa de lodo denominada "torta", el espesor de la misma determinada el grado de filtrado que se puede obtener.

Mientras mayor sea el espesor de lodo en la tela, el filtro tendrá un mayor grado de eficiencia, a medida que este espesor crece, se dificulta el paso del fluido a través del mismo, y el nivel en el tanque de transito empieza a subir, una vez que se alcance el límite máximo, el sensor activará el motoreductor haciendo que el transportador se active, colocando tela nueva y enviando el lodo al colector.

Las ventajas de este sistema son: bajo consumo de energía, bajo costo de mantenimiento, fácil instalación, fácil operación y flexibilidad al elegir el grado de filtrado requerido.

Una variante de este sistema es **filtro por gravedad con potencial hidrostático**, este tiene el mismo funcionamiento que el de cama baja, con la diferencia de al tener una mayor altura en el tanque de tránsito utiliza el peso del fluido de entrada para generar una mayor presión sobre el papel de filtro, aumentando considerablemente la eficiencia del sistema, permitiendo para el mismo caudal reducir las dimensiones del filtro obteniendo niveles más altos de limpieza.

Filtro de Tambor con papel filtrante: Especializados en la remoción de partículas metálicas contaminantes que se encuentran suspendidas en líquidos lubri-refrigerantes, producidos por procesos industriales.

A diferencia de otros filtros, este desarrolla su superficie filtrante alrededor de un tambor, permitiendo obtener una mayor área en espacios reducidos, incluso para flujos considerables de líquido a ser filtrado, permitiendo tener sistemas compactos, con dimensiones mucho menores y mejores grados de filtración con un menor consumo de papel filtrante.

Este sistema está equipado con una bomba conectada directamente en la zona de succión en el interior del tambor giratorio, para incrementar el paso a través del papel filtrante, desde el exterior hacia el interior del tambor.

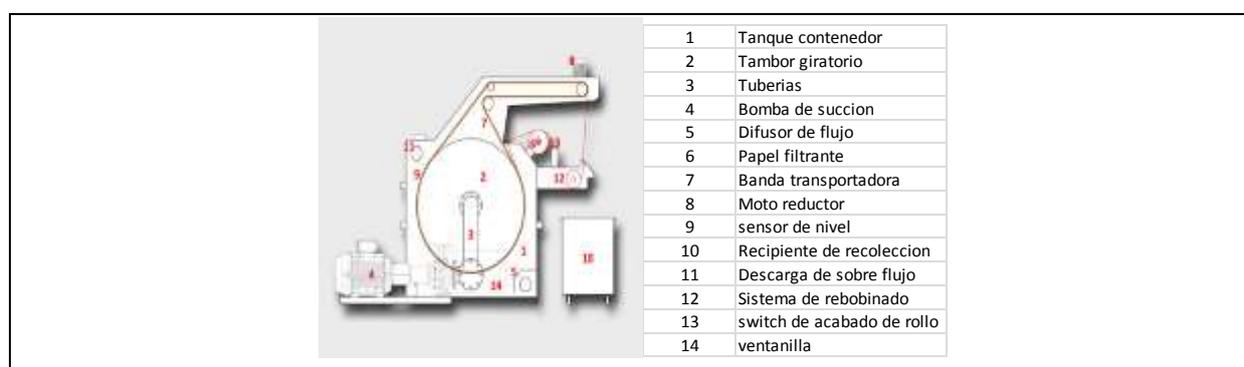


Figura 7 Filtro de tambor

Fuente: Filtro de tambor con papel filtrante [en línea]. [Consultado 10 agosto del 2015]
 Disponible en Internet: http://www.agrifiltri.it/eng/ard_EN.html

El líquido a ser filtrado ingresa por el difusor para evitar turbulencia dentro del tanque contenedor, el fluido sucio empieza a drenar a través del papel filtrante ubicado en la

superficie exterior del tambor giratorio, conteniendo las impurezas metálicas, cuando el papel se satura con impurezas, el líquido deja de pasar hacia el interior del tambor, el sensor de nivel activa al motoreductor y hace girar el rollo de papel, colocando uno limpio y evacuando el usado con lodo, hacia el recipiente de recolección, finalmente el fluido ya limpio en el interior del tambor, es enviado a un tanque colector con ayuda de una bomba.

Filtro de tambor auto-limpiable con micro malla: Este tipo de filtros es utilizado para la limpieza de refrigerantes y líquidos que contienen diferentes tipos de impurezas generadas por procesos de mecanizados de metales, la superficie de este filtro está dado por la circunferencia y el ancho del tambor y el grado de pureza del fluido tratado por la micro malla utilizada, el proceso de filtrado en este tipo de filtros es gracias a la presión, generada por la alta presión hidrostática ejercida permanentemente sobre la micro malla y el tambor, las características de este sistema permite obtener un lodo bastante seco como desecho, lo que facilita la evacuación del mismo, estos son filtros de alta eficiencia, que pueden trabajar solos dando un grado de limpieza alto, o en combinación con filtros magnéticos, si es así requerido, para flujos de 20 a 1600 litros por minuto.

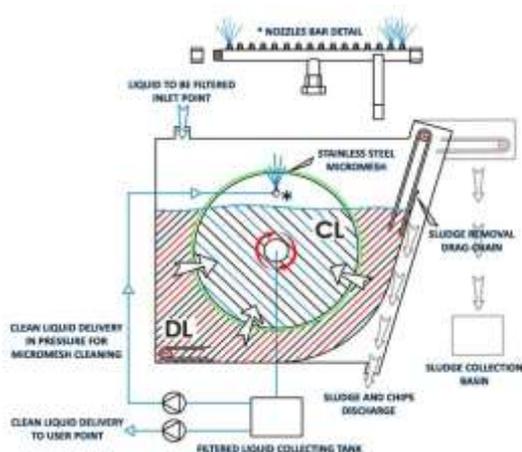


Figura 8 filtro de tambor con micro malla

Fuente: Filtro de tambor con micro malla [en línea]. [Consultado 10 agosto del 2015]
Disponibile en Internet: http://www.agrifiltri.it/eng/au_EN.html

El líquido a ser filtrado es transportado dentro del filtro, este empieza a drenar por la micro malla que está ubicado en el tambor giratorio, depositando las impurezas en su superficie.

Este paso del líquido desde la zona contaminada (exterior del tambor) hacia la zona sin impurezas (interior del tambor), es incrementado por la incorporación al sistema de una bomba en continua operación, conectada en el interior del tambor, lo que generara una succión del líquido desde el exterior hacia el interior

La micro malla alojada en el tambor giratorio, es lavada constantemente desde el interior, para separar las impurezas de la superficie, las partículas contaminantes son colocadas en el fondo del tanque, donde son arrastradas por una cadena hacia el depósito colector de lodos.

SELECCIÓN DE FILTRO

Una vez expuestos los diferentes tipos de filtros comúnmente utilizados para la limpieza del aceite soluble que interviene en la lubricación y refrigeración en procesos de mecanizado y procesamiento de metales, se evaluarán las opciones mediante una matriz de selección en la que se tomarán en cuenta los factores más importantes como: costo del equipo (ceq), costo de mantenimiento (cmtt), costo de operación (cop), grado de filtrado (gf), facilidad de operación (op).

Tabla 11 Ponderación de criterios filtro
Fuente: autor

	ceq	cmtt	cop	gf	op	Suma	factor de ponderación
ceq		5	5	1/5	1	11	0,23
cmtt	1/5		1	1/10	1	2,30	0,05
cop	1/5	1		1/10	1	2,30	0,05
gf	5	10	10		5	30,00	0,61
op	1	1	1	1/5		3	0,07
					Total	49	

Tabla 12 Porcentaje entre opciones por parámetro

Fuente: autor

costo del equipo							
	Magnético	Gravedad	Hidrostático	Tambor/papel	Tambor/malla	suma	%
Magnético		5	5	10	10	30	0,54
Gravedad	1/5		1	5	5	11,20	0,20
Hidrostático	1/5	1		5	5	11,20	0,20
Tambor/papel	1/10	1/5	1/5		1	1,50	0,03
Tambor/malla	1/10	1/5	1/5	1		1,50	0,03
Total					Total	55,40	

costo de mantenimiento							
	Magnético	Gravedad	Hidrostático	Tambor/papel	Tambor/malla	suma	%
Magnético		5	5	5	5	20	0,47
Gravedad	1/5		1	1	5	7,20	0,17
Hidrostático	1/5	1		1	5	7,20	0,17
Tambor/papel	1/5	1	1		5	7,20	0,17
Tambor/malla	1/5	1/5	1/5	1/5		0,80	0,02
Total					Total	42,40	

costo del equipo							
	Magnético	Gravedad	Hidrostático	Tambor/papel	Tambor/malla	suma	%
Magnético		5	5	10	10	30	0,54
Gravedad	1/5		1	5	5	11,20	0,20
Hidrostático	1/5	1		5	5	11,20	0,20
Tambor/papel	1/10	1/5	1/5		1	1,50	0,03
Tambor/malla	1/10	1/5	1/5	1		1,50	0,03
Total					Total	55,40	

grado de filtrado							
	Magnético	Gravedad	Hidrostático	Tambor/papel	Tambor/malla	suma	%
Magnético		1/10	1/10	1/10	1/10	0,4	0,01
Gravedad	10		1	1	1	13,00	0,25
Hidrostático	10	1		1	1	13,00	0,25
Tambor/papel	10	1	1		1	13,00	0,25
Tambor/malla	10	1	1	1		13,00	0,25
Total					Total	52,40	

Operación							
	Magnético	Gravedad	Hidrostático	Tambor/papel	Tambor/malla	suma	%
Magnético		5	5	10	10	30	0,54
Gravedad	1/5		1	5	5	11,20	0,20
Hidrostático	1/5	1		5	5	11,20	0,20
Tambor/papel	1/10	1/5	1/5		1	1,50	0,03
Tambor/malla	1/10	1/5	1/5	1		1,50	0,03
Total					Total	55,40	

Tabla 13 Matriz de selección filtro

Fuente: autor

	ceq		cmtt		cop		gf		op		Puntaje
	Fp	%	Fp	%	Fp	%	Fp	%	Fp	%	
magnético	0,23	0,54	0,05	0,47	0,05	0,54	0,61	0,01	0,07	0,54	0,2186
	0,1242		0,0235		0,0270		0,0061		0,0378		
gravedad	0,23	0,20	0,05	0,17	0,05	0,20	0,61	0,25	0,07	0,20	0,2310
	0,0460		0,0085		0,0100		0,1525		0,0140		
hidrostático	0,23	0,20	0,05	0,17	0,05	0,20	0,61	0,25	0,07	0,20	0,2310
	0,0460		0,0085		0,0100		0,1525		0,0140		
tambor/papel	0,23	0,03	0,05	0,17	0,05	0,20	0,61	0,25	0,07	0,20	0,1919
	0,0069		0,0085		0,0100		0,1525		0,0140		
tambor/malla	0,23	0,03	0,05	0,02	0,05	0,20	0,61	0,25	0,07	0,20	0,1844
	0,0069		0,0010		0,0100		0,1525		0,0140		

Los parámetros de funcionamiento del sistema deben ser tomados en cuenta para la selección del filtro y estos son: flujo de trabajo, viscosidad del fluido, temperatura de trabajo, grado de filtrado requerido.

Flujo de trabajo o Caudal: es la cantidad de fluido que se mueve en un tiempo determinado, para el caso está dado por los requerimientos del fabricante de las tuberías, las cuales se muestran en la tabla 6, se muestra un flujo necesario de 3000 litros por minutos, se considera una capacidad adicional para un crecimiento futuro, equivalente a dos máquinas que requieran 500 litros por minuto, dejando un caudal total de trabajo de 4000 litros por minuto.

Viscosidad del fluido: La viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir, en el caso del aceite soluble la viscosidad según la ficha técnica del producto está entre 20 y 40 Cst a una temperatura de 25 °C, pero como ya se mencionó antes el fluido de trabajo es una mezcla entre el aceite soluble y agua, con una proporción de 5% y 95% respectivamente, por lo que fue necesario realizar mediciones con un viscosímetro donde arrojo un resultado promedio de 10 Cst.

Temperatura de trabajo: la temperatura de trabajo del sistema será aproximadamente la de salida del aceite soluble del sistema, como se muestra en la tabla 7 la mayor temperatura que se registro es 36 °C, y será con esta con la que se trabajará.

Grado de filtrado: este grado se refiere al tamaño de las partículas hasta donde restringirá el paso el filtro, para este caso se requiere según requerimientos de los fabricantes de las máquinas conformadoras de tubos un grado de 30 micras.

Una vez conocidas estos parámetros requeridos para el filtrado del aceite soluble, podremos analizar los resultados en la matriz de selección, como se puede ver en la matriz, el filtro con mejor calificación son los filtros de gravedad e hidrostático, estos tienen un funcionamiento muy similar, el filtro hidrostático logra alcanzar mayores grados de filtrado, utilizando menos espacio, y a costos muy similares, manejando flujos hasta 4000 litros por minuto, y seleccionando el papel filtrante adecuado, cumplen con el grado de filtrado requerido en el sistema, adicional se puede observar que los filtros magnéticos son los que tienen la segunda mejor calificación, pero estos filtros no pueden manejar el caudal del sistema, por lo que podrían ser incluidos como pre-filtros.

Alternativa Seleccionada: Una vez analizadas las opciones, comparándolas entre ellas y contrastándolas con lo que necesita el proceso de producción de tuberías con costura, se seleccionó el sistema hidrostático de filtración con pre filtros magnéticos. Seleccionado el filtro, se buscó alternativas en el mercado, este tipo de filtros no se comercializan a nivel local, para la capacidad requerida, por lo que se buscó en el exterior encontrando una empresa italiana AGR-FILTRI, que ofreció una alternativa que cumple con lo solicitado.

Este sistema consta con el sistema hidrostático de filtrado, 4 separadores magnéticos, una banda transportadora de lodo para los separadores magnéticos, rollos de papel filtrante y varios sensores, en el **Plano 4** se puede observar el sistema donde se señalan sus componentes, este al ser un sistema de procedencia europea sus accesorios serán DIN, por lo que se solicitó que todos las entradas y salidas vengan con sus respectivas bridas y contra bridas para poder realizar la conexión sin inconvenientes.

La entrada al filtro es de 10" y su descarga de 14", tiene una válvula de sobre flujo, la cual debe llegar al tanque de almacenamiento, en caso de que se sature el tanque de tránsito del filtro.

2.4 SISTEMA DE BOMBEO

2.4.1 Diseño de sistema de recolección de canaletas abiertas

Para el diseño de las canaletas se debe definir ciertos parámetros, el caudal que manejara cada una, dependerá de la máquina de la cual vaya a recoger el aceite contaminado, el fluido es el mismo y la temperatura en promedio será de 36 °C, la canaleta será rectangular y construida de hormigón, con una pendiente de 1% lo que es recomendable en este tipo de sistemas de recolección por gravedad.

Para definir las dimensiones de la canaleta se utilizara la fórmula de Chézy y la correlación de Manning de la rugosidad que dicta:

$$Q = v_0 A = \frac{\alpha}{n} A R_h^{2/3} S_o^{1/2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

α = factor de conversión (1 si se trabaja en SI, 1.486 unidades BG)

n = factor de rugosidad de Manning

A = área

R_h = Radio hidráulico

S_o = pendiente del canal

Para la Tubera 2, que tiene un caudal de $Q= 500$ l/min se calcula las dimensiones óptimas, para un canal rectangular $b=2y$, donde indica que el fondo del canal debe ser dos veces la altura del mismo, primero se calculara el radio hidráulico que es área sobre el perímetro mojado.

$$R_h = \frac{by}{b+2y} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\text{Si } b = 2y \quad R_h = \frac{2y^2}{4y} \quad R_h = \frac{y}{2} \quad \text{y } A=by=2y^2$$

La pendiente es el 1% por lo tanto $S_o = 0.01$ y $\alpha = 1$ ya que se usara medidas del sistema internacional.

El único parámetro pendiente sera el coeficiente de rugosidad de Manning, n , el cual lo obtendremos de una tabla de valores experimentales.

Tabla 14 Coeficiente de rugosidad de Manning
Fuente: mecánica de fluidos; Frank M. White

Material	n	Rugosidad k mm
Canales artificiales:		
Vidrio	0,010 ± 0,002	0,3
Latón	0,011 ± 0,002	0,6
Acero, liso	0,012 ± 0,002	1,0
Acero, pintado	0,014 ± 0,003	2,4
Acero, ribeteado	0,015 ± 0,002	3,7
Hierro fundido	0,013 ± 0,003	1,6
Cemento, pulido	0,012 ± 0,002	1,0
Cemento no pulido	0,014 ± 0,002	2,4
Madera cepillada	0,012 ± 0,002	1,0
Teja de arcilla	0,014 ± 0,003	2,4
Enladrillado	0,015 ± 0,002	3,7
Asfáltico	0,016 ± 0,003	5,4
Metal ondulado	0,022 ± 0,005	37
Marpostrería de cascotes	0,025 ± 0,005	80
Canales excavados en tierra:		
Limpio	0,022 ± 0,004	37
Con guijarros	0,025 ± 0,005	80
Con maleza	0,030 ± 0,005	240
Pedregoso, cantos rodados	0,035 ± 0,010	500
Canales naturales:		
Limpios y rectos	0,030 ± 0,005	240
Amplios, aljibes profundos	0,040 ± 0,010	900
Grandes ríos	0,035 ± 0,010	500
Zona inundadas:		
Terrenos de pastos, labranza	0,035 ± 0,010	500
Poca maleza	0,050 ± 0,020	2000
Mucha maleza	0,075 ± 0,025	5000
Arboles	0,150 ± 0,050	¿

Para el hormigón no pulido el coeficiente de Manning sera $n=0.014$, y el caudal $Q=500$ l/min se transforma a medidas del sistema internacional, dando como resultado $Q= 0.0083\frac{m^3}{s}$, ya con todos los datos, se obtuvo el siguiente resultado:

$$0.0083 \frac{m^3}{s} = \frac{1}{0.014} 2y^2 \frac{y^{2/3}}{2} 0.01^{1/2}$$

$$y = 0,12 \text{ m} \quad b = 0.24\text{m}$$

Se realizará el mismo cálculo para las demás tuberías, donde los parámetros serán los mismos, el único que valor que cambia será el caudal.

Tubera 3

$$Q=1000 \text{ l/min} = 0.0166 \frac{m^3}{s}$$

$$Y = 0.15 \text{ m}$$

$$B = 0.30 \text{ m}$$

Tubera 4

$$Q=500 \text{ l/min} = 0.0083 \frac{m^3}{s}$$

$$Y = 0.12 \text{ m}$$

$$B = 0.24 \text{ m}$$

Tubera 5

$$Q=700 \text{ l/min} = 0.0116 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Y= 0.135 \text{ m}$$

$$B= 0.27 \text{ m}$$

Perfiladora 1

$$Q=150 \text{ l/min} = 0.0025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Y= 0.085 \text{ m}$$

$$B= 0.17 \text{ m}$$

Perfiladora 2

$$Q=150 \text{ l/min} = 0.0025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Y= 0.085 \text{ m}$$

$$B= 0.17 \text{ m}$$

Es importante también conocer las dimensiones que debe tener la canaleta que recolectará el flujo de todas las máquinas y lo transportará hasta su respectivo Pit.

Canaleta recolectora

$$Q=2000 \text{ l/min} = 0.033 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Y= 0.185 \text{ m}$$

$$H= 0.30 \text{ m}$$

Una vez calculado el ancho y altura recomendados, se analizará las limitantes constructivas de las mismas, con respecto al ancho, no habrá ningún inconveniente, se cumplirá con esta medida para el requerimiento de cada máquina, pero en el tema de la altura, al tener que mantener el nivel de piso constante (+8,10m) ya que es importante para la seguridad de los trabajadores, se debe implementar la pendiente en el fondo de las canaletas, lo que obligara empezar con una altura mínima en los puntos más alejados e ir incrementando la profundidad en los puntos más cercanos a los pits de recolección, manteniendo la pendiente mínima de 1%.

En el plano 5 se muestra la distribución de las canaletas, con sus respectivos niveles de profundidad, tomar en cuenta que el nivel de piso es +8,10.

La altura mínima del canal será de 10cms en las zonas más alejadas, en las cuales coincide que son las zonas donde menos recolección de aceite sucio habrá, debido a la poca y nada lubricación en estas zonas (acumulador y empaquetadoras).

2.4.2 Selección de tuberías

El diámetro de la tubería dependerá del caudal de fluido que maneja el sistema, en este caso debe haber tubería que transporte el aceite soluble sucio desde los pits de recolección hacia el filtro, y otra tubería que transporte el aceite limpio desde el tanque de almacenamiento hacia los colectores, que se encargarán de distribuir el aceite a cada máquina.

En la tubería de transporte de aceite sucio al filtro, existen dos secciones, la primera transporta todo el fluido con impurezas desde el PIT#2 (2000litros/min), hasta el punto donde se encuentra con el flujo que llega del PIT#1 (2000 litros/min), en este punto el flujo que maneja el sistema es de 4000 litros/min.

Tomando en cuenta que la temperatura del fluido no será mayor a 40 °C la norma ASME B31.3 para tuberías de proceso, recomienda utilizar como material acero al carbono, en este caso se utilizaran tuberías cedula 40, utilizando tablas de pérdidas por fricción que se encuentra en el Anexo 2, donde para un el tramo donde se maneja un flujo de 2000 litros por minuto, es recomendable tubería de 8in, el índice de pérdidas por fricción es de 6.43 que está dentro de un rango recomendable, en el tramo en el que se maneja una tubería de 4000 litros por minuto, se tiene la referencia de que el filtro seleccionado tiene una entrada de 10in, por lo se revisó el factor de pérdidas por fricción para este diámetro y este caudal, el valor dado en la tabla es 0.6, por lo que es conveniente usar este diámetro de tubería.

Estos diámetros se han seleccionado en base a los caudales principales que maneja el sistema, en tramos donde se necesite distribuir el flujo se calculara el diámetro en base a la ecuación de la continuidad $Q=AV$.

2.4.3 Tanques de almacenamiento

Pits de aceite sucio: Como se propuso en el diseño de forma, habrán dos tanques de aceite sucio, que recolectarán el fluido contaminado de las maquinas, en el plano 3 se puede ver la ubicación de los mismos, el PIT#1 recolectara el fluido de la tubera

3 (1000 l/min) y tendrá la capacidad disponible para dos máquinas nuevas que serán instaladas a futuro, cada una con un requerimiento de 500 l/min dando un total de 2000 l/min, y en el PIT#2 se recolectara el aceite soluble de la tubera 5 (700 l/min), la tubera 4 (500 l/min), tubera 2 (500 l/min), la perfiladora 1 (150 l/min) y la perfiladora 2 (150 l/min), dando un total de (2000 l/min), por lo que los dos tanques serán de la misma capacidad, contendrán el mismo fluido bajo las mismas condiciones.

Para el cálculo del volumen útil de los tanques de bombeo, es necesario conocer el caudal de diseño y la frecuencia de arranque de las bombas, el caudal es conocido para los dos tanques, y la frecuencia de arranque de las bombas aun no es conocida, pero por recomendación de diferentes fabricantes se conoce que el rango máximo de arranques por hora de una bomba centrífuga es 6, ya que más de esto ocasionara desgaste en las piezas y deterioro de los componentes, generando mayores gastos de mantenimiento, para el efecto de cálculo se seleccionara 3 arranques por hora, utilizando la fórmula de volumen útil en pozos de bombeo obtenemos que:

$$V_{util} = 0.9 \frac{Q}{Z} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$V_{util} = 0.9 \frac{33.33 \frac{l}{s}}{3} \quad v_{util} = 10m^3$$

En el plano 6 se encuentra el diseño de los pits de recolección, donde las dimensiones se dieron en base al volumen calculado y con la limitante de que el tanque debe ser enterrado, el nivel freático en el terreno es alto, por lo que la máxima profundidad es 3 metros, y se debe dejar fuera del volumen útil, un espacio de 1 metro para que ingrese la canaleta de recolección de las maquinas.

Tanque de almacenamiento de aceite Limpio: El dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aceite limpio, será determinado por especificaciones del diseñador del filtro seleccionado, ya que este para su mejor funcionamiento debe tener una altura optima, y cumplir con espacio mínimo para la ubicación y operación del mismo sobre el tanque.

En el plano 7 se puede observar el diseño del tanque recomendado por el fabricante del filtro, este tiene un volumen de 90 metros cúbicos, se calculara el volumen útil para comprobar que cumpla con este requisito mínimo de operación.

$$V_{util} = 0.9 \frac{Q}{Z} \quad V_{util} = 0.9 \frac{66.66 \frac{l}{s}}{3} \quad v_{util} = 20m^3$$

El volumen útil es de 20 metros cúbicos, por lo que el tanque recomendado para el filtro cumple este parámetro.

2.4.4 Sistema de enfriamiento

Para conseguir la temperatura óptima del aceite soluble, se propone utilizar un intercambiador de calor a contraflujo, entre el refrigerante y agua. Donde el agua utilizada será enfriada por una torre de enfriamiento.

La transferencia de calor entre al aceite soluble y el agua será la suma de la transferencia generada por conducción, convección y radiación, en este caso, la cantidad de calor por conducción y radiación será despreciable en comparación al de convección; por lo tanto:

$$Q_{as} = \dot{m}_{as} C_p a_s (T_{sal} - T_{ent}) \quad \text{Ecuación 4}$$

Los datos son conocidos, algunos por las necesidades ya planteadas del proceso de producción y otras características del fluido refrigerante y son proporcionados por el fabricante del mismo, se los lista en el siguiente cuadro:

Tabla 15 características del aceite soluble
Fuente: Registro Novacero

\dot{m} aceite soluble	4000 l/min
Cp aceite soluble	4066.06 J/Kg °C
Tsal	28 °C
Tent	36 °C
T bulbo humedo	26 °C
Densidad aceite soluble	991.54 Kg/m ³

Los valores presentados para el aceite soluble, serán los de la mezcla obtenida entre el refrigerante y agua, en la proporción recomendada por el proveedor (95% agua, 5% aceite soluble).

Es por el porcentaje de proporción en la mezcla, que los valores del fluido son mucho más cercanos a los del agua, que a los que podemos ver en la ficha técnica del refrigerante distribuido por la empresa Proquilar.

Se calcula el flujo másico mediante la siguiente expresión.

$$\dot{m} = \dot{q}\rho \quad \text{Ecuación 5}$$

Se transforma el valor del caudal a Kg/s (0.0666 m³/s), y con este dato se obtiene el flujo másico.

$$\dot{m} = 66.03 \text{ Kg/s}$$

Ya con todos los datos se calcula el valor de calor que debe disipar el intercambiador del aceite soluble para reducir su temperatura a la deseada.

$$Q_{as} = (66.03 \text{ kg/s}) \left(4066.06 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (28^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C})$$
$$Q_{as} = 2'147,855.34 \text{ W} \quad Q_{as} = 2,147.85 \text{ KW}$$

Para obtener el calor que debe disipar la torre de enfriamiento del agua, se necesita conocer el rendimiento de las mismas, de catálogos de fabricantes, se obtiene que en promedio la eficiencia de las torres de enfriamiento es el 90%, por lo que:

$$Q_{as} = nQ_{agua} \quad \text{Ecuación 6}$$
$$Q_{agua} = (2,147.85 \text{ KW})/0.9 \quad Q_{agua} = 2,386.5 \text{ KW}$$

Con estos valores se procederá a la selección de los equipos de enfriamiento, se tomaron en cuenta dos aspectos fundamentales, el primero es que el sistema sea compacto y el segundo es que sea modular, ya que en la mayoría de los casos todos los equipos no estarán funcionando al mismo tiempo.

Por las razones antes mencionadas se seleccionó 3 torres de enfriamiento a circuito cerrado marca S.I.M. modelo RAX 126/17 CO con una potencia a enfriar de 670 KW con un margen de seguridad de 15 KW, cada torre generara una pérdida de presión de 15 KPa.

El aceite soluble ingresa a la torre y circula a través de dos serpentines hechos con tubería de acero galvanizado, diámetro 1 pulgada y espesor 1.5 mm, estos serán rociados externamente y de forma continua por un caudal de agua movido por una bomba en circuito abierto, produciéndose la evaporación de parte de esta mediante el contacto que mantiene, a contracorriente, con el aire inducido por los ventiladores axiales, en el anexo 5 y 6 se encuentra el plano de la torre y serpentín entregado por el fabricante.

2.4.5 Selección de bombas de recolección de aceite sucio

Para la selección de la bomba a utilizar, será necesario calcular la potencia del motor necesaria para transportar el aceite soluble desde el pit más lejano hacia el filtro de aceite soluble, en el plano 8 podemos ver el esquema isométrico de este recorrido, y se marcan las dimensiones, hasta el punto más lejano, para lo cual se utilizará la fórmula:

$$P_{teorica} = H_b \rho g Q_t \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

H_b = altura dinámica (carga de la bomba)

ρ = densidad del fluido

g = gravedad

Q_t = Caudal de trabajo

Considerando que estos valores son ideales, y para este tipo de casos se trabaja con eficiencias (%) conocidas por experiencia la fórmula para la potencia real será:

$$P_{real} = \frac{P_{teorica}}{\%} \quad \text{Ecuación 8}$$

Para poder calcular la potencia de la bomba, será necesario calcular la altura dinámica, los demás datos son conocidos, el caudal de trabajo en este caso será el caudal manejado en el punto más lejano (4000 l/min).

$$Q_t = 4000 \text{ lts/min} \quad Q_t = 0.066 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para el cálculo de la carga de las bombas se utilizará la ecuación de Bernoulli que dicta lo siguiente:

$$H_b = h_{f_{total}} + \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

$h_{f_{total}}$ = pérdida total en la tubería

P_2 = Presión a la salida de la tubería (tranque transitorio del filtro) = 0 psi

v_2 = velocidad del flujo a la salida de la tubería

z_2 = altura a la salida de la tubería con respecto a la bomba = 8.23 m

P_1 = Presión al nivel de succión de la bomba = 0 psi

v_1 = velocidad del fluido en el Pit#2 = 0 m/s

z_1 = altura de la toma del fluido con respecto a la bomba = 0 m

ρ = densidad del fluido

g = gravedad

En esta fórmula, los únicos datos desconocidos son la velocidad en el punto más lejano de la bomba (entrada al tanque transitorio del filtro) y la pérdida total en la tubería.

La velocidad a la salida de la tubería en el punto más lejano de la tubería se calculará con la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot V_2 \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

Q= caudal a la salida de la tubería en el punto 2

A= área interna de la tubería (diámetro de la tubería =10in).

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi \phi^2}{4}} = \frac{0.066 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi 0.254^2}{4}} = 1.3 \text{ m/s}$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del fluido por la tubería, se utilizará la siguiente fórmula:

$$h_{f\text{total}} = \frac{(f x L_{eq} x v_2^2)}{2\phi g} \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

f = Coeficiente de fricción

L_{eq} = Longitud equivalente (m)

ϕ = diámetro interior de la tubería (m)

v_2 = velocidad del flujo a la salida de la tubería

g = gravedad

Para poder determinar las pérdidas totales en la tubería se deberá encontrar el coeficiente de fricción y la longitud equivalente de los accesorios en la tubería.

Para poder determinar el coeficiente de fricción (f) se necesitará conocer primero, el número de Reynolds (NRe) y la rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

$$N_{Re} = \frac{\phi v_2 \rho}{\mu}$$

Ecuación 12

Dónde:

ϕ = diámetro interior de la tubería (m)

v_2 = velocidad del flujo a la salida de la tubería

ρ = densidad del fluido

μ = Viscosidad del fluido

El fluido con el que se está trabajando es una mezcla entre 95% agua y 5% aceite soluble Cut fluid Eco, para poder obtener las propiedades del mismo, se hicieron pruebas donde se midió la densidad y la viscosidad del fluido a la temperatura de salida de las maquinas (36 °C), dando como resultado una densidad de $\rho = 991.54 \text{ kg/m}^3$ y una viscosidad dinámica de $\mu = 0.0024 \text{ cp}$.

$$N_{Re} = \frac{(0.254 \text{ m}) \times (1.3 \text{ m/s}) \times 991.54 \text{ kg/m}^3}{0.0024 \text{ cp}}$$

$$N_{Re} = 1,36 \times 10^5$$

La rugosidad relativa, se determina utilizando el valor recomendado de rugosidad para conductos comerciales.

Tabla 16 Rugosidad para conductos comerciales
Fuente: Registro Novacero

MATERIAL	Rugosidad absoluta, e (m)
Vidrio plástico	Suavidad
Cobre , latón, plomo, (tubería)	$1,5 \times 10^{-6}$
Hierro fundido sin revestir	$2,4 \times 10^{-4}$
Hierro fundido: revestido de asfalto	$1,2 \times 10^{-4}$
Acero comercial o acero soldado	$4,6 \times 10^{-5}$
Hierro forjado	$4,6 \times 10^{-5}$
Acero remachado	$1,8 \times 10^{-3}$

Para el acero es de 0.0046 mm por lo tanto:

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.046 \text{ mm}}{254 \text{ mm}} = 0.00018$$

Este valor puede ser comprobado en el diagrama de rugosidad relativa en función del diámetro para tubos comerciales que se encuentra en el Anexo 3.

Con los datos obtenidos de rugosidad relativa y número de Reynolds, se obtiene mediante el diagrama de Moody (anexo 4) el coeficiente de fricción.

$$f = 0.017$$

Para completar los datos necesarios para calcular la pérdida total en las tuberías, se necesita conocer la longitud equivalente de la misma, que es la suma de longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que existen en el recorrido.

$$L_{eq} = L + L_{eq\ acc}$$

La longitud total de la tubería será 197 metros, y la cantidad de accesorios existentes en el recorrido y sus longitudes equivalentes serán las siguientes:

Tabla 17 Perdida por accesorios en tubería de recolección de aceite sucio
Fuente: Autor

Accesorio	Cantidad	Leq (ft)	Leq total (ft)
Codo de 8"	4	21	84
Codo de 10"	4	24	96
Valvula de globo 4"	1	120	120
Valvula de globo 10"	1	280	280
Total			580

Con estos datos la longitud equivalente será igual a:

$$L_{eq} = 197 + 176.78 = 373.784m$$

Con estos datos se determinará la pérdida total en la tubería.

$$h_{f\ total} = \frac{(0.017 \times 373.784m \times (1.3\ m/s)^2)}{2(0.254m)9.8m/s^2} = 2.16\ m$$

Ahora se determinará la carga de la bomba:

$$H_b = 2.16m + \left(\frac{1.3^2}{2 \times 9.8} + 8.23 \right)$$

$$H_b = 10.47\ m \quad H_b = 14.90\ psi$$

Ahora se procede con el cálculo de la potencia teórica:

$$P_{teorica} = 10.47m \times 991.54 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.066 \frac{m^3}{s}$$

$$P_{teorica} = 6714.70 W \quad P_{teorica} = 9.01 Hp$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 60%, la potencia real del motor será:

$$P_{real} = \frac{9.01 Hp}{0.6}$$

$$P_{real} = 15 Hp$$

Con la información calculada, se buscó una bomba apropiada para el sistema, eligiendo la XYLEM flyght 3171, esta bomba sumergible, es especializada en trasladar flujos con partículas o impurezas, aspecto importante en la selección, ya que, aunque el fluido a manejar no es excesivamente viscoso, llevara una gran cantidad de desechos y partículas metálicas.

Se colocaran 2 bombas en cada pit de recolección, una que estará funcionando constantemente y una de back-up, y alternarán su funcionamiento periódicamente.

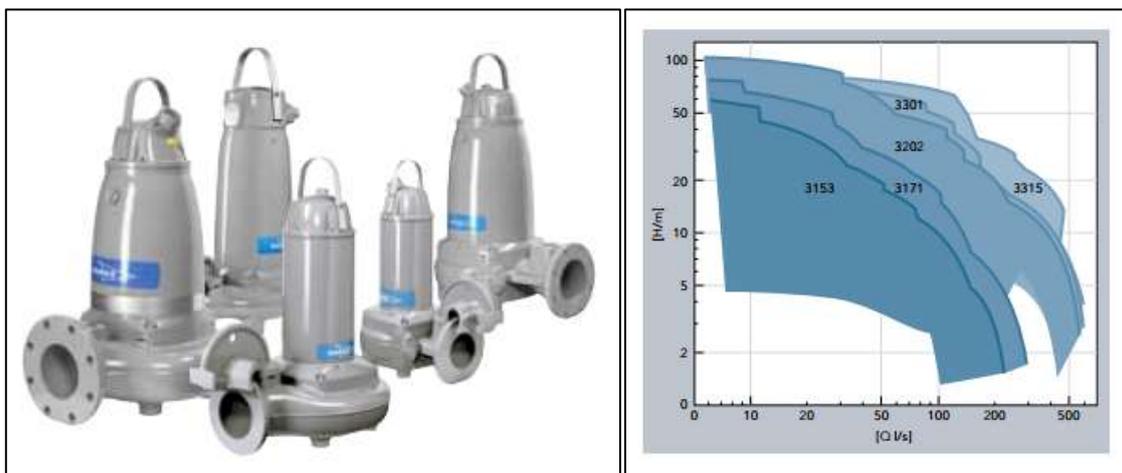


Figura 9 Bomba XYLEM flyght 3171

Fuente: Bomba XYLEM flyght3171 [en línea]. [Consultado 30 agosto del 2015]

Disponible en Internet: <http://www.flygt.com/en-us/Pages/Flygt.aspx>

2.4.6 Selección de bombas de distribución de aceite limpio

Para realizar la selección de las bombas de distribución de aceite limpio se seguirá el mismo procedimiento anterior, con la diferencia de que en este caso habrá que

tomar algunas alternativas de recorrido, ya que, el punto más lejano no será necesariamente el más crítico, debido a que en varios puntos se manejan caudales diferentes.

En el plano 9 se observa el plano Isométrico de las tuberías involucradas en la distribución de aceite limpio, para este trabajo se tomara los puntos de alimentación a las maquinas más críticos.

Es importante considerar que en cada punto de alimentación de las máquinas, es necesario llegar con una presión mínima de 15 psi (103.425KPa) y en este trayecto estarán ubicadas 3 torres cerradas de enfriamiento, las cuales tienen un serpentín de tuberías metálicas, que generaran una pérdida de presión aproximada de 15 KPa, dato entregado por el fabricante de la torre, y confirmado mediante la medición con manómetros a la entrada y salida de las mismas.

Caso 1

Alimentación a tubera más alejado de la bomba (Perfiladora 1)

$$H_b = h_{ftotal} + \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) + \frac{3P_{torres}}{\rho g}$$

Dónde:

h_{ftotal} = pérdida total en la tubería

P_2 = Presión en la alimentación a la perfiladora 1 = 15 psi=103.89 KPa

P_{torres} = Perdida de presión en torre de enfriamiento = 15 KPa

v_2 = velocidad del flujo a la salida de la tubería

z_2 = altura a la salida de la tubería con respecto a la bomba = 1.20 m

P_1 = Presión al nivel de succión de la bomba = 0 psi

v_1 = velocidad del fluido en el tanque de almacenamiento de aceite limpio= 0 m/s

z_1 = altura de la toma del fluido con respecto a la bomba = 0 m

ρ = densidad del fluido

g = gravedad

$$Qt = 150l/min \quad Qt = 0.0025 \frac{m^3}{s}$$

Se calcula la velocidad en el punto 2:

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi \phi^2}{4}} = \frac{0.0025 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi 0.062^2}{4}} = 0.82 \text{ m/s}$$

Ahora se calcula el número de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{(0.062 \text{ m}) \times (0.82 \text{ m/s}) \times 991.54 \text{ kg/m}^3}{0.0024 \text{ cp}}$$

$$N_{Re} = 2.1 \times 10^4$$

Rugosidad relativa:

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.046 \text{ mm}}{62 \text{ mm}} = 0.00074$$

Con estos datos, utilizando el diagrama de Moody, determinamos el coeficiente de fricción:

$$f = 0.027$$

Se procede a calcular la longitud equivalente:

$$L_{eq} = L + L_{eq \text{ acc}}$$

La longitud total de la tubería será 370.39 metros, y la cantidad de accesorios existentes en el recorrido y sus longitudes equivalentes serán las siguientes:

Tabla 18 Pérdida por accesorios en tubería de distribución de aceite limpio
Fuente: Autor

Accesorio	Cantidad	Leq (ft)	Leq total (ft)
Codo de 2 1/2"	11	6	66
valvula de bola de 2 1/2"	2	30	60
Codo de 8"	3	21	63
Valvula de globo 8"	1	230	230
Valvula de globo 10"	1	280	280
Codo de 10"	11	24	264
Total			699

$$L_{eq} = 370.39 + 213.05 = 583.44 \text{ mts}$$

Con estos datos se determinara la pérdida total en la tubería.

$$h_{f_{total}} = \frac{(0.027 \times 583.44 \text{ m} \times (0.82 \text{ m/s})^2)}{2(0.062 \text{ m})9.8 \text{ m/s}^2} = 10.63 \text{ mts}$$

$$H_b = 10.63 + \left(\frac{103350 \text{ Pa}}{(991.54)(9.8)} + \frac{0.82^2}{2(9.8)} + 1.2 \right) + \frac{3(15000)}{(991.54)(9.8)}$$

$$H_b = 25.92 \text{ m} \quad H_b = 36.86 \text{ psi}$$

A continuación se muestra una tabla con los valores de los tramos más críticos.

Tabla 19 Perdida total en la tubería en tramos críticos
Fuente: Autor

Alimentacion	Recorrido (m)	caudal (m3/s)	V2 (m/s)	f	Hb (m)
Perfiladora 1	370.39	0.0025	0.82	0.027	25.92
Tubera 3	227.09	0.0166	1.29	0.021	23.86
Tubera 5	327.89	0.0116	1.13	0.022	24.55

Una vez analizados los 3 casos más críticos, se muestra que el punto más lejano en este caso será el que tenga una mayor pérdida total, por lo que se procederá al cálculo de la potencia de la bomba.

$$P_{teorica} = 25.92 \text{ m} \times 991.54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.066 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P_{teorica} = 16623.22 \text{ W} \quad P_{teorica} = 22.31 \text{ Hp}$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 60%, la potencia real del motor sería:

$$P_{real} = \frac{22.31 \text{ Hp}}{0.6}$$

$$P_{real} = 37.18 \text{ Hp}$$

Se seleccionó la bomba centrífuga XYLEM Lowara 92SV3/2AG3706T, esta bomba tiene una potencia de 50 Hp, por lo que tendrá una reserva considerable, en caso de que hayan crecimientos futuros, se colocarán tres bombas en paralelo en la parte baja del tanque de recolección, dos de estas bombas estarán trabajando constantemente, encargándose de mantener siempre la presión necesaria para alimentar las maquinas, la otra estará de back-up, aunque con los cálculos realizados, con una bomba (y una de back-up) hubiese sido suficiente, se decidió colocar una tercera, ya que es importante que las maquinas estén todo el tiempo provistas de aceite soluble, la falta del mismo en el proceso de producción podría ocasionar serios daños en las máquinas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de costos

El presente análisis se realizará en base a la compra, instalación, y puesta en marcha de los equipos y sus elementos adicionales necesarios para la provisión de aceite limpio y refrigerado al proceso de conformado, para esto se dividirán en 3 rubros principales: equipos, materiales y mano de obra de los diferentes trabajos a realizarse. En el anexo 7, se encontrará el resumen de todos los costos involucrados en la realización de este proyecto. Todos los trabajos serán realizados por contratistas externos a la empresa

El costo total del proyecto será de \$979,650.00, el mismo que será financiado por un préstamo a una institución bancaria con un interés anual del 7%, para definir si este es viable o no, es necesario evaluar los costos que se reducirán y el beneficio económico que se obtendrá una vez implementado el mismo.

El primer costo que se verá influenciado por la presencia de un sistema más eficiente de lubricación y refrigeración de aceite soluble, es la cantidad de fluido utilizado, en la actualidad es necesario cambiar la mezcla cada 3 meses, el nuevo sistema garantiza aumentar el tiempo de uso del mismo a por lo menos 6 meses, se utilizan 30 canecas de 55 galones para realizar la mezcla de aceite requerida, a un precio de 750 dólares cada una, representa un gasto de \$90,000.00 anual que será reducido a la mitad, es decir un ahorro de \$45,000.00/año.

Otro factor que se verá beneficiado, es el rendimiento de las máquinas. Como se mencionó al inicio de este trabajo, uno de los objetivos era lograr un correcto enfriamiento del lubricante y que de esta manera permita aumentar la velocidad de las máquinas, con el sistema anterior, las máquinas trabajaban al 60% de su capacidad, aunque aún no se ha puesto el sistema completamente en marcha, las pruebas muestran rendimientos de hasta el 80% en ciertos casos, pero manteniendo un promedio de 75% de la velocidad nominal de la máquina, lo que significará un gran incremento en la producción, con el anterior sistema se producían en promedio 1000 Toneladas de tuberías al mes, con el incremento en el rendimiento de las

maquinas se conseguirán 1150 Toneladas al mes, con un margen de utilidad de \$0.03 por Kilo representa un incremento en las ganancias de la empresa de \$30,000.00 al mes, si lo multiplicamos por doce meses son \$360,000.00/año.

Con estos valores se puede calcular que al 3er año de funcionamiento del sistema, el proyecto ya estaría pagado, generando réditos económicos a la empresa a futuro.

3.2 Análisis de Resultados

Con este trabajo se logró conseguir los objetivos planteados, se diseñó un sistema eficiente e independiente que recolecta el aceite contaminado producto del proceso de conformado de tuberías, lo limpia, enfría y regresa en condiciones óptimas de trabajo, mejorando de esta manera la calidad de los productos, el rendimiento de las maquinas, reduciendo desechos nocivos para el ambiente y manteniendo un área segura para el trabajador.

El sistema de filtrado seleccionado fue un filtro hidrostático que funciona con un papel filtrante de alta eficiencia en conjunto con 4 pre filtros magnéticos, que garantiza la limpieza del aceite soluble, mejorando la calidad de los productos, y generando desechos mucho más manejables y en menor cantidad, a diferencia del sistema anterior en que se generaban lodos que debían ser almacenados en tanques, hasta realizar la contratación de un gestor de desechos que los trate, actualmente el residuo obtenido de este proceso es casi seco, lo que facilita en gran medida su almacenamiento y transportación, igual este debe ser tratado por un gestor, pero se ha reducido su cantidad de forma considerable en aproximadamente un 60%.

El sistema de refrigeración seleccionado está compuesto por tres torres de enfriamiento de circuito cerrado, cada una con una capacidad 670 KW, las cuales abastecen las necesidades de refrigeración de todas las máquinas trabajando juntas sin ningún inconveniente, disminuyendo la temperatura del aceite soluble que ingresa a 36 °C, enviándolo de retorno a una temperatura de 28°C, el sistema se hizo modular porque es poco probable que esto ocurra por largos periodos de

tiempo, así de esta manera solo se utilizará la cantidad de torres necesarias para el número de máquinas que estén funcionando, reduciendo así costos innecesarios de operación.

Este sistema fue instalado en la nueva planta Novacero y se encuentra en periodo de prueba, las mismas que permitieron obtener datos para analizar el resultado de los objetivos, como la eficiencia de las maquinas, en la tabla 20 se muestra las nuevas velocidades alcanzadas de las máquinas.

Tabla 20 Velocidades alcanzadas en nueva planta
Fuente: Autor

Maquina	V anterior t/ mes	V nominal m/s	V actual m/s	Rendimiento %	incremento %
Tubera 2	40	65	45	69,23	12,50
Tubera 3	18	30	20	66,67	11,11
Tubera 4	40	75	48	64,00	20,00
Tubera 5		100	80	80,00	-
Perfiladora 1	20	35	23	65,71	15,00
Perfiladora 2	28	45	32	71,11	14,29

Como se puede observar en la tabla, ya no aparecen la tubera 0 y la tubera 1, estas máquinas fueron dadas de baja en el proceso de cambio, y en su lugar aparece la tubera 5, que es una maquina nueva, de la cual no teníamos registros de velocidad anteriores.

Estos valores fueron obtenidos de las primeras pruebas realizadas, en promedio se obtuvo un incremento en la velocidad de las máquinas del 15%, y con el debido mantenimiento, limpieza interior de conductos y tinas de enfriamiento, se espera que esta mejor incremente un 3% más.

Las bombas seleccionadas para el traslado de aceite sucio desde los pits de recolección hacia los filtros fueron marca XYLEM flygt modelo 3171, para manejar un caudal de 2000 litros/min, estas son bombas especializadas en el traslado de fluidos con partículas o impurezas e inclusive lodos, se calculó la altura dinámica de la bomba en función a las pérdidas del sistema por causa de la fricción en la tubería y perdidas en los accesorios, este valor está dentro del rango de trabajo de las bombas seleccionadas con un alto rendimiento, en ambos pits se colocó una bomba de back-up en caso de que ocurra alguna avería, el sistema pueda seguir funcionando.

En el sistema de bombeo de aceite limpio se seleccionó la bomba centrífuga XYLEM Lowara 92SV3/2AG3706T, que cumple con el requerimiento de energía para abastecer las pérdidas por fricción de la tubería, accesorios, por las torres de enfriamiento y además llegar con la presión necesaria para alimentar las máquinas, se dispuso un conjunto de tres bombas, que alternaran su funcionamiento.

El proyecto es económicamente viable, con un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años, generando beneficios futuros a la empresa.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El sistema de enfriamiento seleccionado tiene la capacidad de disipar el calor en el aceite soluble, para de esta manera retornar el fluido a su temperatura óptima de trabajo, durante las pruebas se hicieron mediciones de la temperatura a la salida de torre, arrojando valores positivos siempre cercanos a los 28°C.
- Se seleccionó el sistema de bombeo de aceite sucio con la capacidad necesaria de superar las pérdidas por fricción en la tubería y accesorios dejando una capacidad de reserva extra cercana al 50%, lo que evitaría cualquier inconveniente a futuro si se decide aumentar el número de líneas de producción, además cada pit tendrá una bomba de reserva en caso de que la principal se averíe.
- Para la selección de las bombas de aceite sucio fue importante elegir equipos que cuenten con la energía necesaria para transportar el fluido hacia todos los puntos del sistema e igual de importante fue seleccionar una bomba que pueda trabajar en las condiciones propuestas, el fluido en este caso no tiene un alto grado de viscosidad pero lleva partículas metálicas producto del proceso de producción, tierra, etc. formando una especie de lodo, que deteriorarían en muy poco tiempo una bomba común.
- Para efectos de cálculo de este trabajo se ha considerado que este es un sistema cerrado, sin pérdidas de masa, aunque será inevitable la salida de pequeñas cantidades de fluido por acción de la evaporación o derrame en las canaletas abiertas de hormigón.
- El sistema de bombeo para el aceite limpio consta de 3 bombas las cuales trabajarán alternadamente, dependiendo de la necesidad, encendiéndose una, dos o las tres, si fuese requerido.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda controlar el ingreso de aceite con impurezas a las torres de enfriamiento, ya que si esto ocurriera podría afectar la eficiencia de las mismas y finalmente deteriorándolas.
- Uno de los inconvenientes encontrados durante este proyecto, fue el alto nivel freático en el lugar de trabajo, se recomendó utilizar protecciones para evitar la corrosión en los tanques enterrados
- Es recomendable que las bombas de aceite sucio, alternen su funcionamiento, es poco práctico mantener una sola bomba trabajando todo el tiempo cuando se puede repartir la carga, por este motivo se solicitó al proveedor que mediante dispositivos electrónicos realice esta alternación de forma automática.
- Las torres de enfriamiento no deben estar en lugares cerrados, por lo que se colocaron en un lugar cercano a los equipos de enfriamiento pero en el exterior
- El cuarto donde se encuentran los equipos de filtrado debe ser un lugar alto y ventilado.
- La evacuación de los desechos obtenidos del proceso de filtrado debe ser periódica, y estos deben ser gestionados para no causar un impacto negativo en el medio

BIBLIOGRAFÍA

- White, F. (2008). Mecánica de fluidos (sexta ed.). Madrid: McGraw-Hill
- Mott, R. (2006). Mecánica de fluidos (sexta ed.). México D.F.: Pearson Prentice Hall
- Incropera, F. (1999). Fundamentos de transferencia de calor (cuarta ed.). México D.F.: Pearson Prentice Hall
- Quiceno Cuellar, J.A. (2013). "Rediseño del sistema de enfriamiento para el proceso de fabricación de tubería de la empresa Termun planta Cali". Tesis de Ingeniería Mecánica. Universidad autónoma de occidente, Santiago de Cali.
- Mejía Romero, H.L. (2011). "Construcción e instalación de un sistema contra incendio para fábrica de aceites y mantecas". Tesis de ingeniería Mecánica. Universidad Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Balarezo Morales, R.(1997). "Calculo y diseño de un sistema de bombeo de una red de riego por aspersion para el Campus Prosperina "Gustavo Galindo" sección ingenierías". Tesis de ingeniería Mecánica. Universidad Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Norma ASME B31.3 para tuberías de proceso. (2002) New York
- Norma API 650 para tanques de almacenamiento de hidrocarburos. (2001) Washington D.C.
- Manual de instalación y operación Bomba XYLEM flygt 3171. (2012) Emmaboda.
- Manual de instalación y operación Bomba XYLEM Lowara 92SV3/2AG3706T. (2012) Montecchio Maggiore.

APÉNDICES

Anexos

ANEXO 1

FICHA TECNICA DE ACEITE SOLUBLE

 PROQUILARV S.A. <small>Productos Químicos para la Industria y el Hogar</small>	INFORMACION TECNICA 	IT N°: 096
		Fecha : 28-03-2014
		Versión #: 00
		Página: 1/2
		Próxima Revisión : 28-03-2016

CUT FLUID ECO

Aceite Soluble y/o Fluido de Corte - Biodegradable

DATOS FISICOS / QUIMICOS CARACTERISTICOS

INGREDIENTES ACTIVOS	ACEITE ESPECIALIZADO, INHIBIDOR DE CORROSION, LUBRICANTE-REFRIGERANTE Y TENSOACTIVOS
ESTADO FISICO	LIQUIDO TRANSPARENTE CUANDO ESTA PURO Y LECHOSO CUANDO SE DILUYE CON AGUA
COLOR	AMBAR A LIGERAMENTE AMBAR
OLOR	PROPIO DEL INGREDIENTE ACTIVO
pH (Solución al 1% - NTE INEN 820)	8.5 +/- 0.5 (LIGERAMENTE ALCALINO)
GRAVEDAD ESPECIFICA A 25°C (Método del Picnómetro)	0.88 +/- 0.02 (Puro)
VISCOSIDAD A 25°C	20 - 40 cSt
CARACTER	ANIONICO
INCOMPATIBILIDAD	CON PRODUCTOS ACIDOS Y BACTERICIDAS CATIONICOS
SOLVENTES	ACEITES PARAFINICOS
ALCALIS LIBRES (COMO Na OH)	NO CONTIENE
INFLAMABILIDAD	-80°C CUANDO ESTA PURO Y NULA CUANDO ESTA DILUIDO CON AGUA
ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO	2 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES
SOLUBILIDAD	COMPLETAMENTE SOLUBLE EN AGUA DULCE O SALADA, FRIA O CALIENTE, FORMANDO EMULSIONES ESTABLES
FOSFATOS	NO CONTIENE
BIODEGRADABILIDAD OCDE 301-D (Closed Bottle Test)	CUMPLE

ASPECTOS GENERALES

El Cut Fluid Eco es un aceite soluble o fluido de corte formulado con aceites especiales e inhibidores de corrosión, sinergizados con lubricantes de extrema presión y tensoactivos aniónicos, destinado a la

Planta: Km. 8.5 Vía Daule - Telf.: (04) 2257572 - 2252381 - 2250074 - 2250086 - Telefax: (04) 2257588
e-mail: servicioalcliente@proquilarv.com.ec
Website: www.proquilarv.com.ec
Guayaquil - Ecuador

ELABORADO POR: Q.F. Hoover H. Villsquirán B. - Aseguramiento de la Calidad

ANEXO 2

PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS DE ACUERDO AL DIAMETRO

TABLA 1

Gal. per min.	2 pulg		2½ pulg		3 pulg		4 pulg		Gal. per min.	5 pulg		6 pulg		8 pulg	
	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.		V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.
25	2.39	1.29	.....	.....	.....	.....	.....	.....	180	2.57	0.487	.....	.....	.....	.....
30	2.87	1.82	.....	.....	.....	.....	.....	.....	190	2.85	0.606	.....	.....	.....	.....
35	3.35	2.43	0.35	1.00	.....	.....	.....	.....	200	3.21	0.736	.....	.....	.....	.....
40	3.82	3.10	2.68	1.28	.....	.....	.....	.....	225	3.50	0.879	2.44	0.350	.....	.....
45	4.30	3.87	3.02	1.60	.....	.....	.....	.....	240	3.85	1.035	2.60	0.419	.....	.....
50	4.70	4.67	3.35	1.94	2.17	0.662	.....	.....	260	4.17	1.20	2.89	0.487	.....	.....
60	5.74	6.59	4.02	2.72	2.60	0.924	.....	.....	300	4.81	1.58	3.33	0.637	.....	.....
70	6.69	8.80	4.60	3.63	3.04	1.22	.....	.....	350	5.61	2.11	3.89	0.831	.....	.....
80	7.65	11.4	5.38	4.66	3.47	1.57	.....	.....	400	6.41	2.72	4.44	1.09	2.53	0.279
90	8.60	14.2	6.03	5.87	3.91	1.96	.....	.....	450	7.22	3.41	5.00	1.36	2.89	0.348
100	9.56	17.4	6.70	7.11	4.36	2.39	2.52	0.624	500	8.02	4.16	5.55	1.66	3.21	0.424
120	11.5	24.7	8.09	10.0	5.21	3.37	3.02	0.877	600	9.82	5.80	6.66	2.24	3.87	0.597
140	13.4	33.2	9.38	13.5	6.08	4.51	3.53	0.17	700	11.2	7.83	7.77	3.13	4.48	0.797
160	15.3	43.0	10.7	17.4	6.96	5.81	4.05	1.48	800	12.8	10.22	8.88	4.03	5.13	1.02
180	.....	.....	12.1	21.9	7.81	7.28	4.54	1.88	900	14.4	12.9	9.99	5.05	5.77	1.27
200	.....	.....	13.4	28.7	8.58	8.90	5.04	2.27	1000	16.0	15.8	11.1	6.17	6.41	1.56
220	.....	.....	14.7	32.2	9.55	10.7	5.54	2.72	1100	.....	.....	12.2	7.81	7.05	1.87
240	.....	.....	16.1	38.1	10.4	12.6	6.05	3.21	1200	.....	.....	13.5	8.76	7.70	2.20
260	.....	.....	.....	.....	11.3	14.7	6.57	3.74	1300	.....	.....	14.6	10.2	8.34	2.58
280	.....	.....	.....	.....	12.2	16.9	7.06	4.30	1400	.....	.....	15.5	11.0	8.96	2.95
300	.....	.....	.....	.....	13.0	19.2	7.56	4.89	1500	.....	.....	.....	.....	9.52	3.37
350	.....	.....	.....	.....	15.2	26.1	8.82	6.35	1600	.....	.....	.....	.....	10.3	3.82
400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10.10	8.47	1700	.....	.....	.....	.....	10.9	4.29
450	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11.4	10.65	1800	.....	.....	.....	.....	11.5	4.79
500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12.6	13.0	1900	.....	.....	.....	.....	12.2	5.31
550	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13.9	15.7	2000	.....	.....	.....	.....	12.9	5.86
600	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15.1	18.6	2100	.....	.....	.....	.....	13.5	6.43
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2200	.....	.....	.....	.....	14.1	7.02

Nota: Las tablas muestran los valores promedio de pérdida de fricción para tuberías nuevas; para instalaciones comerciales se recomienda aumentar un 15% a los valores mostrados. En estas tablas no se está incluido ninguna tolerancia para tener en cuenta la antigüedad de la tubería.

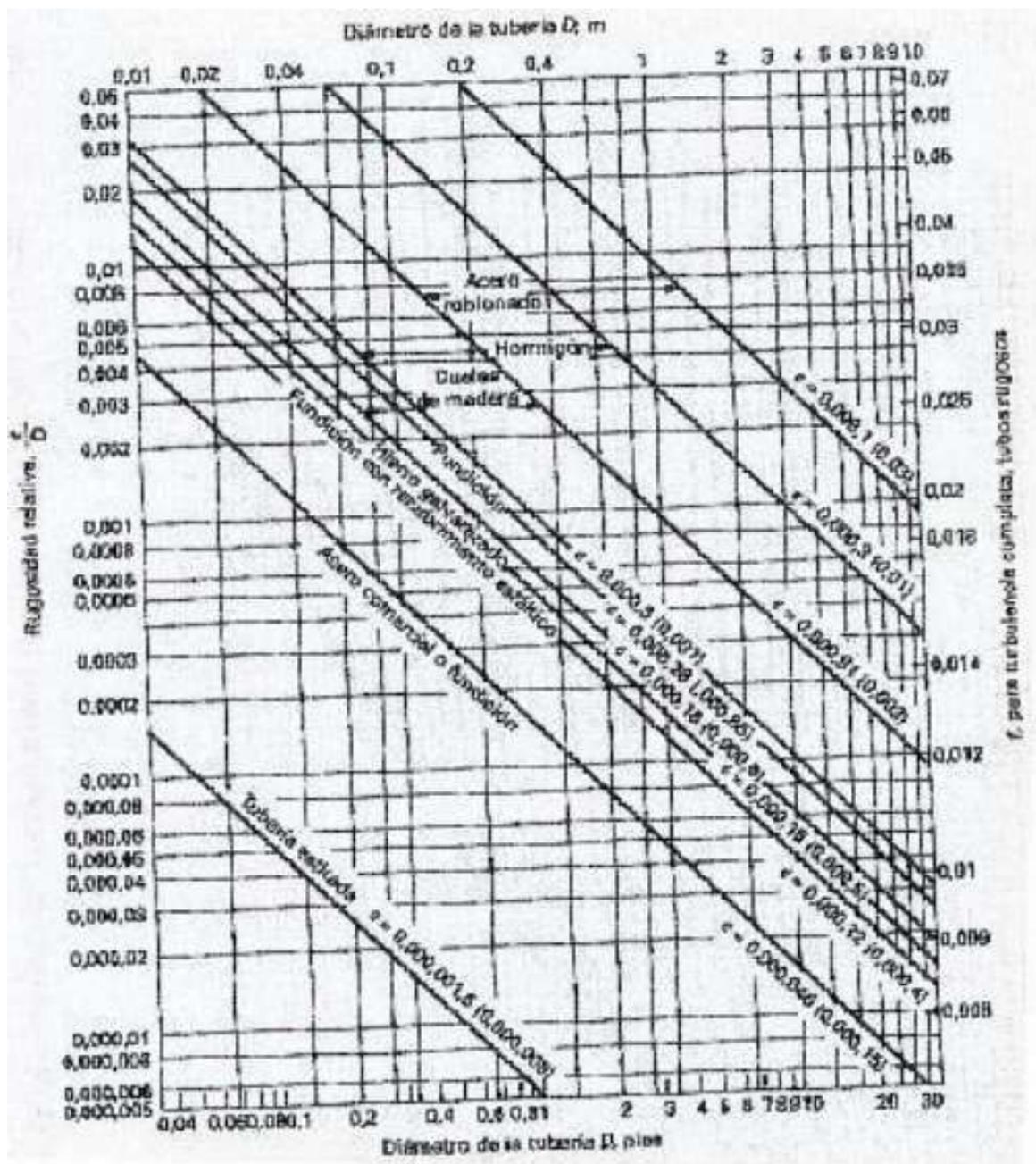
TABLA 2

TUBO DE ACERO (CEDULA 40) — PERDIDAS POR FRICCION PARA AGUA [EXPRESADAS EN PIES DE CARGA POR CADA 100 PIES DE LONGITUD DE TUBERIA]

Gal. per min.	10 pulg		12 pulg		14 pulg		Gal. per min.	16 pulg		18 pulg		20 pulg		24 pulg	
	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.		V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.	V pies/seg	K _f Fric.
450	3.64	0.224	.....	.....	.....	.....	1400	2.54	0.127	.....	.....	.....	.....	.....	.....
700	2.85	0.256	.....	.....	.....	.....	1600	2.90	0.165	.....	.....	.....	.....	.....	.....
750	3.05	0.291	.....	.....	.....	.....	1700	3.09	0.183	.....	.....	.....	.....	.....	.....
800	3.23	0.328	.....	.....	.....	.....	1800	3.27	0.203	2.38	0.136	.....	.....	.....	.....
850	3.46	0.368	.....	.....	.....	.....	1900	3.45	0.225	2.75	0.126	.....	.....	.....	.....
900	3.66	0.410	2.38	0.173	.....	.....	2000	3.63	0.248	2.87	0.139	2.31	0.0812	.....	.....
950	3.87	0.455	2.72	0.191	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1000	4.07	0.500	2.87	0.210	2.37	0.131	2300	4.24	0.327	3.09	0.211	2.89	0.125	.....	.....
1100	4.48	0.600	3.15	0.251	2.61	0.157	3000	5.45	0.535	4.30	0.292	3.46	0.174	2.39	0.070
1200	4.88	0.703	3.44	0.296	2.85	0.185	3300	6.35	0.718	3.02	0.287	4.04	0.232	2.79	0.093
1300	5.29	0.818	3.73	0.344	3.08	0.215	4000	7.26	0.921	3.74	0.511	4.62	0.296	3.18	0.120
1400	5.70	0.940	4.01	0.395	3.32	0.247	4500	8.17	1.15	6.45	0.638	3.19	0.372	3.39	0.149
1500	6.10	1.07	4.30	0.450	3.58	0.281	5000	9.28	1.41	7.17	0.781	5.77	0.455	3.59	0.181
1600	6.51	1.21	4.59	0.509	3.79	0.317	6000	10.9	2.01	8.61	1.11	6.92	0.645	4.75	0.257
1700	6.92	1.36	4.87	0.572	4.03	0.355	7000	12.2	2.60	10.0	1.49	8.08	0.862	5.59	0.343
1800	7.32	1.52	5.16	0.636	4.27	0.395	8000	14.3	3.49	11.5	1.93	9.23	1.11	6.38	0.441
1900	7.73	1.68	5.45	0.704	4.50	0.438	9000	16.3	4.38	12.9	2.42	10.39	1.39	7.18	0.553
2000	8.14	1.85	5.75	0.776	4.74	0.483	10000	.....	.....	14.3	2.87	11.5	1.70	7.98	0.671
2500	10.2	2.86	7.17	1.187	5.93	0.736	11000	.....	.....	19.8	3.57	12.7	2.05	8.78	0.810
3000	12.2	4.06	8.60	1.60	7.11	1.04	12000	.....	.....	.....	.....	13.8	2.44	9.58	0.958
3500	14.2	5.46	10.0	2.25	8.30	1.40	13000	.....	.....	.....	.....	15.0	2.86	10.4	1.12
4000	16.3	7.07	11.5	2.92	9.48	1.81	14000	.....	.....	.....	.....	16.2	3.29	11.2	1.29
4500	.....	.....	12.9	3.85	10.7	2.27	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5000	.....	.....	14.3	4.47	11.9	2.78	16000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12.0	1.40
6000	.....	.....	17.2	6.39	14.2	3.95	17000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13.6	1.88
7000	.....	.....	.....	.....	16.6	5.32	18000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	14.4	2.10
8000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15.2	2.33

ANEXO 3

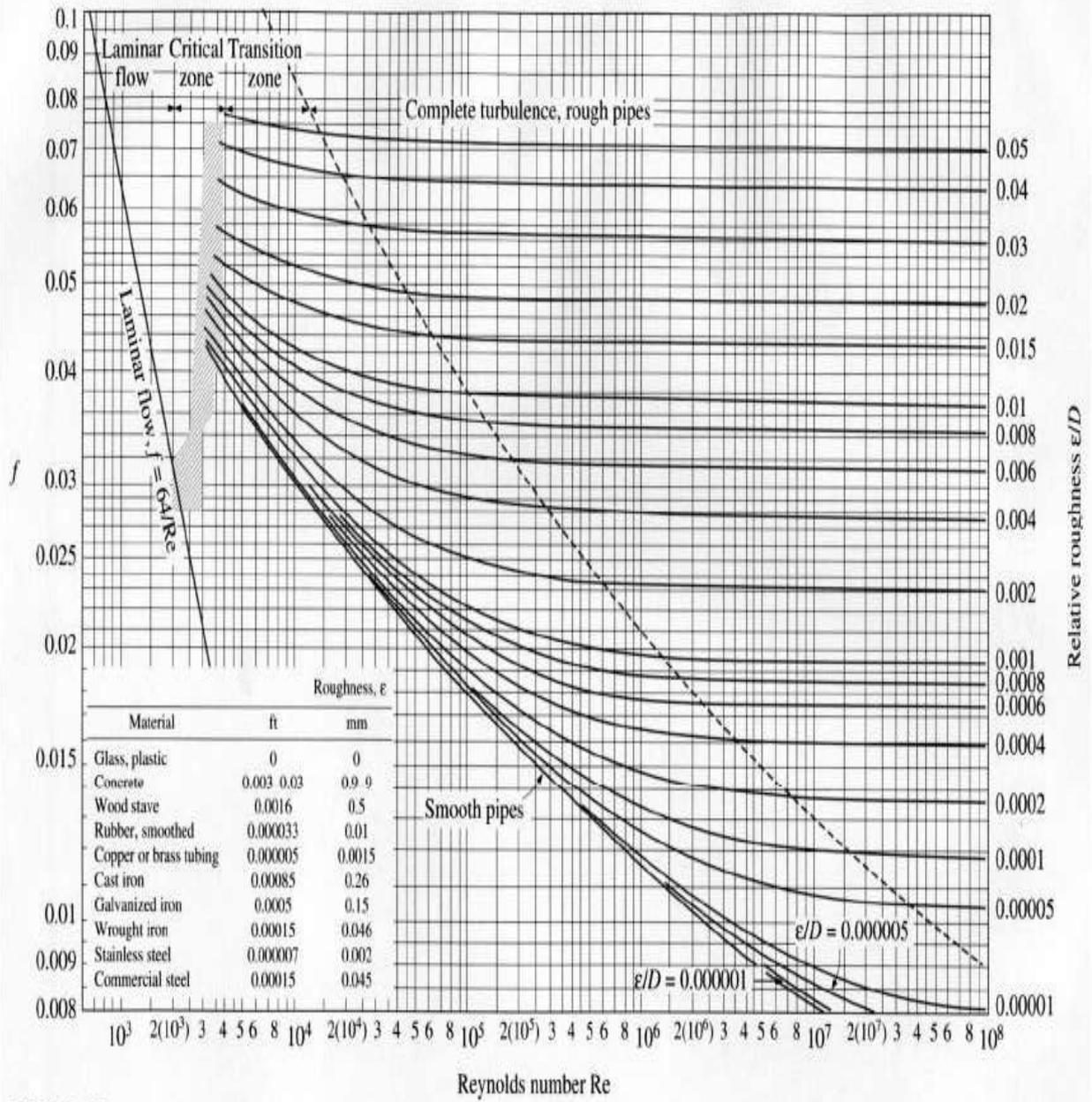
RUGOSIDAD RELATIVA EN FUNCION DEL DIAMETRO PARA TUBERIAS DE DIFERENTES MATERIALES



ANEXO 4

DIAGRAMA DE MOODY

Diagrama de Moody



ANEXO 5

TORRE DE ENFRIAMIENTO

* : Dimensioni approssimative non usate per la fabbricazione delle connessioni

* : Approximate dimensions do not use for pre-fabrication of connecting piping

ATTACCHI D'ACQUA (Water connections)		FEI (Feachfil) FEI	
INGRESSO (Inlet)	USCITA (Outlet)	IN (In)	OUT (Out)
①	②	③	④
64"	64"	63"	62" - 67"

MODELLO / **Model**

MODELLO	C	D	H	W	Z	FEI (Feachfil) FEI
RAX-05A/70	540	65	2060	1900	1650	10100
RAX-05A/75	590	65	2060	2000	1650	10600
RAX-05A/70	640	65	2060	2000	1650	11100
RAX-05A/75	690	65	2060	2000	1650	11600

NOTE

1) Il modello di riferimento è quello con il numero di serie 1000. Le dimensioni sono indicate in millimetri.

2) Le dimensioni in rosso sono indicative e non vanno usate per la fabbricazione delle connessioni.

3) Le dimensioni in verde sono indicative e non vanno usate per la fabbricazione delle connessioni.

NOTE TÉCNICAS (Technical notes)

1) El modelo de referencia es el que tiene el número de serie 1000. Las dimensiones están indicadas en milímetros.

2) Las dimensiones en rojo son indicativas y no se deben usar para la fabricación de las conexiones.

3) Las dimensiones en verde son indicativas y no se deben usar para la fabricación de las conexiones.

FORMA DI RISSAJO / **Fluig sketch**

NOTE

1) Il modello di riferimento è quello con il numero di serie 1000. Le dimensioni sono indicate in millimetri.

2) Le dimensioni in rosso sono indicative e non vanno usate per la fabbricazione delle connessioni.

3) Le dimensioni in verde sono indicative e non vanno usate per la fabbricazione delle connessioni.

NOTE TÉCNICAS

1) El modelo de referencia es el que tiene el número de serie 1000. Las dimensiones están indicadas en milímetros.

2) Las dimensiones en rojo son indicativas y no se deben usar para la fabricación de las conexiones.

3) Las dimensiones en verde son indicativas y no se deben usar para la fabricación de las conexiones.

DESCRIZIONE / **Description**

DESCRIZIONE	Q	R	S	T
DESCRIZIONE				

PRODOTTORE / **Manufacturer**

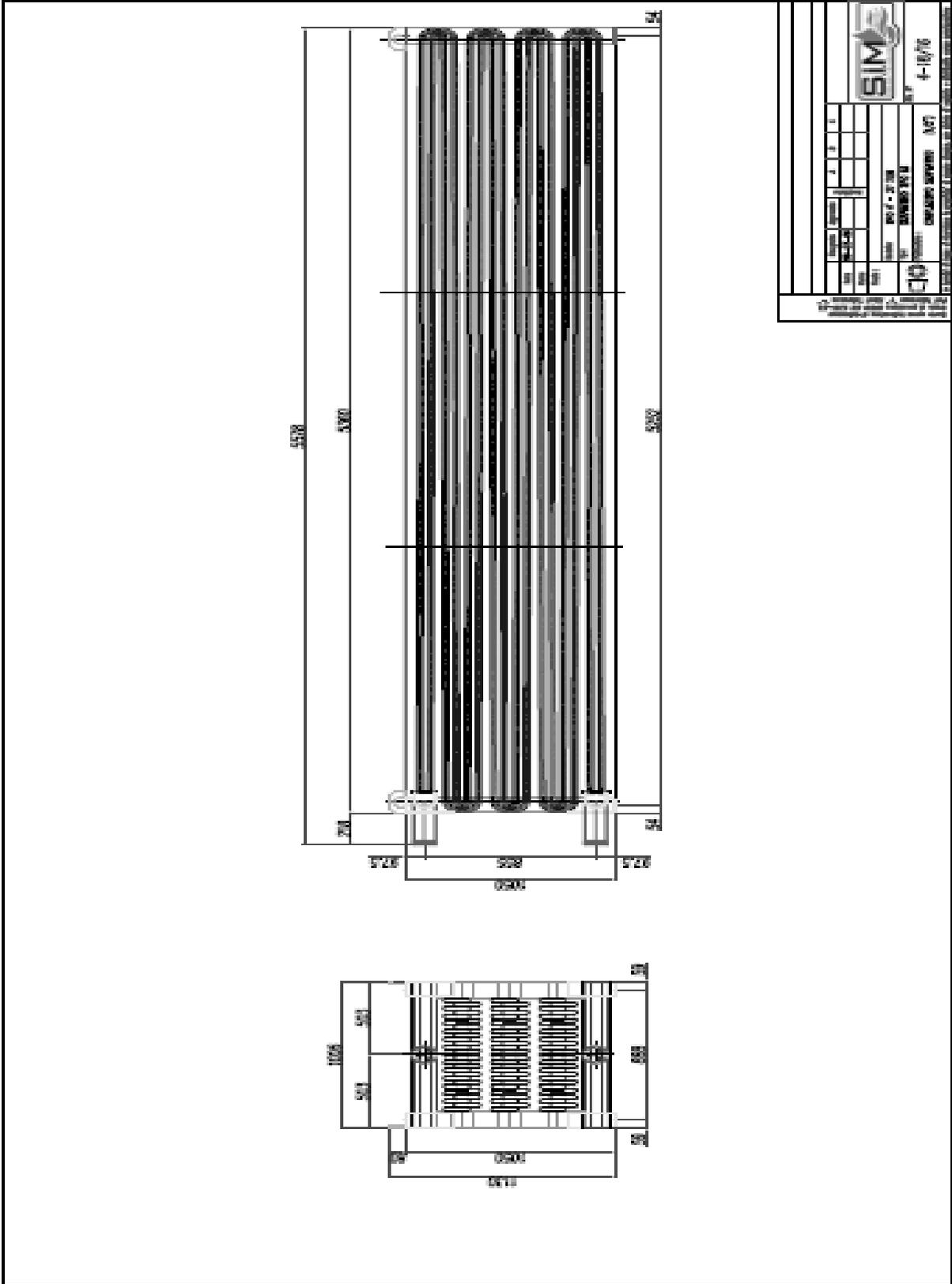
DESIGN INCORPORATED

NUMERO / **Number**

RAX - 126 00

ANEXO 6

SERPENTIN TORRE DE ENFRIAMIENTO



ANEXO 7

ANALISIS DE COSTOS

Anexo 6			
Presupuesto proyectado para sistema centralizado de aceite soluble			
Equipo	Descripcion	cant	Valor
Sistema de filtrado	Pre filtros magneticos Q=1000lts/min	4	\$ 405.000,00
	filtro hidrostatico Q=4000lts/min	1	
	bombas Xylem lowara Q=4000lts/min	3	
	Bombas Xylem flygt Q=2000lts/min	4	
	Manifol de distrifucion de aceite limpio	2	
	accesorios varios (valvulas, sensores,etc)	1	
Instalacion de equipos	mano de obra	1	\$ 30.000,00
	materiales y equipos	1	\$ 7.000,00
Inst. de tuberia de A.S.	mano de obra	1	\$ 40.000,00
	materiales y equipos	1	\$ 25.000,00
Torres de enfriamiento	Torres cerradas	3	\$ 158.000,00
	bombas de recirculacion de agua	3	
Instalacion de torres	mano de obra	1	\$ 1.500,00
	materiales y equipos	1	\$ 2.000,00
Instalacion de electrica	mano de obra	1	\$ 35.000,00
	materiales y equipos	1	\$ 70.000,00
bases de hormigon para torres	mano de obra	1	\$ 6.000,00
	materiales	1	\$ 5.000,00
Cuarto de equipos	mano de obra	1	\$ 15.000,00
	materiales	1	\$ 20.000,00
Canaletas de hormigon	Mano de obra	1	\$ 8.000,00
	materiales	1	\$ 15.000,00
Impermeabilizacion de canaletas	mano de obra	1	\$ 6.000,00
	material	1	\$ 9.000,00
Fabricacion de PIT	mano de obra	2	\$ 8.000,00
	material	2	\$ 6.000,00
Fabricacion de tanque principal	mano de obra	1	\$ 11.000,00
	material	1	\$ 6.000,00
Instalacion de Pit	mano de obra	2	\$ 5.000,00
	material	2	\$ 3.000,00
Instalacion de tanque principal	mano de obra	1	\$ 500,00
	material	1	\$ 1.000,00
Pruebas y puesta en marcha	mano de obra	1	\$ 5.000,00
	materiales (aceite soluble, etc)	1	\$ 30.000,00
Imprevistos	se considerara 5% del valor total		\$ 46.650,00
Total			\$ 979.650,00

Planos