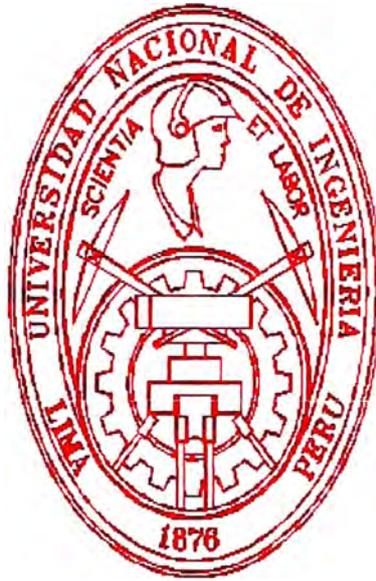


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE DUCTOS  
REFRIGERADOS PARA LA EXTRACCION DE HUMOS  
EN HORNOS DE FUNDICION”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO**

**DIAZ DIAZ ABEL**

**PROMOCION 2001- I**

**LIMA - PERU**

## CONTENIDO

<b>Prologo .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
1.1 Generalidades .....	4
1.2 Alcance del Trabajo .....	4
1.3 Objetivos del Trabajo.....	7
<b>2. Identificación de las Principales Condiciones de Operatividad .....</b>	<b>8</b>
2.1 Introducción .....	8
2.2 Características de Sistemas de Extracción .....	10
2.2.1 Sistemas de Extracción Primaria .....	11
2.2.2 Sistemas de Extracción Secundaria .....	12
2.3 Elección del Tipo de Extracción .....	12
2.4 Equipo de Extracción Actual .....	13
2.5 Conceptos Básicos de Protección del Medio Ambiente .....	14
<b>3. Marco Teórico .....</b>	<b>17</b>
3.1 Introducción .....	17
3.2 Mecanismo de Transferencia de Calor .....	17
3.2.1 Conducción de Calor .....	18
3.2.2 Convección de Calor .....	19
3.2.3 Radiación de Calor .....	21

<b>4. Diseño y Cálculo</b> .....	<b>22</b>
4.1. Cálculos para Selección del Sistema .....	23
4.1.1 Sistema a Estudiar .....	23
4.1.2 Modelo Total de Transferencia de Calor .....	24
4.1.3 Cálculo del Flujo de Calor .....	24
4.1.3.1 Condición N° 1 .....	25
4.1.3.2 Condición N° 2 .....	25
4.1.3.3 Condición N° 3 .....	25
4.1.3.4 Condición N° 4 .....	27
4.1.4 Cálculo del Calor que Recibe el Ducto .....	30
4.1.5 Analogía Eléctrica con Datos Finales .....	35
4.2. Selección del Sistema de Refrigeración .....	36
4.2.1 Selección del Circuito de Enfriamiento .....	36
4.2.1.1 El Circuito Cerrado .....	37
4.2.1.2 El Circuito Abierto.....	37
4.2.2 Parámetros Generales para la Selección de Equipos .....	38
4.2.2.1 Características del Equipo .....	39
4.2.2.2 Datos Técnicos .....	39
4.2.3 Selección de la Bomba .....	41
4.2.4 Selección del Motor .....	42
<b>5. Fabricación y Montaje</b> .....	<b>43</b>
5.1. Generalidades .....	43
5.1.1 Materiales para la Fabricación .....	44
5.1.2 Tubos .....	44

5.1.3 Electroodos .....	44
5.1.4 Accesorios de Tuberías y Conexiones .....	45
5.1.5 Pintura .....	45
5.1.6 Herramientas y Equipos .....	47
5.2. Fabricación .....	48
5.2.1 Planos Estructurales y de Fabricación en Taller .....	48
5.2.2 Manejo y Características de los Materiales .....	49
5.2.3 Metrado de los Materiales .....	51
5.2.4 Procesos de Corte .....	52
5.2.5 Procesos de Doblado .....	54
5.2.6 Armado y Ensamble .....	54
5.2.7 Soldeo .....	55
5.2.8 Inspección de la Fabricación .....	55
5.2.9 Pruebas Hidrostática e Hidrodinámica .....	57
5.3. Soldadura .....	57
5.3.1 Características Generales .....	57
5.3.2 Procedimiento de Soldadura .....	57
5.3.2.1 Diseño de Junta .....	60
5.3.2.2 Apuntalado .....	61
5.3.2.3 Pase de Penetración .....	61
5.3.2.4 Pase de Relleno .....	62
5.3.2.5 Pase de Presentación .....	62
5.3.2.6 Características Eléctricas .....	63
5.3.2.7 Inspección Durante el Proceso .....	63

5.3.2.8 Tablas de Resumen de Procedimiento de Soldadura .....	64
5.4. Montaje y Lanzamiento .....	65
5.4.1 Diagrama de Planeamiento para el Desarrollo del Trabajo.....	65
5.4.2 Normativas de Seguridad .....	66
5.4.3 Resultado del Trabajo .....	67
<b>6. Evaluación Económica .....</b>	<b>68</b>
6.1. Costo de Materiales .....	68
6.2. Costo de Mano de Obra .....	72
6.3. Costo de Herramientas y Equipos .....	72
6.4. Costo Directo .....	72
6.5. Gastos Generales .....	73
6.6. Utilidades .....	73
6.7. Costo de Venta .....	73
6.8. Precio de Venta .....	73
6.9. Costo de Fundición de Ductos Originales .....	73
<b>Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>77</b>
<b>Apéndice .....</b>	<b>78</b>

## **PROLOGO**

Todas las empresas hoy en día tienen que cumplir normas de seguridad y control del medio ambiente que son regulados y controlados por los ministerios y empresas relacionadas al control y protección del medio ambiente.

Este Informe es realizado basándose en uno de los trabajos que tenían como propósito el cumplimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), realizado en la Empresa Metalúrgica Peruana S.A. (MEPSA).

Una de las exigencias del PAMA era la disminución de las emisiones de los Hornos para no llegar a los Límites Máximos Permisibles de concentración de partículas en suspensión.

En el presente Informe se detalla el aporte de la Empresa Vai Fuch de México, que fabricó y suministró los Paneles de refrigeración para las ollas de los hornos; el diseño se tomó como base para la Fabricación de los Ductos Refrigerados de extracción de humos.

La operación de los ductos refrigerados por agua redujo las emisiones, disminuyó las paradas de producción por mantenimiento y las mangas ya no se quemaban por que los humos eran enfriados por los conductos.

El presente informe se desarrolla en 6 capítulos, los cuales se describen de la siguiente manera:

CAPITULO 1: Se presenta una descripción general de la Empresa y como se desarrolló el presente Trabajo, la idea para realizar los ductos refrigerados partió de las diferentes modificaciones que se obtuvo en la Cuba y la Bóveda de los Hornos.

CAPITULO 2: En este capitulo se desarrolla los principales problemas que se tenía en el funcionamiento de los hornos y la importancia de realizar este trabajo.

CAPITULO 3: En este capitulo se define las principales herramientas y mecanismos de Transferencia de Calor que sirven como base principal del desarrollo del diseño y cálculo de los ductos refrigerados.

CAPITULO 4: Se desarrolla los modelos y parámetros de funcionamiento de los ductos refrigerados tomando como base la fabricación de los paneles de los Hornos. En este capitulo se define también todos los equipos necesarios para el sistema de refrigeración.

CAPITULO 5: En este capitulo se desarrolla la forma constructiva, los procedimientos de conformado y soldadura que se realiza, además las pruebas necesarias para asegurar el buen funcionamiento de los mismos. Además se presenta diagramas de planeamiento y control para la ejecución del trabajo.

CAPITULO 6: Se desarrolla una evaluación económica de la construcción de los ductos refrigerados y el ahorro económico que se obtuvo.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

MEPSA es una empresa dedicada a la fundición del hierro para la elaboración de bolas de acero para los Molinos de Bolas y piezas para los diferentes equipos del sector minero, azucarero, pesquera, etc. La empresa tiene 03 hornos de 6Tn y 01 horno de 18Tn, en estos hornos se funde la chatarra, a temperatura de fusión de 1500 - 1700°C, los hornos en su proceso de fundición generan humos, equipado con un sistema de extracción de humos por aspiración y conducidos por conductos filtro de mangas, los materiales son acumulados para posteriormente llevarlos a los rellenos de desechos industriales. La necesidad de mejorar la captura de partículas suspendidas para no llegar a los límites máximos permisibles de partículas suspendidas en el ambiente se desarrolló un nuevo sistema de extracción de humos por conductos refrigerados con agua. El informe detalla la problemática y el cumplimiento de normas del medio ambiente y plantea el objetivo principal que fue la disminución de las emisiones de los hornos; a continuación se realiza una revisión de la teoría para mostrar las principales conceptos y formulas de transferencia de calor que ayudarán al desarrollo del cálculo y diseño de los ductos refrigerados. Luego se detalla la forma constructiva de los conductos bajo normas de soldadura y planificación de fabricación y montaje. Terminando con la evaluación económica y beneficio de este trabajo.

### **1.1 Generalidades:**

Debido a la globalización y la competitividad hoy en día las industrias requieren mejorar sus procesos productivos, esta mejora debe de estar asociado a mantener los márgenes de seguridad, rapidez de la fabricación, calidad del producto y protección del medio ambiente.

En las dos últimas décadas fue rápido el crecimiento y desarrollo industrial en todo el mundo, y la mejor comprensión de los peligros para la salud y el equilibrio ecológico provocados por la polución generada en las industrias.

Las industrias del fierro y el acero constituyen importantes fuentes de polución, generando seria responsabilidad de cada empresario y el estado a través de sus ministerios correspondientes de velar por el control y eliminación de estas emisiones.

### **1.2 Alcances del Trabajo:**

Como parte de las mejoras de los hornos de arco eléctrico han sufrido diferentes cambios, los cambios mas significantes evolucionaron dentro de la cuba y la bóveda del horno, después de varias modificaciones, ensayos y estudios realizados. Anteriormente los hornos usaban totalmente material refractario en la cuba y en la bóveda, Figura N° 1.1, ahora utilizan sistemas de refrigeración por tubos de acero al carbono y como medio refrigerante agua ozmotizada (agua no conductora de la electricidad), Figura N°1.2.

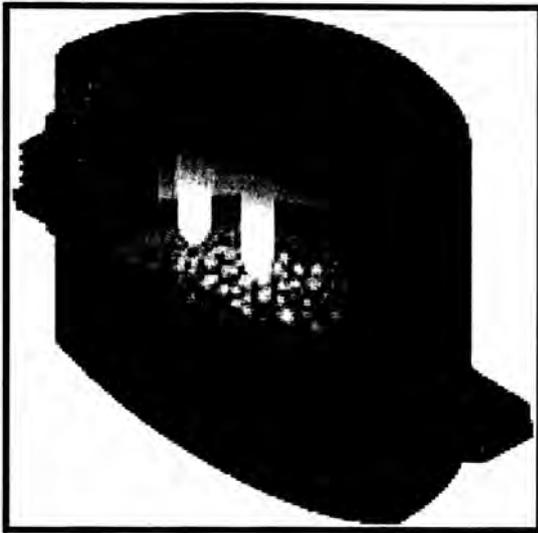


Figura N° 1.1 Cuba y Bóveda del Horno

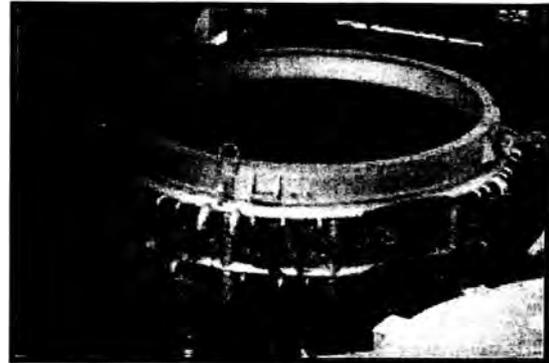


Figura N° 1.2. Sistema de Refrigeración por Tuberías

**En la Cuba del horno:** Por las altas temperaturas y el cambio frecuente de los materiales refractarios, se estudió la manera optima de proteger la cuba, para lo cual se crearon los **paneles refrigerados**, estos paneles tienen una buena aceptación en el mercado y el cambio o adaptación de los hornos íntegramente con refractario es muy alto, además el retorno de la inversión es bien rápida. Figura N°1.3.

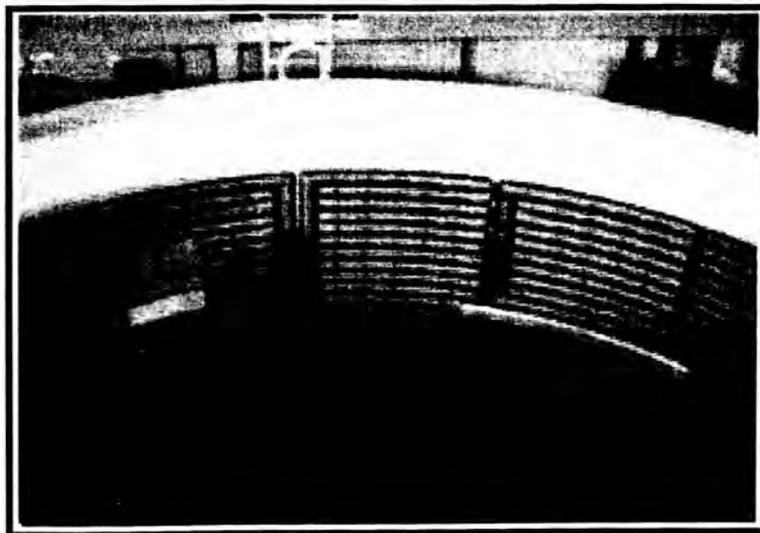
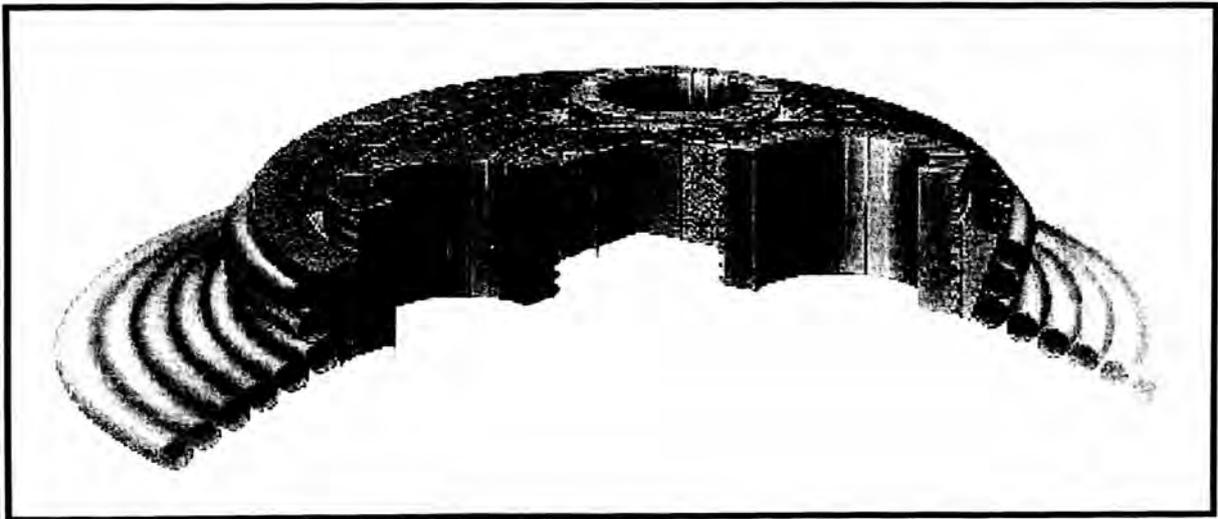


Figura N° 1.3 Paneles Refrigerados

**Bóveda del Horno:** Es llamada también Tapa o Cubierta del Horno; las bóvedas al igual que los paneles refrigerados han sufrido cambios, anteriormente todas las bóvedas eran construidas con ladrillos refractarios. Estos ladrillos tenían poca duración; en los hornos que funden aceros de bajo carbono las bóvedas tenían una duración de 160 coladas con temperaturas de fusión de 1700° C, mientras que en los hornos de alto carbono duraban 550 coladas con temperaturas de fusión de 1480 °C. Los ladrillos que se usaban eran de 70% de alúmina (óxido de aluminio  $Al_2O_3$ ). Ver Figura 1.4.



**Figura N° 1.4** Bóveda Típica de los Hornos de Arco Eléctrico

### **1.3 Objetivo del Trabajo:**

Este estudio tenía la finalidad fundamental el reducir las emisiones de los humos generados por el horno y se obtuvo los siguientes impactos:

- Disminuir gastos de operación por fabricación y cambios de ductos de extracción.
- Disminuir tiempos de parada de equipo por reparación y mantenimiento.
- Mejorar la salida libre de los gases del horno.
- Enfriar los gases de salida para aumentar la durabilidad del ducto principal de extracción y mangas del colector de humos.

## **CAPITULO II**

### **IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES CONDICIONES DE OPERATIVIDAD**

#### **2.1 Introducción:**

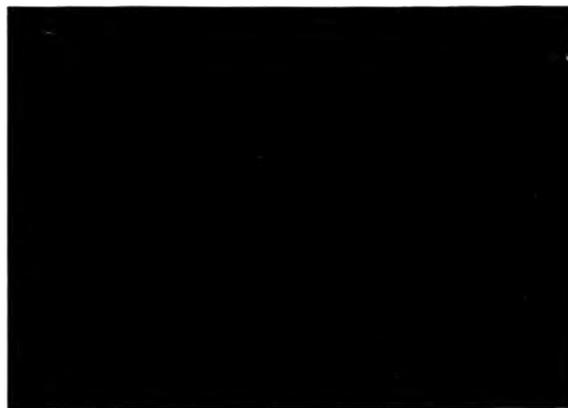
Antes de realizar los cambios de mejoramiento del sistema de extracción de los humos de los hornos presentaron las siguientes condiciones:

- Los codos y ductos eran de material similar a los aceros inoxidable que soportan altas temperaturas pero como no tenían un sistema de refrigeración estos ductos se deterioraban rápidamente, presentaban deformaciones y partes fundidas originadas por la alta temperatura y el arrastre de partículas metálicas, Fig. 2.1. La composición química de los ductos era: Carbono: 0,30 a 0,50%, Manganeso: 0,60 a 0,90%, Silicio: 0,50 a 1,0%, Fósforo y Azufre: máx. 0,40%, Níquel: 18 a 22%, Cromo: 24 a 28%, Molibdeno: máx. 0,40%, Cobre: máx. 1,0%, Aluminio y Estaño: máx. 0,06%.



**Figura N° 2.1** Sistema de Extracción Primaria Típica

- Los ductos presentaban cavidades por la abrasión y en la boca de succión ruptura y deterioro, ver Figura 2.2. Esto ocasionaba pérdida de flujo o capacidad de extracción de los humos; ocasionando la ineficiencia de extracción y la emanación de los humos hacia el medio ambiente.



**Figura N° 2.2** Deterioro de los Ductos por la Abrasión y Temperatura

- Existía grandes emanaciones de humos que era un contaminante en el ambiente de trabajo, los vecinos colindantes y mala imagen de la empresa. Ver Figura 2.3.



**Figura N° 2.3** Emanaciones de Humos Generados por el Horno

## **2.2 Características de Sistemas de Extracción:**

Los Hornos de Arco Eléctrico (EAF) utilizan desecho del hierro (chatarra de fierro y acero) como componente importante del hierro en la fabricación del acero. La composición de la chatarra, que es substancialmente una basura industrial, la calidad de la chatarra es muy variable pudiendo contener hasta el 2% de los combustibles tales como el aceite, plástico, y pintura. Por lo general, las fundiciones están instaladas en áreas urbanas donde el desecho industrial (chatarra) es fácil de obtener, la contaminación atmosférica generada por las emisiones de los humos que se producen dentro de un EAF cuando se derrite el metal, se convierte en problema serio.

En los Hornos de arco eléctrico (EAF) el sistema de eliminación total de los humos consiste de:

- Un sistema directo o sistema de extracción primaria y,
- Un sistema de extracción para las emisiones secundarias.

### **2.2.1 Sistemas de Extracción Primaria:**

El concepto de diseño para un sistema de evacuación directa, que induce al gas de proceso (humos) a que se enfríe y desempolve, ha cambiado dramáticamente, generando la demanda de una mayor energía de entrada y la inyección adicional de oxígeno como reductor del consumo de energía eléctrica, se ha creado un aumento de los gases de escape (emisiones primarias) mas alto en los EAF actuales. El diseño de los Hornos de Arco Eléctrico tiene en su mayoría un cuarto agujero en la bóveda, esto hace que por este agujero se comporte como la chimenea y es por ahí donde se instala los conductos de extracción (sistema directo) para luego ser enfriados y conducidos al colector de humos.

En otras plantas existen sistemas de post combustión, este sistema termina de combustionar las partículas de carbono para que no quemem las mangas de los colectores de polvo.

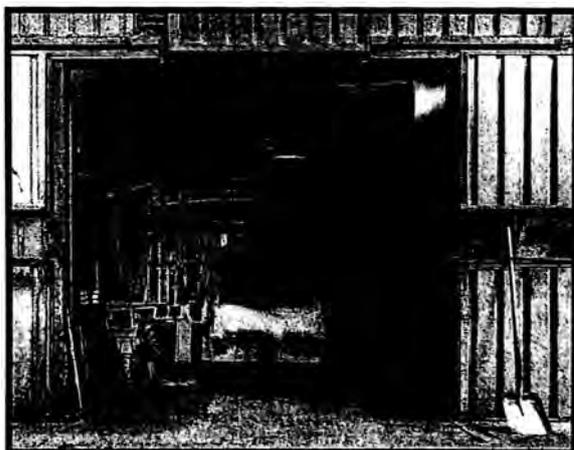
Este sistema de Extracción Primaria no es la solución para la extracción total de los humos, ya que los humos se escapan por los agujeros de los electrodos, cuando se hace la apertura de la compuerta para el ingreso de los ferroaleantes y el oxígeno.

### **2.2.2 Sistemas de Extracción Secundaria:**

Los gases que no son capturados por el sistema de extracción primaria se dispersan dentro de la nave y es mezclado con el aire interior, es difícil simular

el comportamiento de los humos, es por eso que hay diferentes soluciones para controlar los humos (Ver Figura 2.4 y 2.5).

El polvo de óxido de hierro aprobado como carga máxima en el lugar de trabajo, como factor de seguridad y salud es  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figuras N° 2.4 y N° 2.5 Tipos de Encapsulamiento del Hornos

### **2.3 Elección del Tipo de Extracción:**

Se mantiene el sistema de extracción primaria o directa por el cuarto agujero conectado a un colector de humos de 45000scfm; además existe en la nave de los hornos un sistema de extracción secundaria por un conjunto de campanas extractoras y un colector de mangas de 75,000scfm de capacidad.

#### 2.4 Equipo de Extracción Actual:

Dicho equipo de marca Wheelabrator Air Pollution Control es un colector de polvo, usado para la filtración seca del material particulado que es generado por los hornos en el proceso de fundición. Este material particulado acumulado en los filtros es limpiado por un dispositivo vibrador, para finalmente ser transportado en bolsas de poli etileno, hacia el relleno sanitario autorizado. Ver Figura N° 2.6.

Datos Técnicos:

- Caudal de Diseño: 45,000 CFM
- Caída de Presión: 12" w.g.
- Area Total de Tela: 22,000sq. ft. (2045 m<sup>2</sup>)
- Potencia del Motor: 200 HP
- RPM del Motor: 1800
- Tipo: TEFC
- Elevación: 600'
- BHP: 114.5" ----- 275°  
158.4" ----- 70°
- Diámetro del Ventilador: 54¼"
- Número de Tolvas: 4
- Material de Mangas: Poliéster
- Diámetro Promedio del Ducto: 39"ø
- Número de Mangas: 272 mangas x Tolvas.
- Longitud Promedio del Ducto: 260m
- Característica de la Manga: ø5 ¼" x 171" long.
- Máxima Temperatura de Operación 275°F
- 25-35 CFM Permeabilidad.
- Transportador Espiral: (1) ø9" (230mm), Transportador Helicoidal, motor de 5 HP, 1800RPM, TEFC 440/3/60.



Figura N° 2.6 Colector Actual Whellabrator

## 2.5 Conceptos Básicos de Protección del Medio Ambiente:

### 2.5.1 Calidad de Aire:

Las concentraciones máximas aceptables de contaminantes en el aire, están incluidas en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, D.S. N° 046-93-EM. Ver Tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1: Contaminante en el Aire

Parámetro	Unidad	Promedio Horario	Límite Permisible	Norma Referencial
Partículas Totales en Suspensión (PTS)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	150	D.S. N° 046-93-EM
Cromo (Cr)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	0,05	Estándar OMS
Plomo (Pb)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	1,0	Estándar OMS
Monóxido de Carbono (CO)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Hora / 8 Horas	35 / 15	D.S. N° 046-93-EM
Hidrógeno Sulfurado ( $\text{H}_2\text{S}$ )	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Hora	30	D.S. N° 046-93-EM
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	300	D.S. N° 046-93-EM
Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	200	D.S. N° 046-93-EM
Hidrocarburos No Metano (HCNM)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Horas	15.000	D.S. N° 046-93-EM

## 2.5.2 Emisiones Gaseosas y Material Particulado:

**Tabla N° 2.2:** Límites para Emisiones de Gases y Partículas:

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Permisible</b>	<b>Norma Referencial</b>
Partículas	mg/Nm <sup>3</sup>	100	R.M. N°315-EM/VMM
Monóxido de Carbono (CO)	mg/Nm <sup>3</sup>	1.150	CEE
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	400	CEE
Óxido de Nitrógeno (NOX)	mg/Nm <sup>3</sup>	650	CEE

Nota: CEE (Directiva 88/609/CEE, R.D. 646/1991. Comunidad Económica Europea).

## 2.5.3 Efluentes Líquidos:

**Tabla N° 2.3:** Límites para Descargas en Superficies de Tierra y Agua:

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Permisible</b>	<b>Norma Referencial</b>
Temperatura	°C	Increment. + 3°C	R.D. N° 08-97-EM/DGAA
pH	Unid Std.	6 - 9	R.D. N° 08-97-EM/DGAA
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	250	IFC/BM
Oxígeno Disuelto	mg/l	3 (mínimo)	Ley General de Aguas Niv IV
Aceites y Grasas	mg/l	20	R.D. N° 08-97-EM/DGAA
Cromo	mg/l	0,05	IFC/BM
Plomo	mg/l	0,4	R.M. N° 11-96-EM/VMM
Mercurio	mg/l	0,002	IFC/BM
DBO <sub>5</sub>	mg/l	10	Ley General de Aguas Niv IV
Coliformes Totales	NMP/100 ml	5.000	Ley General de Aguas Niv IV

Nota: IFC/BM (Corporación de Finanzas Internacional/Banco Mundial).

#### 2.5.4 Intensidad de Ruidos:

**Tabla N° 2.4:** Limites Permisibles para Intensidad de Ruidos:

Tiempo de Exposición (h/día)	Nivel de Ruido (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1,0	105
0,75	107
0,50	110
0,25	115

Nota: De acuerdo con el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, D.S. N° 23-92-EM, Art. 278

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Introducción:**

Cuando en un sistema se presenta una diferencia o una gradiente de temperatura, se transfiere Energía Térmica y el proceso mediante el cual ocurre esa transferencia de energía se conoce como transmisión de calor. Todos los procesos de Transferencia de Calor involucran la transmisión de transformación de energía, de acuerdo a los principios de la termodinámica (primera y segunda ley). Sin embargo, el análisis cuantitativo del Flujo de Calor se basa en principios o leyes fenómenos lógicos de otras ramas de la ciencia, por lo cual, se deben de conocer los principios físicos, matemáticos y de mecánica de fluidos, puesto que muchas veces se recurre al flujo de fluidos como mecanismo de transferencia de calor (convección).

#### **3.2 Mecanismo de Transferencia de Calor:**

La transferencia de calor puede definirse como el Flujo de Energía Térmica desde una región a otra como resultado de una diferencia o una gradiente de temperatura existente entre ellas. En nuestro caso la transferencia de calor ocurre por dos mecanismos físicos:

- Conducción (Escoria)
- Convección (Fuga de Gases que pasan por el ducto)

### 3.2.1 Conducción de Calor:

Es un mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto.

El principal parámetro dependiente del material que regula la conducción de calor en los materiales es la conductividad térmica (Apéndice, Tabla N°1), una propiedad física que mide la capacidad de conducción de calor o capacidad de una sustancia de transferir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otras sustancias con las que está en contacto. La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

$$q'' = -K \frac{\partial T}{\partial x}$$

$q''$  = Calor por Unidad de Área -W/m<sup>2</sup>

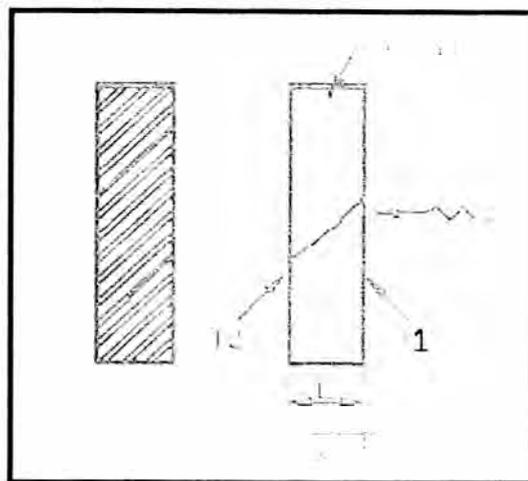
K = Constante del Material -W/m.k (Conductividad Térmica)

$\frac{\partial T}{\partial X}$  = Gradiente de Temperatura

Esta expresión también puede ser expresada:

$$q = \frac{KA}{L}(T_1 - T_2) = \text{Watts}$$

En la figura N° 3.1 se muestra una pared plana de conducción.



**Figura N° 3.1** Pared Plana de Conducción

### 3.2.2 Convección de Calor:

Es el proceso de transporte de energía que se lleva a cabo como consecuencia del movimiento de un fluido. El movimiento del fluido puede ser ocasionado tanto por efecto de agentes exteriores o fuerzas externas aplicadas (Movimiento Forzado – Convección Forzada) como por efectos internos mediante fuerzas internas o volumétricas aplicadas sobre el fluido debido a la presencia de campos de fuerzas (gravitacional, centrífugo, magnético, eléctrico, etc.) que se manifiesta por la dependencia y relación de algunas propiedades del fluido con estos campos de fuerzas (como la densidad, con el peso).

Cuando existe una variación de temperatura en un fluido en presencia de un campo gravitacional, la densidad del fluido suele variar con la temperatura, aparecerá un movimiento natural causando Convección Libre o Natural.

En el caso particular de nuestro modelo tenemos dos fenómenos. (Agua-Tubo)  
+ Gases-Escoria o Gases-Tubos.

$$q'' = h (T_s - T_\infty)$$

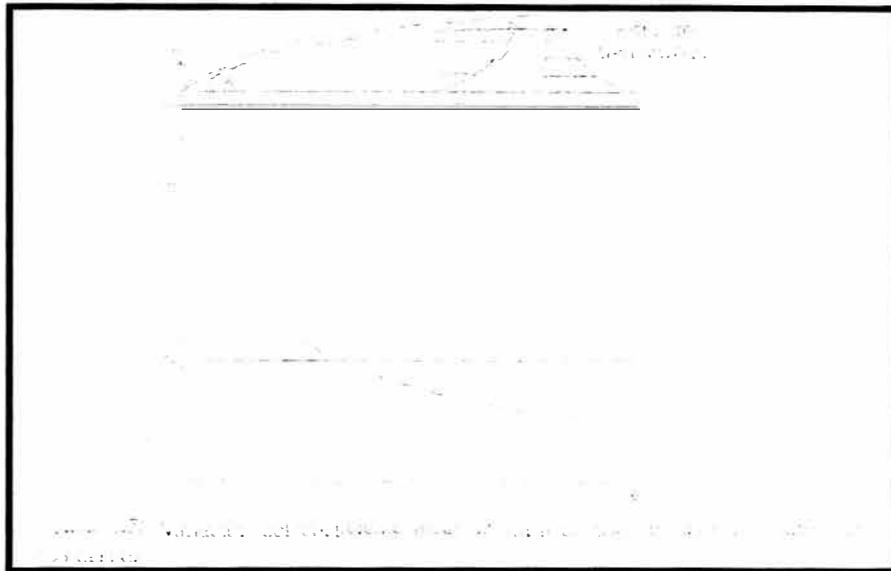
$q''$  = Calor por unidad de área.  $W/m^2$

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor.  $W/m^2.k$

$T_s$  = Temperatura de la Superficie.

$T_\infty$  = Temperatura del fluido.

En este caso es forzada, por la bomba que recircula el agua y por los gases interiores del horno. (Reacciones + colector de polvos). En la Figura N° 3.2 se muestra la variación del coeficiente local de transferencia de calor a lo largo de la coordenada "x".



**Figura N° 3.2** Coeficiente local de transferencia de calor  
a lo largo de la coordenada “x”.

### 3.2.3 Radiación de Calor:

El calor también puede propagarse en el vacío, esto es sin medio alguno mediante la radiación. La radiación térmica se considera aquella que ocurre entre 0.1 y 100 micrones de longitud de onda.

$$q'' = \sigma * T^4 \text{ (Cuerpo negro)}$$

Donde:

$q''$  = Calor por unidad de área (W/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Constante de Stefan - Boltzmann:  $5.67 \times 10^{-8}$  (W/ m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>)

$$q'' = \sigma * \varepsilon * T^4 \text{ (Cuerpo Real)}$$

$\varepsilon$  = Emisividad o Emitancia.

Es el cociente de la emisión de radiación del cuerpo en estudio con respecto a la de uno negro.

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO Y CALCULO**

La empresa VAI FUCHS, es una empresa dedicada a la fabricación de Paneles y Bóvedas refrigerados por agua para Hornos de Fundición por Arco Eléctrico.

VAI FUCHS dispone de un Modelamiento Matemático llamado “Maintenance Guild 2005”, en donde se presenta la metodología de cálculo para este tipo de paneles refrigerados. En este Modelamiento se indica los parámetros a los cuales deben de operar los paneles refrigerados como son:

- a) Las máximas y mínimas temperaturas de trabajo de los Humos del agua de refrigeración y las tuberías.
- b) Los mecanismos de transferencia de calor (Conducción, Convección y Radiación) indicando sus valores.
- c) El Coeficiente Global de Transferencia de Calor: Humos – Agua de Refrigeración.
- d) Pruebas de operación en laboratorio con tuberías de Acero y Cobre de diferentes cédulas.

Como resultado final y con los datos provenientes del Modelamiento expuesto se observa que para hornos de media potencia está indicado el diámetro de tuberías a usar, la temperatura máxima de ingreso y salida del agua, el flujo de agua y el

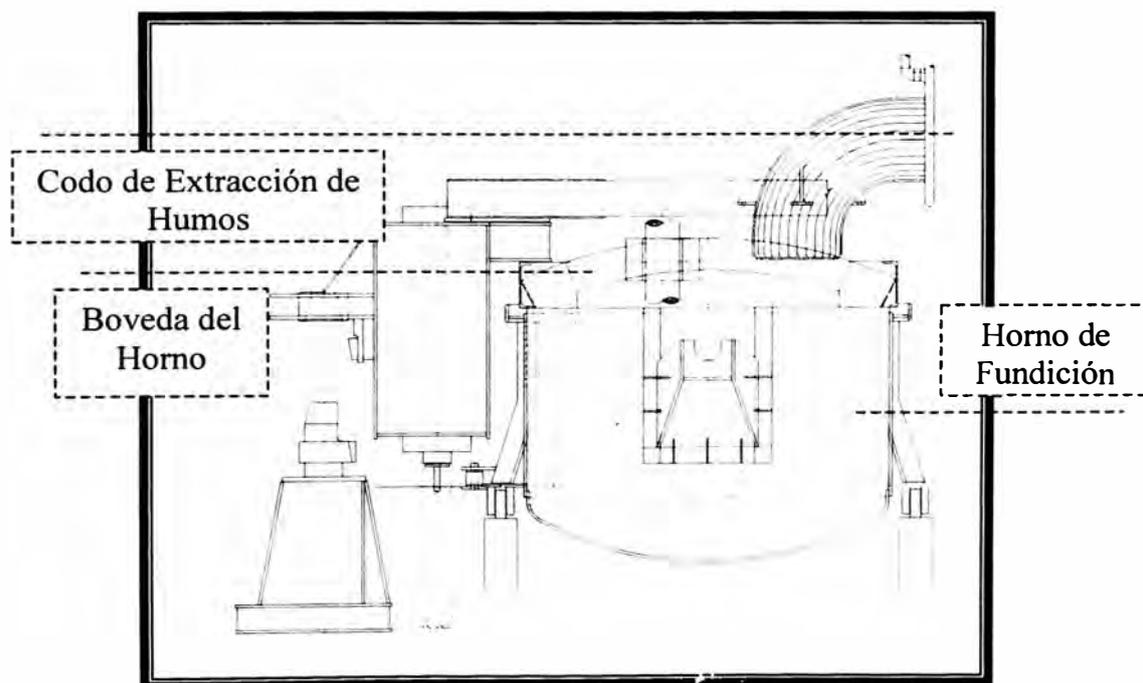
coeficiente global de transferencia de calor, los cuales fueron los parámetros usados en el diseño de los ductos refrigerados, lo cual a continuación presento.

#### 4.1 Cálculos para Selección del Sistema:

Para el análisis y estudio del trabajo realizado en MEPSA se plantean modelos de estudios.

##### 4.1.1 Sistema a Estudiar:

Se plantea esquemáticamente el sistema de operación de los hornos, incluido el Codo de extracción de humos como parte principal de análisis. Figura N° 4.1.



**Figura N° 4.1** Esquema Principal del Horno

#### 4.1.2 Modelo Total de Transferencia de Calor en Ductos:

En el cual se plantea todas las formas de transferencia de calor presentes en los conductos de extracción de humos. Figura N° 4.2

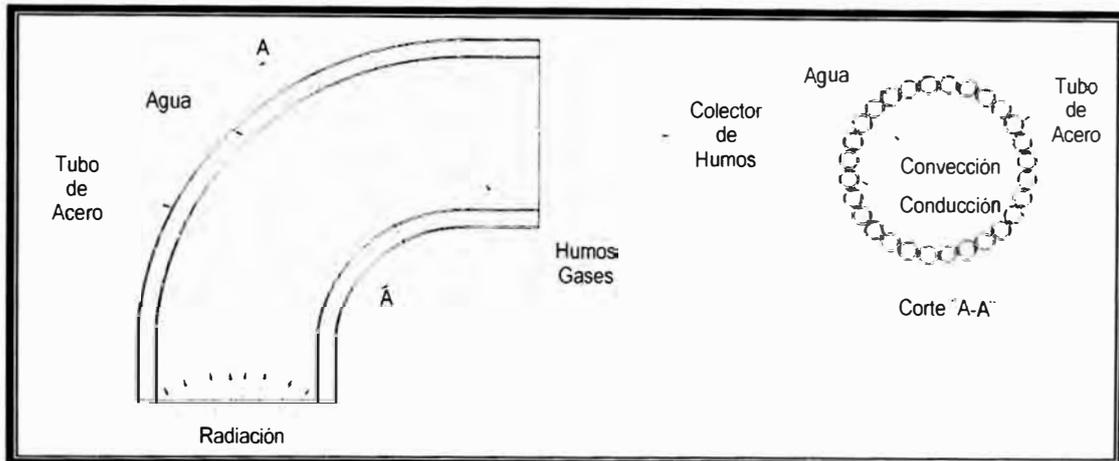


Figura N° 4.2 Modelo de Transferencia de Calor

- **Circuito Térmico de Transferencia de Calor:** Figura N° 4.3

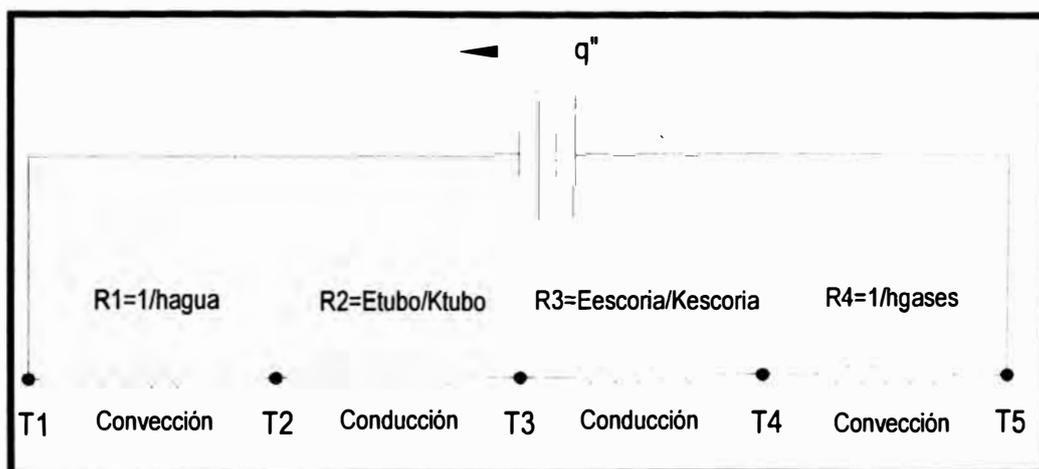


Figura N° 4.3 Circuito Térmico de Transferencia de Calor

#### 4.1.3 Cálculo del flujo de Calor:

En este Modelo existen ciertas condiciones que no pueden cambiar:

#### 4.1.3.1 *Condición N° 1:*

El único elemento que extrae el calor es el agua.

#### 4.1.3.2 *Condición N° 2:*

Se toma como base las condiciones de operación de paneles refrigerados para hornos de arco eléctrico, suministrado por la empresa **Vai Fuchs de México**.

Dichas condiciones de trabajo son:

Para un Panel Refrigerado de 25pie<sup>2</sup> ó 2.3m<sup>2</sup> tenemos:

- **Caudal de Agua de Recirculación: 81 GPM**
- Temperatura Máxima de Salida: 55° C
- Temperatura de Ingreso: 35° C
- Coeficiente Global de Transferencia de Calor: 9279 W/m<sup>2</sup>.K

#### 4.1.3.3 *Condición N° 3:*

El Calor Total extraído por el agua es:  $q_{Total} = \dot{m} C_p (\Delta T)$

Donde:

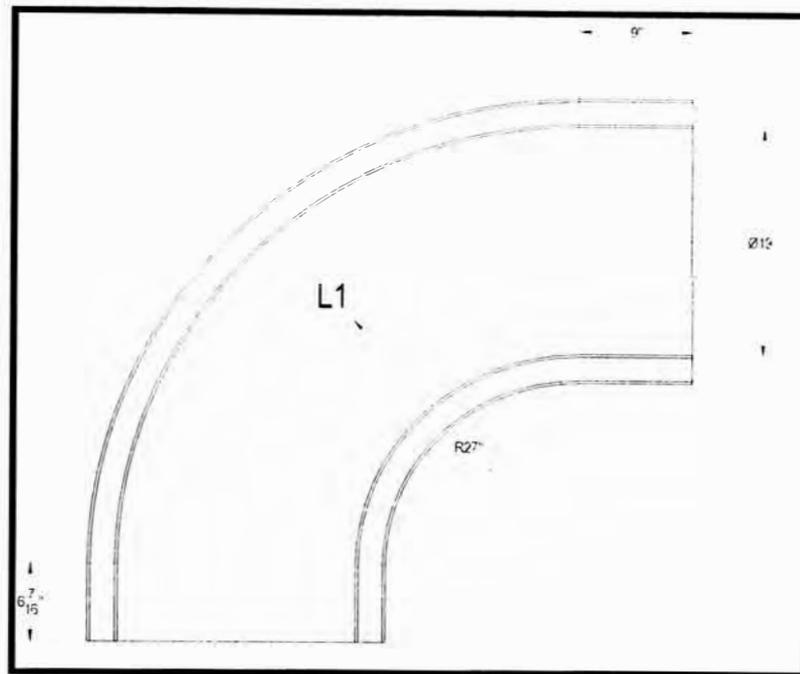
q: Calor Total (W)

$\dot{m}$ : Flujo Másico de Agua (Kg/s)

$\Delta T$ : Diferencia de Temperatura

Cp: Coeficiente de Calor del Agua, Constante (J/kg.K)

**Diseño en Corte de Codo:** Ver Figura N° 4.4



**Figura N° 4.4** Diseño en Corte del Codo

Hallamos el área total de Transferencia:

$$L_1 = \frac{\pi * 27''}{2} + 6 \frac{7''}{8} + 9'' = 58,29''$$

$$A = \pi D_{ducto} * L_1 = \pi * 19'' * 58,29'' = 3479.35 \text{ pulg}^2 = 24,16 \text{ pie}^2 = 2,6 \text{ m}^2$$

El ducto refrigerado tiene dos circuitos, cada uno con área:  $A_1 = 1,3 \text{ m}^2$

- Temperatura máxima de salida de 42° C y temperatura de entrada de 30° C.  
El  $\Delta T = T_2 - T_1 = 12^\circ \text{ C}$  (Ver Condición N° 4).
- El caudal de agua es calculada basada con la Condición N° 2.
- Tenemos que el flujo de agua por cada entrada es:

Para los paneles, Area:  $A_p = 2.3\text{m}^2 \rightarrow$  Caudal:  $Q_p = 81\text{gpm}$

Para los Ductos, Area:  $A_d = 1.3\text{m}^2 \rightarrow$  Caudal:  $Q_d = 45.83\text{gpm}$

$$Q_d = 45,83\text{gpm} = 0,173\text{m}^3/\text{min.} = 2,89 \cdot 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$$

$$\therefore \text{Flujo M\u00e1sico es } \dot{m} = 2,89 \text{ kg/s}$$

Seg\u00fan la Tabla de "Fundamental Of Classical Thermodynamics", obtenemos:

$C_{p_{\text{agua}}} = 4.1784 \cdot 10^3 \text{ J/kg.K}$  (Ver Ap\u00e9ndice, Tabla N\u00b03)

$$q_{\text{Total}} = \dot{m} C_p (\Delta T)$$

$$q_t = (2,89) \cdot (4.1784 \cdot 10^3) \cdot (12) \Rightarrow q_t = 144.9 \text{ KW}$$

$$\therefore q'' = \frac{144.9}{1,3} = 111,46 \text{ KW} / \text{m}^2$$

#### 4.1.3.4 Condici\u00f3n N\u00b0 4:

En el Agua no ocurre cambio de fases, considerando esto el rango de trabajo de temperaturas de  $20^\circ \text{C}$  a  $60^\circ \text{C}$  m\u00e1x. por lo tanto todos sus par\u00e1metros se mantienen estables.

Existen dos reg\u00edmenes de transferencia de calor:

El régimen que ocurre en la etapa laminar del fluido que es el “régimen laminar” y el régimen turbulento. Para distinguir en que régimen nos encontramos, usamos el No. de “Reynold” el cual es una relación adimensional que tiene que ver con las fuerzas de inercia y viscosas del fluido.

$$Re_x = \frac{x u_\infty \rho}{\mu}$$

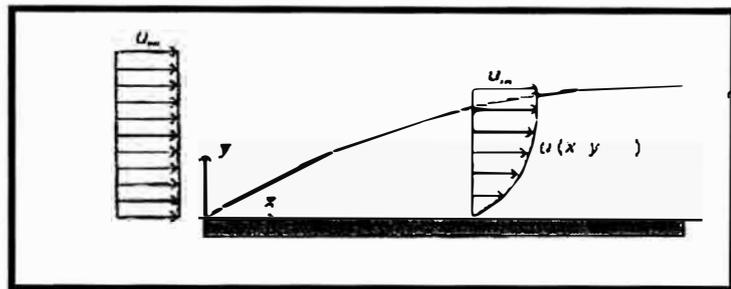


Figura N° 4.5 Gráfica Capa Límite Hidrodinámica.

Un buen indicador para saber el régimen del fluido:

$$Re > 5 \times 10^5 \quad \text{Régimen Turbulento}$$

El otro número adimensional que relaciona la transferencia de la cantidad del movimiento y el calor del fluido es el No de Prantl.

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

El número de “Pr” califica la capa límite con calentamiento.

$C_p$  = Calor Específico

$\mu$  = Viscosidad por unidad de masa

$k$  = Conductividad térmica del fluido

El Número adimensional que relaciona el coeficiente de transferencia de calor "h" con el número de "Re" y "Pr" se conoce como el No de Nusselt.

$$Nu_L = 0,664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$$

Recordando que "h" se relaciona como:

$$h = \frac{Nuk}{L}$$

Donde:

h = Coeficiente de Transferencia Térmica Convectivo.

K = Conductividad Térmica.

L = Distancia de la Placa.

En el caso de nuestro modelo, la convección forzada es en tubos en régimen turbulento.

Dittus y Boelter sustentan la siguiente correlación:

$$\overline{Nu} = \frac{\overline{h}D}{k} = 0,023 Re^{0,8} Pr^n$$

Donde:

$\overline{Nu}$  = Número de Nusselt, Promedio.

$\overline{h}$  = Coeficiente de transferencia de calor.

D = Diámetro.

$K$  = Coeficiente de conducción del fluido.

$n = 0,4$  para calentamiento

$n = 0,3$  para enfriamiento.

Tabla del Número de Nusselt: (Apéndice, Gráfica N°2)

La aplicación anterior es válida para fluidos, cuyos números de Prantl varían entre 0,6 a 160.

Cabe mencionar que esta fórmula podría ser usada para tubería no redonda con la fórmula del diámetro hidráulico.

$$Dh = \frac{4A}{p}$$

Donde:

$Dh$  = Diámetro Hidráulico

$A$  = Área del Fluido

$p$  = Perímetro Mojado por el Fluido.

#### 4.1.4 Cálculo del Calor que recibe el Ducto:

La temperatura  $T_1$  es un valor crítico para el ducto, ver Figura 4.6 y 4.7, se asume como temperatura crítica 55° C, temperatura antes de iniciar grandes formaciones de vapor del agua. Cálculo previo del coeficiente de transferencia de calor " $h$ ":

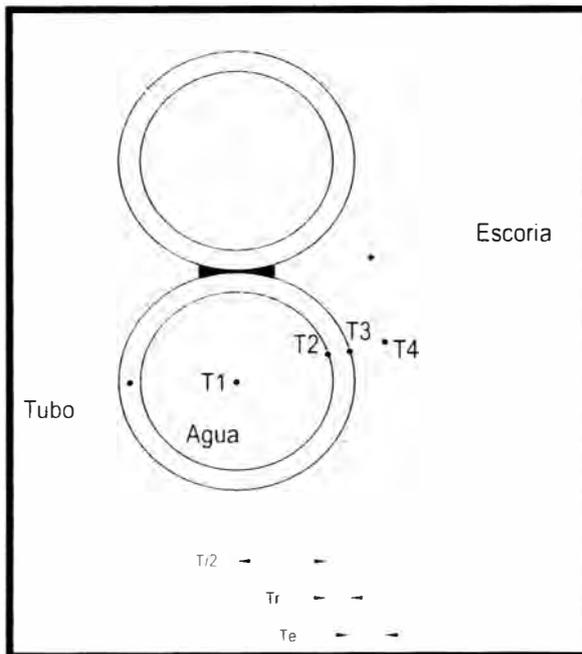


Fig. N° 4.6 Disposición de los Tubos del Codo

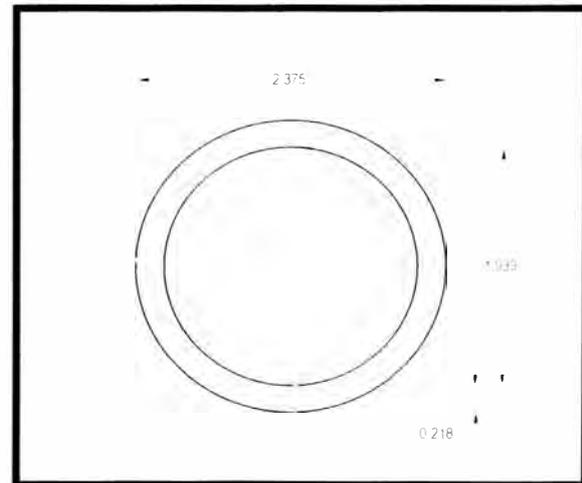


Fig. N° 4.7 Corte del Tubo

**Para una tubería de Ø2" SCH 80:**

Diámetro interior del tubo: 1,939" = 49,22mm = 0,04922m

Diámetro exterior del tubo: 2,375" = 60,30mm = 0,0603m

Espesor: 0,218" = 5,54mm = 0,00554m

$$Re = \frac{DVel}{\mu} = \frac{4m}{\pi D \gamma \mu} = \frac{4(4,33kg/s)}{\pi * 49,22 * 10^{-3} * 994,59 * 0,658 * 10^{-6}}$$

$$\therefore Re = 17153.75 = 1.71 * 10^5$$

Aunque se encuentra en el periodo de transición, la ecuación es válida para N° de Pr > 0.6, en este caso hallamos el Número de Prantl:

Tenemos: 
$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

$C_{p_{\text{agua}}} = 4.1784 * 103 \text{ J/kg.K}$  (Ver Apéndice, Tabla N°3)

$\mu = 0.653 \times 103 \text{ N.seg/m}^2.\text{kg}$  a Temperatura promedio: 40°C (Ver Apéndice, Tabla N°3)

Reemplazando tenemos:  $Pr = 4.34$

$\Rightarrow \overline{Nu} = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4}$

$\Rightarrow \overline{Nu} = 0,023(171153.75)^{0,8} (4,34)^{0,4} = 636.36$

Según Tabla:  $K_{\text{agua}} = 0,628 \text{ W/m.K}$  (Ver Apéndice, Tabla N°1)

$\Rightarrow \bar{h} = \frac{\overline{Nu} * k}{D} = \frac{(636,36)(0,628)}{(0,04922)} = 8119,34 \frac{W}{m^2.K}$

Por lo tanto el flujo de calor realmente es del orden de:

$\frac{q}{A} = q'' = h(\Delta T) \Rightarrow q'' = 8119,34 * 13 = 105.56 \frac{kW}{m^2}$

**Este valor es aceptable porque el agua tiene la capacidad de captar 111.46 KW/m<sup>2</sup> mayor que el calor entregado por los humos que es 105.56 KW/m<sup>2</sup>.**

\* Análisis de Transferencia de Calor del Sistema:

Ver figura N° 4.2 y 4.6

Simulación Eléctrica: Ver Figura N° 4.8

$q =$  Corriente

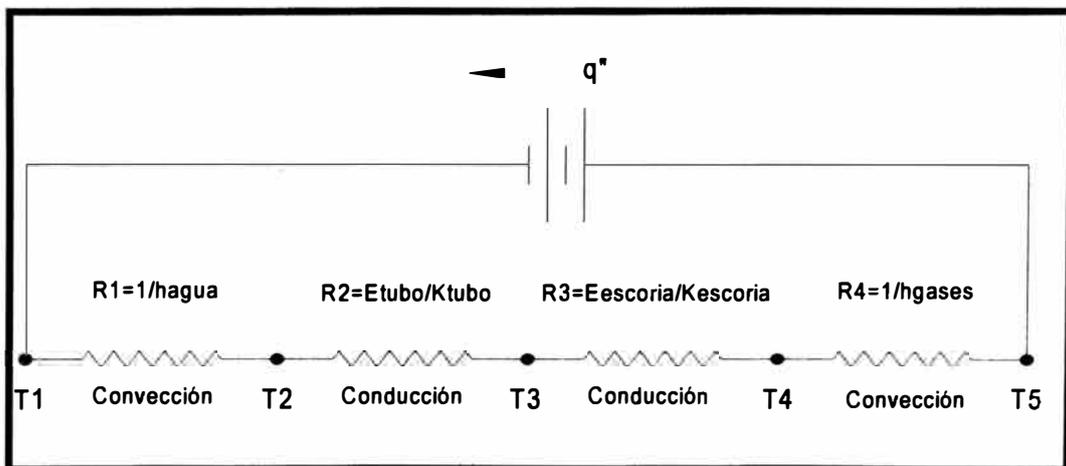
$$\Delta V = I R$$

$\Delta T = \Delta$  voltaje

$$\Delta T = q'' (1/h) \text{ o } q''(E/k)$$

$R_t = \Omega$

Fuente de Calor  $q''$  (por unidad de agua)



**Figura N° 4.8** Circuito Térmico Total de Transferencia de Calor

Cálculo de Temperaturas de Trabajo del Sistema:

Cálculo de T3:

Tenemos:

$K_{\text{acero}} = 63.9 \text{ W/m.K}$  (Ver Apéndice, Tabla N° 1)

Espesor del tubo:  $5.54 \times 10^{-3} \text{ m}$

$$\rightarrow \frac{Et}{K_{acero}} = \frac{5.54 \times 10^{-3}}{63.9} = 0.087 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T = q'' \times \frac{Et}{K_{acero}} = 105.56 \times 10^3 \times 0.087 \times 10^{-3} = 9.18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 - T_2 = 9.18 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T_3 = 55 \text{ } ^\circ\text{C} + 9.18 \text{ } ^\circ\text{C} = 64.18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para la escoria se conoce que tiene espesores de 10 a 12 mm; y que la conductividad promedio de la escoria es 18.0 W/m.K (Datos de la Empresa Vai Fuchs). Cálculo de la temperatura T4:

Entonces:

$$\rightarrow \frac{Ee}{K_{escoria}} = \frac{10 \times 10^{-3}}{18} = 0.556 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T = q'' \times \frac{Ee}{K_{escoria}} = 105.56 \times 10^3 \times 0.556 \times 10^{-3} = 58.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 - T_3 = 58.7 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T_4 = 64.18 \text{ } ^\circ\text{C} + 58.7 \text{ } ^\circ\text{C} = 122.88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

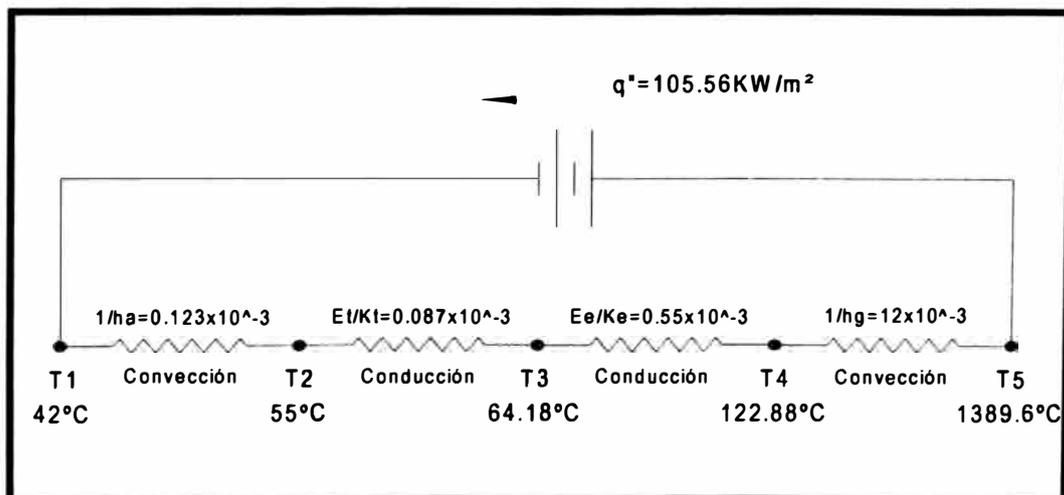
Para los Humos, tenemos que la convectividad promedio es  $83.0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (Datos de la Empresa Vai Fuchs); además ver: (Apéndice, Tabla N°2, Convección Forzada por el Extractor de Humos). Cálculo de la temperatura T5 de los humos:

$$\rightarrow \frac{1}{h_{\text{gases}}} = \frac{1}{83} = 12 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T = q'' \times \frac{1}{h_{\text{gases}}} = 105.56 \times 10^3 \times 12 \times 10^{-3} = 1266.7^\circ\text{C}$$

$$T5 - T4 = 1266.7^\circ\text{C} \rightarrow T5 = 1266.7^\circ\text{C} + 122.88^\circ\text{C} = 1389.6^\circ\text{C}$$

#### 4.1.5 Analogía Eléctrica con Datos Finales:



**Figura N° 4.9** Analogía Eléctrica Final

## **4.2 Selección del Sistema de Refrigeración:**

### **4.2.1 Selección del Circuito de Enfriamiento:**

La experiencia de refrigeración de los paneles refrigerados de los hornos de fundición en Mepsa, mediante Torre de enfriamiento en circuito abierto con agua dura (no tratada), y en atmósfera con gran cantidad de polvo, no fue buena.

La operación generó depósitos de dureza y lodos en los tubos de los paneles, depósitos de dureza y lodos en los rellenos de intercambio de las torres.

La limpieza de estos depósitos en paneles refrigerados y torres de enfriamientos, generaron largas paradas de producción, y deterioro de los rellenos de intercambio y pulverizadores de las torres.

Para superar los problemas dicho sistema de refrigeración se planteo un tipo de refrigeración en dos circuitos:

Circuito cerrado de enfriamiento de paneles refrigerados, operando con agua Osmotizada, de muy baja conductividad eléctrica.

Circuito abierto, para enfriar el agua que refrigera el circuito cerrado, con agua tratada a nivel de ablandamiento y alguicidad.

Una propuesta de Torre de Enfriamiento con el sistema planteado, fue elaborada por la Empresa Körper (Fabricación Brasileña), Ver Plano de Sistema de Refrigeración N° TADD-007.

#### **4.2.1.1 *El Circuito Cerrado:***

Este sistema es el que refrigera directamente a los ductos de extracción de humos. El agua con que trabaja es agua Osmotizada, con alimentador de reposición del agua por vaporización.

Este circuito consta de un serpentín circular de tubos de cobre con superficie exterior en contacto con la lluvia de agua generada por la bomba del circuito abierto. La masa de agua del sistema abierto (gotas por roseadores), es la que realiza el intercambio de calor por conducción y convección.

Las características principales de este sistema es que no hay contacto con el medio ambiente, sin problemas de contaminación y las pérdidas de masa son bajas.

#### **4.2.1.2 *El Circuito Abierto:***

Este circuito refrigera el medio caliente del circuito cerrado, mediante una bomba de agua de 550GPM, succiona el agua de la poza de la torre y la envía por una tubería por el centro de la torre para distribuirla a unos tubos paletas roseadoras; por la presión y diseño de la toberas el agua es convertida en lluvia

y dispersada a los paquetes; un ventilador axial en la parte superior de la torre extrae el vapor generado por el intercambio de calor que existe entre la lluvia de agua y el serpentín de tubos de cobre.

El tipo de agua para este sistema es agua blanda tratada, el principal problema por trabajarla con agua dura son la incrustaciones en la parte externa de la tubería de cobre, además la contaminación desde el ambiente (aire y polvo) con el agua.

Para este sistema se trata el agua con anticrustantes, desincrustantes y biocidas para que no se formen bacterias inorgánicas como las algas.

#### **4.2.2 Parámetros Generales Para la Selección de Equipos:**

Agua del Circuito Cerrado: Osmotizada

Tubería de los codos y ducto refrigerados: ASTM A-106, Ø 2", SCH 80

Caudal de Recirculación de agua: 550GPM

Temperatura de Ingreso: 30° C

Temperatura de Salida: 42° C

Presión de Ingreso: 40 PSI

Presión de Salida: 35 PSI

#### **4.2.2.1 Características del Equipo:**

Torre de Enfriamiento Modelo FC (Figura N° 4.10), comprendiendo un serpentín de cobre para circuito cerrado y circuito de agua industrial:  
(Apéndice, Catalogo Körper)

- Carcaza y reservorio en fibra de vidrio.
- Ventilador axial con cubo de aluminio fundido.
- Motor eléctrico de 7.5 CV, 580 r.p.m., IP55, 220/380 V y 60 Hz.
- Tuberías internas en polipropileno y cobre.
- Sistema distribuidor de agua giratorio de baja presión (Serpentín de cobre montada en espiras concéntricas, unidas por tubo colector, también en cobre, conexiones externas a través de puntas roscadas).
- Bomba hidráulica de recirculación de agua industrial, acoplada directamente a la torre de enfriamiento, motor eléctrico de 40 CV, 3500 r.p.m., IP55, 220/380 V y 60 Hz.
- Pintura externa en “gel-coat” con protección contra rayos ultra violeta.

#### **4.2.2.2 Datos Técnicos:**

a) Selección:

Modelo seleccionado: FC 850/15 – 19 ST – AR

Cantidad: 01

b) Características de Funcionamiento unitario:

Carga térmica nominal: 1'248,500 Kcal/h.

Carga térmica de proyecto: 1'248,500 Kcal/h.

- Flujo de agua: 124.85 m<sup>3</sup>/h

- Nivel de ruido: Estándar

- Ventilador:

Diámetro: 1,780 mm

Rotación: 580 r.p.m.

Velocidad Periférica: 54,0 m/s

Motor Eléctrico: 7,5 C.V.

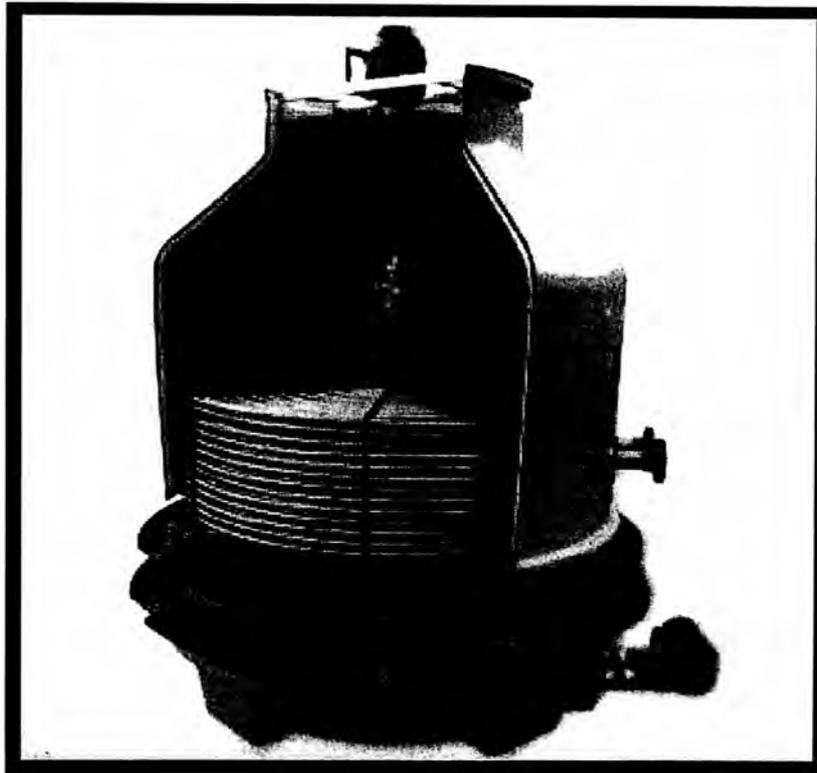
c) Características Físicas Básicas:

- Altura máxima: 4,050 mm

- Diámetro máximo: 3,590 mm

- Peso de embarque: 3,838 Kg.

- Peso en operación: 8.398 Kg.



**Figura N° 4.10** Torre de Enfriamiento Körper

#### **4.2.3 Selección de la Bomba:**

Descripción General:

- Bomba Horizontal marca Hidrostal fabricada en el Perú según norma ISO/DIS 2858. Caja de Bomba con succión axial y descarga radial e impulsor cerrado. Soportes con rodamientos lubricados con grasa.
- Base común de acero estructural para montaje bomba y motor y acoplamiento flexible, incluye guardacople.
- Modelo de la bomba: 80-250-1HE-D500
- Caudal: 550 GPM
- Altura Total de la Bomba: 36 m
- NSPH: 2 m
- Eficiencia: 51%

#### 4.2.4 Selección del Motor:

- Motor asíncrono trifásico marca WEG construido según estándar IEC, grado de protección IP55, totalmente cerrado, forma constructiva B3D Horizontal, para instalaciones trifásicas de 60 Hz. para arranque directo o estrella triángulo en cualquiera de las tensiones. Para temperatura ambiente de 40° C y operación hasta 1000m sobre el nivel del mar con el factor de servicio 1.
- Potencia: 20 HP
- Voltaje: 220/380/440 V
- $\text{Cos}\varphi = 0.90$
- Revoluciones: 1750 r.p.m.
- Peso: 160 Kg

## **CAPITULO V**

### **FABRICACIÓN Y MONTAJE**

#### **5.1 Generalidades:**

La Norma Técnica Peruana (NTP) es aplicable a las soldaduras de tuberías y conexiones que conforman las siguientes especificaciones:

- a) API Especificación 5L.
- b) Especificaciones ASTM aplicables.

Esta NTP también se aplica para materiales con composición química y propiedades Mecánicas que cumplen con una de las especificaciones listadas en los ítems a y b, aún cuando los materiales no estén manufacturados en concordancia con la especificación.

En la selección de la soldadura y la preparación del biselado han sido determinados basándose en la norma ASME Sección IX Artículo II QW-200 – QW-250.

La soldadura debe aplicarse con un arco de corriente continua (DC) de polaridad positiva y electrodos de soldadura según se indica en la sección V.

Al hacer la soldadura se deberá usar el rango de polaridad y corriente recomendado.

Los electrodos usados deberán contar con los requerimientos de clase de material especificados en la AWS A5.15 O AWS A5.6 (ASME SFA5.6) estos electrodos

serán capaces de producir soldaduras adecuadas sin pre-calentar ni post-calentar la tubería.

### 5.1.1 Materiales para la Fabricación:

Las tuberías y accesorios serán de Acero al Carbono sin costura liso negro de calidad ASTM A106, Tipo o Grado "C", para la cual deberá usarse soldaduras del tipo E-60 y E-70.

### 5.1.2 Tubos:

Para la realización de este trabajo, es necesario verificar que las tuberías son técnicamente las correctas.

**Tabla N° 5.1:** Tubos

Item	Descripción
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" x 20' SCH. 80

### 5.1.3 Electrodo:

Para el acero ASTM A-106, se usarán electrodos de la serie E-60 y E-70.

**Tabla N° 5.2:** Electrodo

Item	Descripción
1	Cellocord AP E-6011 de 1/8"
2	Supercito E-7018 de 1/8"
3	Cellocord AP E-6011 de 5/32"
4	Supercito E-7018 de 5/32"

#### 5.1.4 Accesorios de tuberías y Conexión:

Para la realización de este trabajo, es necesario verificar que se usaran los materiales con especificaciones técnicas correctas.

**Tabla N° 5.3:** Codos

Item	Descripción
1	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80

#### 5.1.5 Pintura:

Para la selección de la pintura se entregaron los siguientes datos al proveedor:

Temperatura de Trabajo: 450° C

Velocidad de los Humos: 21 .0 m/seg.

Condiciones de trabajo: Flujo de agua a temperatura promedio de 45° C en el interior de las tuberías y flujo de humo metálico como medio abrasivo en el exterior de las tuberías.

Para esto se seleccionó el siguiente producto:

Marca: Sherwin Williams:

Modelo: SUMATERM 550HS

- **Descripción:**

Color: Aluminio

Resistencia al Calor: Temp. Máx. 500°C

Acabado : Metálico

Espesor seco recomendado: 1.2 a 1.6 mils

Peso aproximado por galón: 4.860 Kg

Vida útil: 12 meses

Diluyente recomendado: Diluyente 930 o diluyente 905

Proporción de dilución: 5% en volumen

Tiempo de secado: 16°C en 90 minutos, 25°C en 60 minutos

Rendimiento teórico: 62.3 m<sup>2</sup> /gl por cada 1.2mils

- **Aplicación:**

Se aplican dos manos 30 micrones (1.2mils) sobre superficies de acero al carbono, tales como tuberías calientes, calderos, etc.

De los datos obtenidos la superficie aproximada del codo es de 9.6774 m<sup>2</sup>, pero se aplicara dos pasadas. Ver Tabla N° 5.4

**Tabla N° 5.4:** Metrado de Tuberías

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medida</b>
Longitud Total de la tubería	pulg.	2000
Superficie Total de la tubería	pulg <sup>2</sup>	1500 (9.7m <sup>2</sup> )
Volumen Total Interno	pulg <sup>3</sup>	6000

- **Rendimiento:**

**Tabla N° 5.5:** Rendimiento

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medida</b>
Superficie	M2	9.7
Rendimiento	m <sup>2</sup> /gl	62.3
# de pasadas		2
Consumo	Gl	0.32

### 5.1.6 Herramientas y Equipos:

- Pulidora eléctrica (con discos apropiados)
- Esmeril angular con disco de ¼"
- Equipo de Oxicorte y de calentar (con todos sus componentes).
- Elementos de Seguridad y protección personal; gafas de seguridad, botas de seguridad, mangas y delantal de cuero para el soldador, tapones auditivos, careta para soldar con filtro adecuado, caretas para esmerilar, cubre cabeza para el soldador, casco de seguridad, ropa apropiada, guantes para soldador.
- Herramientas: martillo, cincel, cepillo, escuadra, nivel, grapas para alinear tubería, soportes para instalar tubería, tiza para marcar metales, linterna, marcador de pintura, soportes para tubería, espaciadores para posicionar la junta a soldar.
- Electrodos consumibles, de acuerdo al proceso de soldadura.
- Máquina biseladora / cortadora de tubería (opcional).
- Amoladora.

## **5.2 Fabricación:**

La fabricación de las estructuras de acero en el taller deberá tender a producir los elementos estructurales de modo que se reduzcan y simplifiquen los trabajos de montaje y conexión en el campo. La empresa ejecutora hará en el taller la mayor cantidad de conexiones y empalmes en los elementos estructurales restringiéndose solamente por dimensiones máximas para transporte, capacidad del equipo de montaje y posibles daños de los mismos durante el transporte. Dentro del proceso de fabricación se dará preferencia al doblado mecánico en frío sobre el que requiera calentamiento. En caso de usarse calentamiento éste no deberá ser superior a 600° C. Por parte de Mepsa contará con la supervisión y control de materiales y procedimientos de fabricación; todos estos estarán de acuerdo a las Especificaciones Técnicas entregadas al fabricante.

### **5.2.1 Planos Estructurales y de Fabricación en Taller:**

Los planos son los siguientes:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| • Sistema de Extracción Primaria – Hornos N° 1 y 2. | Plano: TADD-001 |
| • Codo Refrigerado N°1                              | Plano: TADD-002 |
| • Codo Refrigerado N°2                              | Plano: TADD-003 |
| • Ducto Recto Refrigerado                           | Plano: TADD-004 |
| • Conformado de Tubos                               | Plano: TADD-005 |
| • Conformado de Codo 180°                           | Plano: TADD-006 |
| • Diagrama de Refrigeración de Ductos               | Plano: TADD-007 |

### **5.2.2 Manejo y Características de los Materiales:**

Para esto se realiza un Plan de Aseguramiento y control de Calidad, como parte de la inspección de materiales en recepción. Ver Hoja de Control de Inspección de Materiales en Recepción:



### 5.2.3 Metrado de los Materiales:

**Tabla N° 5.7:** Metrado del Codo Refrigerado 1

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Und	10
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Und	80
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	5
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	11
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	12
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	33
7	Pintura Sherwin Williams	Gl	1/2
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	2
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	0.3

**Tabla N° 5.8:** Metrado del Codo Refrigerado 2

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Und	08
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Und.	80
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	5
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	11
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	12
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	33
7	Pintura Sherwin Williams	Gln.	1/2
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	2
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	0.3

**Tabla N° 5.9:** Metrado del Ducto Refrigerado

Item	Descripción	Und.	Cantidad
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Pza	14
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Pza	80
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	20
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	55
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	24
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	150
7	Pintura Sherwin Williams	Gl	2
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	10
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	1.5

#### 5.2.4 Proceso de Corte:

Hay dos tipos de cortes para la fabricación de los codos y ducto:

- Corte por equipo Oxi – Acetilénico: Tubos y preparación de machina.
- Corte por Discos de Corte: Codos y accesorios.

Para el proceso de corte de los tubos, se deberá de verificar el desarrollo de los tubos para calcular las distancias de los tramos de los tubos.

El corte de los tubos deberá ejecutarse con equipos de oxiacetilénico.

Los bordes cortados con soplete oxiacetilénico que estará sujeto a esfuerzos importantes, o, sobre los cuales se depositará soldadura, deberán quedar libre de estrías. Cualquier estría que quede del corte se eliminará por esmerilado.

Todas las esquinas entrantes se redondearán, para que queden libres de tensiones.

**Condiciones de Trabajo:**

- Proceso de corte: oxicorte
- Gas a emplearse: oxígeno y acetileno
- N° de Boquilla recomendado: # 2

El rendimiento según datos técnicos se verifica en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5.10:** Rendimiento del Proceso de Corte por Equipo Oxiacetilénico

<b>Espesor</b>	<b>Velocidad (cm/min.)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/h)</b>
0.65	40-46	1.4-2.5

**Tabla N° 5.11:** Consumo de Oxígeno y Propano

<b>Descripción</b>	<b>Rendimiento</b>
Longitud de corte (cm)	19
# de Cortes	180
Longitud Total de Corte (cm)	3420
Velocidad de Corte (cm/h)	2400
Tiempo de Corte (h)	1.8
Consumo (m <sup>3</sup> /h)	2.5

De esta forma se encuentra el volumen de Oxígeno que es igual a  $1.8 \times 2.5 = 4.5\text{m}^3$

Considerando que el consumo de propano tiene una equivalencia del 15% del Oxígeno, entonces el volumen de Propano será de  $0.8\text{m}^3$ .

El corte de los codos será realizado por discos de corte y el acabado de todos los cortes ya sea por equipos oxiacetilénicos o por discos de corte, serán realizados por discos abrasivos o de desbaste.

Los discos que se usarán son:

Disco de Corte de  $7'' \times 7/8'' \times 1/8''$ . Marca Abralite

Disco de Desbaste de  $7'' \times 7/8'' \times 1/4''$ . Marca Abralite

#### **5.2.5 Proceso de Doblado:**

- Se deberá de preparar un modelo con el perfil de curvatura de los tubos (machina).
- Los tubos cortados se llevarán a una roladora para un doblado en frío.
- Todos los tubos serán verificados con el modelo (machina), en caso de presentar curvaturas serán enderezadas por una prensa hidráulica.

#### **5.2.6 Armado y Ensamble:**

Para el armado y ensamble se deberá de fabricar una "Machina" o esqueleto con el perfil interior del codo.

Luego se procederá a armar los 04 tubos principales en los cuadrantes de la parte circular del codo apuntalándolo sobre las platinas de la machina.

Luego se procede a completar el armado con los demás tubos.

**5.2.7 Soldeo:**

Ver Capítulo 5.4 (Procedimiento de soldadura)

**5.2.8 Inspección de la Fabricación:**

Ver formato de Calidad para Inspección de la Fabricación:

Tabla N° 5.12: Hoja de Inspección de la Fabricación

	<b>METALLURGICA PERUANA S.A</b>		Formato N°:							
			Semana N°:							
Contrato N°:	CCN°:	Revisión:	Hoja							
<b>INSPECCIÓN DE LA FABRICACIÓN</b>										
<b>Check List</b>										
Realizado por:		Registro N°:								
Plano de referencia										
Planta / Área										
Responsable:		Contratista								
<b>RESULTADOS</b>										
DESCRIPCIÓN	Bueno	Regular	Malo	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
	B	R	M							
	Resumen Semanal									
Recepción de Materiales										
Proceso de Corte										
Proceso de Doblado										
Armadura y Ensamble										
Proceso de Soldadura										
Estado de Herramientas										
Seguridad Personal										
Orden y Limpieza										
Otros										
Observaciones										
Elaborado por		QA/QC MEPSA		Cliente						
Nombre		Nombre		Nombre						
Firma		Firma		Firma						

### **5.2.9 Prueba Hidrostática e Hidrodinámica:**

Se le realizan pruebas de hermeticidad y resistencia a los codos y ductos refrigerados de la siguiente manera:

- **Prueba Hidrodinámica:**

Presión: 150 PSI (\*\*)

Caudal: 80 GPM (\*\*)

- **Prueba Hidrostática:**

Presión: 120PSI (\*\*)

Tiempo: 1 HORA (\*\*)

**\*\* Recomendación de la Empresa Vai Fuch de México.**

## **5.3 Soldadura:**

### **5.3.1 Características Generales:**

La elección de los electrodos y la preparación del biselado han sido determinada basándose en la norma ASME Sección IX Artículo II QW-200 – QW-250.

### **5.3.2 Procedimiento de soldadura:**

La soldadura debe aplicarse con un arco de corriente continua (DC) de polaridad positiva y electrodos de soldadura según se indica en la sección V. Al hacer la soldadura se deberá usar el rango de polaridad y corriente

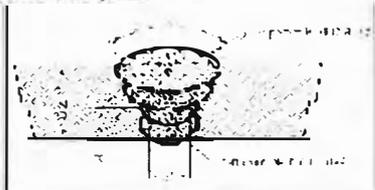
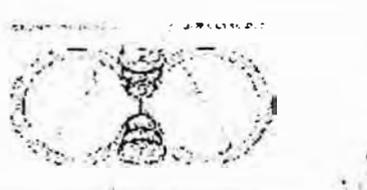
recomendado. Los electrodos usados deberán contar con los requerimientos de clase de material especificados en la AWS A5.15 O AWS A5.6 (ASME SFA5.6) estos electrodos serán capaces de producir soldaduras adecuadas sin pre-calentar ni post-calentar la tubería.

Las superficies a soldar deberán estar libres de escoria, herrumbre, grasas, pinturas, y cualquier otra partícula extraña. Deberán suministrarse los medios de enlace provisional que garanticen el correcto depósito de la soldadura y para evitar las deformaciones de las piezas por soldar, a fin de disminuir los esfuerzos residuales.

La soldadura de taller se ejecutará en posición horizontal y por arriba. La soldadura deberá formar una unión homogénea y sólida con los materiales unidos y no deberá presentar poros ni escoria. En las soldaduras que se requieran varios pasos del electrodo para dar el espesor total, se deberá quitar la escoria después de cada paso, el siguiente paso se hará sólo si el anterior tiene una temperatura admisible al tacto de la mano.

El trabajo de soldadura deberá efectuarse con Personal Calificado de acuerdo al código para soldadura NTP 399.800 (soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas). Para ello es necesario realizar un WPS (Welding Proceder Specification – Especificación de Procedimiento de Soldadura), que se presenta a continuación:

Tabla N° 5.13: Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS)

 <b>WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)</b> According with ASME SECCION IX ARTICLE III, PART QW 200 to QW 250							
Nombre Compañía: MEPSA / Codo Refrigerado			WPS N°: QW 489		Fecha: JULIO 2006		
Telefono/Fax:			Revisión N°: 01		Fecha: JULIO 2006		
e-mail: wgoycocheaj@demusa.com.pe			Preparado por: Walter Goycochea B.				
Welding: SMAW				Tipo: MANUAL			
<b>JUNTAS</b> Diseño de junta: a tope, Groove Weld Respaldo: ----- Material de respaldo: ASTM A 306 Abertura de raíz: 3/32" (Uniforme) Dimensión de cara de raíz: Angulo de ranura: 60° (ver esquema) Radio (J-U): ----- Backgouging: -----				<b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS</b> Corriente AC o DC: AC Polaridad: ELECTRODO POSITIVO Rango de amperaje: 80 - 150 amps Rango de Voltaje: 25 - 30 Velocidad de alimentación de electrodo: 1 minuto Modo de transferencia (GMAW): ----- Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno (GTAW): -----			
<b>METAL BASE</b> Especificación: ASTM A 106 (ASME I, PG-9.1) Tipo o grado: C Espesor de base a filete: recto ASME IX, QW 452, TYPE S, Grupo P-1				<b>POSICIÓN: 1G, 2G, 3G y 4G</b> Ranura: la indicada Progresión ascendente o descendente: Ascendente Filete: NN			
<b>METAL DE APORTE</b> Especificación: AWS: A5.1 Clasificación: E7018				<b>PROTECCIÓN</b> Flux: ----- Gas: ----- Composición: Revestimiento con bajo hidrogeno Fluido: -----			
<b>TECNICA</b> Amastre u oscilación: Uniforme Multipase o pase simple (por lado): Simple Nº de electrodos: Oscilación:				Distancia del tipo de contacto a la pieza de trabajo: Marateo: no Limpieza de interpase: -----			
<b>PRECALENTAMIENTO</b> Temp. Precalentamiento min.: 120-160° C Temp. interpase min.: --- Temp. interpase max.: ---				<b>TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA</b> Temp: --- Tiempo: ---			
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA							
Fase N°	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance (mm/s)
		Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje(A)		
1	SMAW	AWS A5.1	3/32" Ø	DC EP	80 - 110 amps	25 - 30	1.5
2-5	SMAW	AWS A5.1	1/8" Ø	DC EP	100 - 130 amps	25 - 30	1.5
<b>Detalle de junta</b>  							

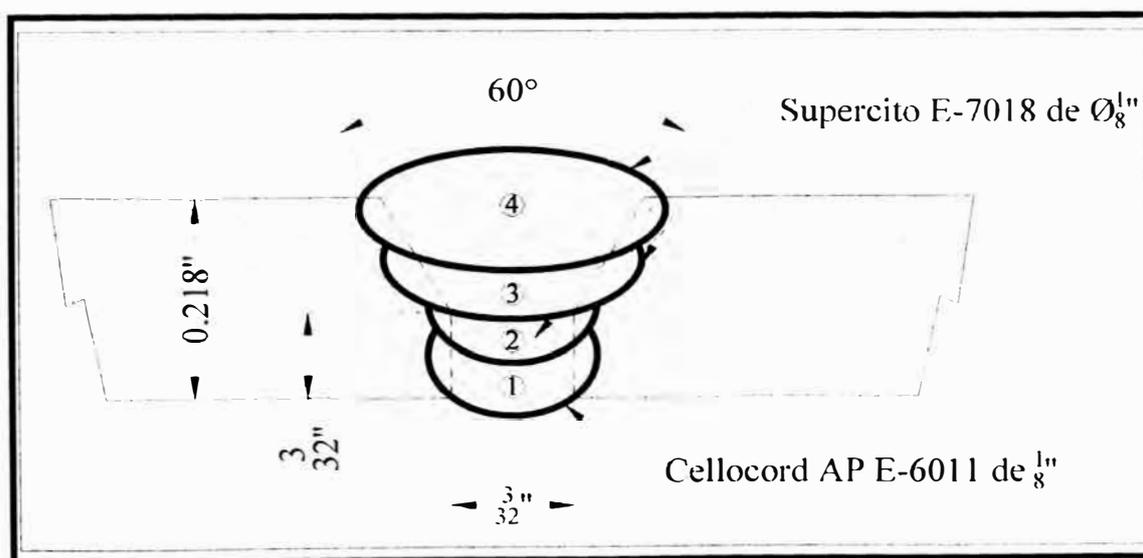
WALTER GOYCOCHEA B.  
 CIP # 67312  
 CWT # 64070634

### 5.3.2.1 *Diseño de Junta:*

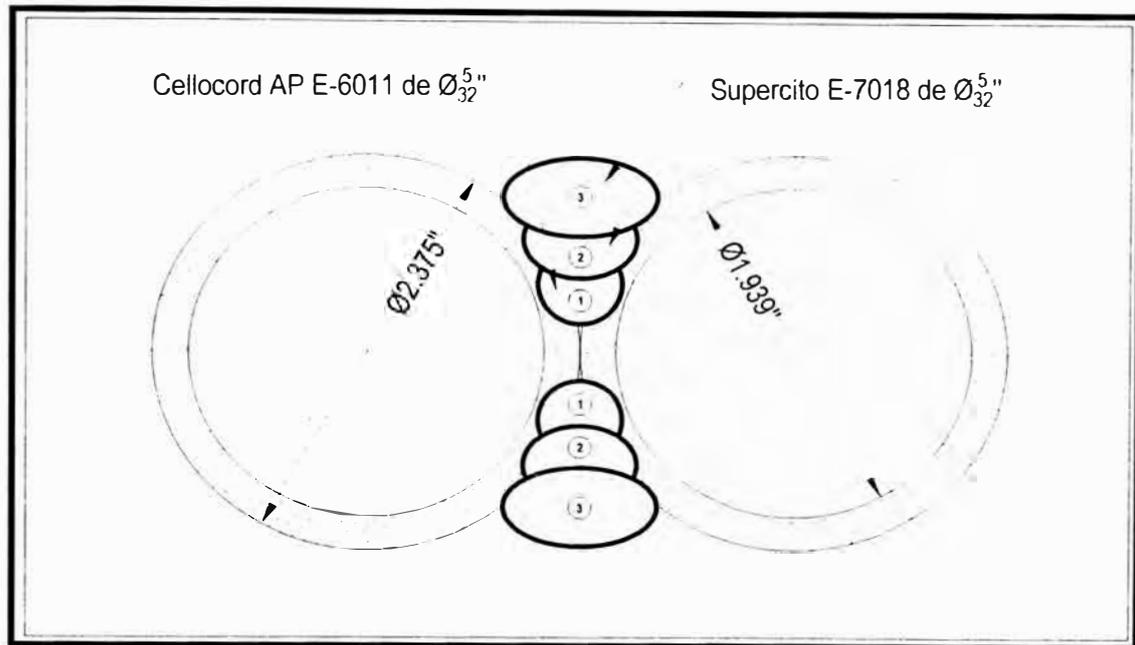
La preparación del biselado para juntas de conexión (conformación de codo de 180° y unión codo- tubo) ha sido determinada basándose en la norma ASME Sección IX Artículo II, QW-200 – QW-250. Ver Fig. N° 5.1 y Fig. N° 5.2.

- Angulo de ranura 60°
- Altura de raíz: 3/32"
- Separación de bordes: 3/32"

El bisel es preparado con la ayuda del esmeril angular con disco de ¼", verificando la limpieza interna, externa, la geometría de los bordes con la ayuda del calibrador de acuerdo al procedimiento calificado.



**Figura N° 5.1** Diseño de Junta entre Tubos y Codos



**Figura N° 5.2** Diseño de Junta entre Tubos

### 5.3.2.2 *Apuntalado:*

El equipo para soldar o la fuente de poder usado en el punteado debe ser de corriente continua con polaridad positiva (DC) con corriente de 70 a 110amp.

El electrodo usado para el punteado debe ser E-6011 de 1/8".

### 5.3.2.3 *Pase de Penetración:*

El equipo para soldar o la fuente de poder usado en la realización del pase de raíz debe ser de corriente continua con polaridad positiva (DC) con corriente de 70 a 110amp.

El electrodo usado para el pase de penetración debe ser E-6011 de 1/8". La oscilación del electrodo debe ser en latigazo, circular continua, y invertida o combinada.

Una vez terminado el pase de raíz en su totalidad, proceder con la respectiva limpieza y esmerilado de la cara exterior con la ayuda de la pulidora usando disco de 1/8".

#### **5.3.2.4 *Pase de Relleno:***

El equipo para soldar o la fuente de poder usado en la realización del pase de relleno puede ser de corriente continua con polaridad positiva (DC) con amperaje de 90 a 130amp.

El electrodo usado para el pase de relleno debe ser E-7018 de 1/8".

La oscilación del electrodo puede ser en: media luna positiva o negativa, zigzag, circular continua, v invertida o combinada.

#### **5.3.2.5 *Pase de Presentación:***

El equipo para soldar o la fuente de poder usado en la realización del pase de presentación puede ser de corriente alterna o corriente continua con polaridad positiva (DC) con amperaje de 90 a 130amp.

El electrodo usado para el pase de presentación debe ser E-7018 de 1/8".

La oscilación del electrodo puede ser en: media luna positiva o negativa, zigzag, circular continua, v invertida o combinada.

### 5.3.2.6 Características Eléctricas:

**Tabla N° 5.14:** Características Eléctricas de los Electrodo

<b>DESCRIPCION</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>AMPERAJE (A)</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>
Cellocord AP E-6011	1/8"	80-110	25-30
Supercito E-7018	1/8"	100-140	25-30
Cellocord AP E-6011	5/32"	120-160	30
Supercito E-7018	5/32"	140-200	30

### 5.3.2.7 Inspección Durante el Proceso:

- Si se presenta algún defecto o se detectan discontinuidades no aceptadas, cuando se esta realizando la junta, se debe suspender el proceso y realizar la respectiva corrección.
- En caso de que la preparación de la junta no sea la correcta no se debe iniciar el soldeo hasta tanto no sea corregida.
- Si se presentan corrientes de aire que afecten la zona de fusión, se debe aislar el área de soldeo
- Si se presentan situaciones que no garanticen la seguridad de las personas, equipos e instalaciones se debe suspender el proceso hasta que el inspector de seguridad verifique y autorice la ejecución del trabajo.

- Si se requiere preparar la junta a soldar con oxicrote, se debe cortar dejando una tolerancia de 1/8" mínimo para luego esmerilar y darle las dimensiones requeridas.

### 5.3.2.8 Resumen de Procedimiento de Soldadura:

**Tabla N° 5.15:** Tabla de Procedimiento de soldadura:

<b>Juntas de Conexión</b>							
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/s)
		Clase	Ø (pulg)	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)		
1	SMAW	AWS A5.1	1/8"	DC EP	80-110	25-30	1.5
2-4	SMAW	AWS A5.1	1/8"	DC EP	100-140	25-30	1.5
<b>Soldadura de Tubo a Tubo</b>							
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance (mm/s)
		Clase	Ø (pulg)	Tipo y Polaridad	Amperaje (A)		
1	SMAW	AWS A5.1	5/32"	DC EP	120-160	30	1.5
2-3	SMAW	AWS A5.1	5/32"	DC EP	140-200	30	1.5

## 5.4 Montaje y Lanzamiento:

### 5.4.1 Diagrama de Planeamiento para el Desarrollo del Trabajo:

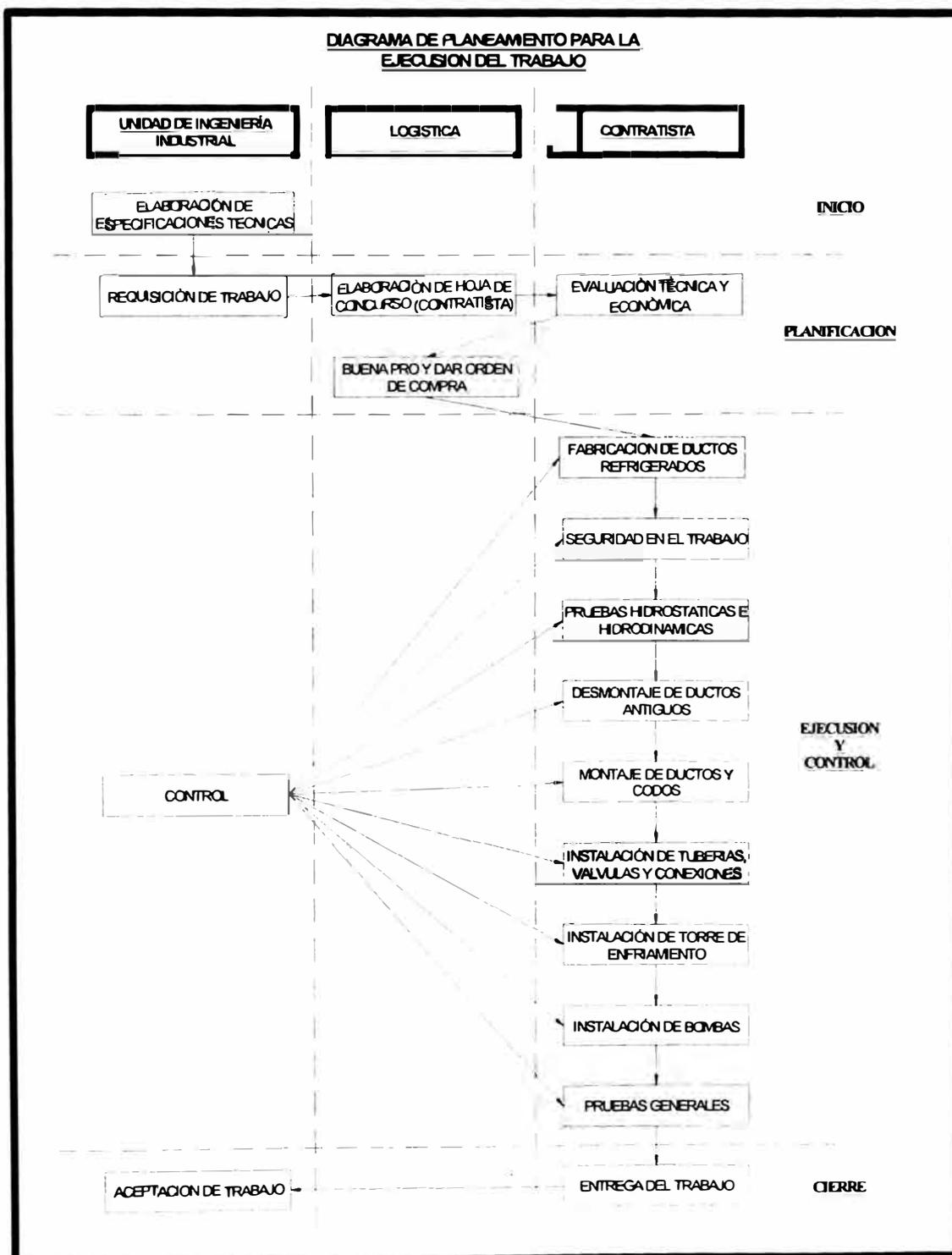


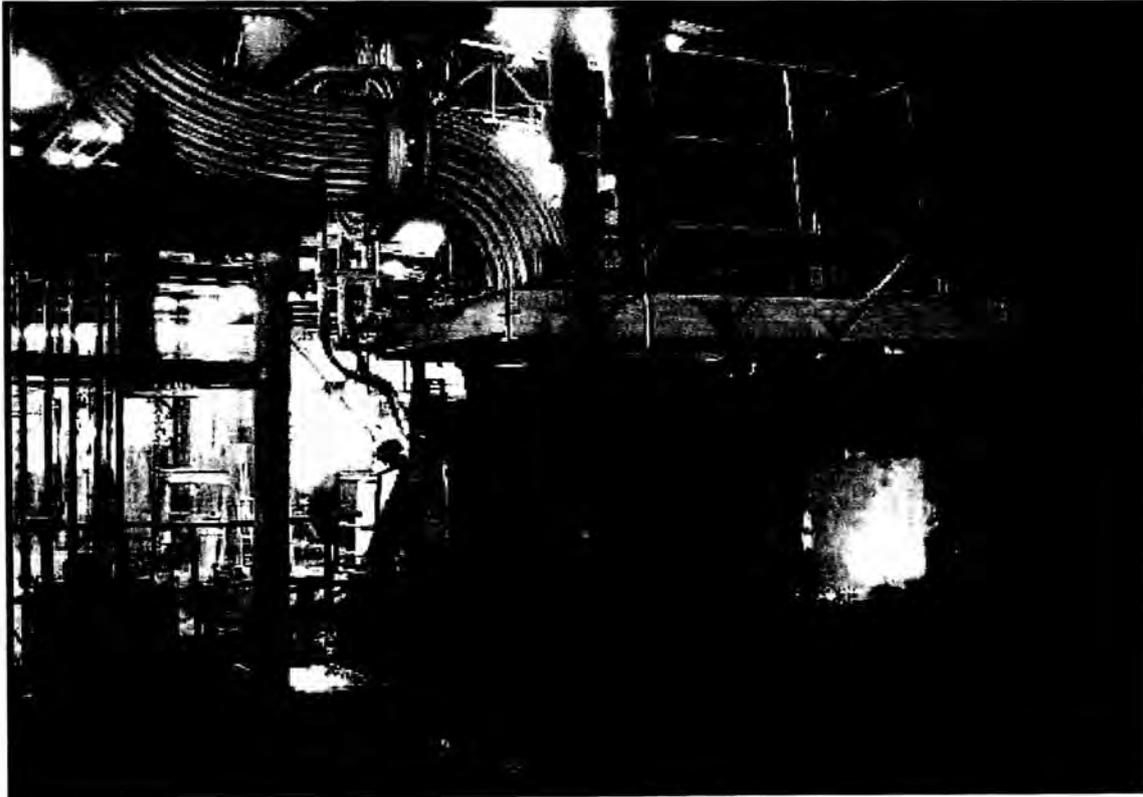
Figura N°5.3 Diagrama de Planeamiento

#### **5.4.2 Normativas de Seguridad**

- Proporcionar el personal necesario debidamente equipado y provisto de los elementos necesarios para la correcta ejecución de la obra.
- Tomar las convenientes precauciones de seguridad, teniendo en cuenta que los trabajos se realizarán con la Planta en operación.
- Mantener en lo posible ordenada y limpia su área de trabajo, evitando causar interferencias con las labores de producción que se realicen en los lugares cercanos la obra. Una vez concluido los trabajos, deberán retirarse los equipos y demás elementos usados en la obra, así como también los residuos que resultaran de la misma.
- Designar una persona idónea que sea responsable de los trabajos que se ejecutan, quién realizará todas las coordinaciones con la persona asignada por MEPSA para tales fines.

### 5.4.3 Resultados del Trabajo

Como se presenta en la figura 5.4, el horno se encuentra en pleno funcionamiento sin emanar humos al medio ambiente; los codos y ducto recto trabajando sin ningún problema.



**Figura N° 5.4** Funcionamiento del Horno de Fundición

**CAPITULO VI**  
**EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Como parte del trabajo realizado, es necesario saber el ahorro anual que se tiene con el cambio hecho.

**6.1 Costo de Materiales (CM):**

**Tabla N° 6.1:** Costo de Materiales del Codo Refrigerado N°1

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Pza	10	70.00	700.00
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	.	80	2.50	200.00
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	5	3.50	17.50
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	11	3.80	41.80
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	12	3.50	42.00
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	33	3.80	125.4
7	Pintura Sherwin Williams	Gln.	1/2	30.00	15.00
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	2	3.50	7.00
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	0.3	8.00	2.40
10	Disco de corte de 7" x 7/8" x 1/8"	Und.	160	3.00	480.00
11	Disco abrasivo de 7" x 7/8" x 1/4"	Und.	80	4.00	320.00

**Total: \$ 1951.10**

Este Costo No incluye el I.G.V.

**Tabla N° 6.2:** Costo de Materiales del Codo Refrigerado N°2

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Und	8	70.00	560.00
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Und.	80	2.50	200.00
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	5	3.50	17.50
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	11	3.80	41.80
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	12	3.50	42.00
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	33	3.80	125.4
7	Pintura Sherwin Williams	Gln.	1/2	30.00	15.00
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	2	3.50	7.00
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	0.3	8.00	2.40
10	Disco de corte de 7" x 7/8" x 1/8"	Und.	160	3.00	480.00
11	Disco abrasivo de 7" x 7/8" x 1/4"	Und.	80	4.00	320.00

**Total: \$ 1826.10**

Este Costo No incluye el I.G.V.

**Tabla N° 6.3: Costo de Materiales del Ducto Refrigerado**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
1	Tubo ASTM A-106 Ø 2" SCH. 80	Und	14	70.00	980.00
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Und.	80	2.50	200.00
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	20	3.50	70.00
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	55	3.80	209.00
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	24	3.50	84.00
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	150	3.80	570.00
7	Pintura Sherwin Williams	Gln.	2	30.00	60.00
8	Oxigeno	m <sup>3</sup>	10	3.50	35.00
9	Acetileno	m <sup>3</sup>	1.5	8.00	12.00
10	Disco de corte de 7" x 7/8" x 1/8"	Pza	160	3.00	480.00
11	Disco abrasivo de 7" x 7/8" x 1/4"	Pza	80	4.00	320.00

**Total: \$ 3020.00**

Este Costo No incluye el I.G.V.

**Resumen Total de Costos de Materiales:**

**Tabla N° 6.4:** Costo de Materiales Principales para 02 codos y 01 ducto (CMP)

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
1	Tubo ASTM A-106 de Ø 2" SCH. 80	Und	32	70,00	2240,00
2	Codo ASTM A-106 de 90° Ø 2" SCH 80	Und	240	2,50	600,00
3	Pintura Sherwin Williams	Gln.	2	30,00	60,00
<b>Total:</b>					<b>2900,00</b>

**Tabla N° 6.5:** Costo de Materiales Consumibles (CMC)

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
1	Disco de Corte de 7" x 7/8" x 1/8"	Pza	480	3,00	1440,00
2	Disco Abrasivo de 7" x 7/8" x 1/4"	Pza	240	4,00	960,00
3	Cellocord AP E-6011 de 1/8"	Kg.	20	3,50	70,00
4	Supercito E-7018 de 1/8"	Kg.	55	3,80	209,00
5	Cellocord AP E-6011 de 5/32"	Kg.	24	3,50	84,00
6	Supercito E-7018 de 5/32"	Kg.	150	3,80	570,00
7	Oxigeno	m <sup>3</sup>	10	3,50	35,00
8	Acetileno	m <sup>3</sup>	1,5	8,00	12,00
<b>Total:</b>					<b>3,380.00</b>

- **Costo Total de Materiales: CM**

$$CM = CMP + CMC$$

$$CM = \$ 2900.00 + \$ 3380.00 = \$ 6,280.00$$

## 6.2 Costo de Mano de Obra (CMO):

Para este caso se da un porcentaje en base al costo total de Materiales.

De la Siguiete manera:

$$CMO = 80\% \times CM = \$ 5,024.00 (*)$$

\* Revisar Bibliografía: Estimación de los Costos de Construcción Cap. 19.

Estructuras de Acero, Pág. 422

## 6.3 Costo de Herramientas y Equipos (CHE):

Para este caso se ha calculado que para la fabricación de 02 codos y un ducto refrigerado se demoran en fabricarlos desde la Orden de compra 2100 hrs.

El costo actual de equipos para este tipo de trabajos esta en el orden de <0.4 a 0.6> \$/hr.

Por lo tanto damos un factor de 0.5 \$/hr. (\*\*)

$$CHE = 0.5 \times 2100 = \$1,050.00$$

\*\* Datos del precio actual en el sector de construcción en el 2007.

## 6.4 Costo Directo (CD):

$$CD = CM + CMO + CHE$$

$$CD = \$6,280.00 + \$5,024.00 + \$1,050.00 = \$12,354.00$$

**6.5 Gastos Generales (GG):**

$$GG = <25 - 40> \% \times CD$$

Damos:  $GG = 30\% \times CD$  (\*\*\*)

$$GG = 0.30 \times 12,354.00 = \$3,706.20$$

\*\*\* Datos actuales en el sector de construcción en el 2007.

**6.6 Utilidades (U):**

$$U = <5 - 20>\% \times CD$$
 (\*\*\*)

$$U = 0.1 \times 12,354.00 = \$1,235.40$$

\*\*\* Datos actuales en el sector de construcción en el 2007.

**6.7 Costo de Venta (CV):**

$$CV = CD + GG + U$$

$$CV = \$12,354.00 + \$3,706.20 + \$1,235.40 = \$17,295.60$$

**6.8 Precio de Venta (PV):**

$$PV = CV + CV \times IGV$$

IGV: 19% (Impuesto General de Venta)

$$P = \$17,295.60 + 0.19 \times \$17,295.60 = \$20,581.00$$

**Nota:** Damos el tiempo estimado de duración de los Codos y Ductos: 5 años.

**6.9 Costo de Fundición de Ductos Originales:**

La composición química de los codos y ductos eran: Carbono: 0,30 a 0,50%, Manganeso: 0,60 a 0,90%, Silicio: 0,50 a 1,0%, Fósforo y Azufre: máx. 0,40%,

Níquel: 18 a 22%, Cromo: 24 a 28%, Molibdeno: máx. 0,40%, Cobre: máx. 1,0%,  
Aluminio y Estaño: máx. 0,06%.

- Costo de Codo 1: \$ 1,300.00 (Fundición). Tiempo de duración: 3 meses
- Costo de Codo 2: \$ 1,250.00 (Fundición). Tiempo de duración: 4 meses
- Costo de Ducto Recto: \$ 650.00 (Plancha de ¼'' de espesor). Tiempo de duración: 12 meses.

**Hallamos la inversión anual de estos ductos:**

- Costo de Codo 1 – anual:  $\$1,300.00 \times 12/3 = \$5,200.00$
- Costo de Codo 2 – anual:  $\$1,250.00 \times 12/4 = \$3,750.00$
- Costo de Ducto Recto – anual: \$650.00
- Costo Total Anual:  $\$ 5,200.00 + \$3,750.00 + \$650.00 = \$9,600.00$
- Costo de la Inversión: \$20,581.00

Entonces:  $\$20,581.00 / \$ 9,600.00 = 2.14 \text{ años} = 26 \text{ meses}$

Hasta el 26 avo mes se recupera la inversión.

Se estima una duración de los codos y ducto: 5 años.

Por lo tanto el ahorro es:  $60 \text{ meses} - 26 \text{ meses} = 34 \text{ meses}$

**Ahorro =  $34 \times \$9,600.00 / 12 = \$27,200.00$  en 5 años**

## CONCLUSIONES

1. Se logró cumplir con los regímenes de contaminación del medio ambiente según monitoreos realizados.
2. Se obtiene un beneficio de USD \$27,200.00 en 5 años.
3. Este trabajo fue realizado hace año y medio y hasta la fecha no tiene ningún problema de funcionamiento y trabaja correctamente.
4. Por el sistema de refrigeración que existe y no hace deteriorar las tuberías conformadas también refrigera los humos que salen del horno y no tenemos problemas de encendido por chispas altamente caliente que se incrustaban en las mangas del filtro.
5. Se redujo los gastos de mantenimiento a solamente una inspección diaria de las presiones y temperatura de salida e ingreso del agua por parte del personal operario.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario cumplir con el plan de mantenimiento de las bombas y la torre de enfriamiento, en caso de falla el agua detenida dentro de los codos y ductos pasará a un estado de ebullición, además de aumentar la presión podría traer consecuencias mayores con el personal.
- Para esto se debería colocar una válvula de alivio regulada a una presión de 120PSI.
- Para la construcción de los tubos no se permitieron juntas entre tubos, deberían de ser tramos enteros, solamente se soldarían los codos y niples de ingreso y salida de agua.

**BIBLIOGRAFIA**

1. **Hemeon W.C.L.**, Plant and Process Ventilation, 2<sup>da</sup> Ed., Industrial Press INC, New York, 1963.
2. **Donald Q. Kern**, Procesos de Transferencia de Calor, 4<sup>ta</sup> Ed., México, 1971.
3. **Universidad Nacional de Ingeniería**, Tabla de “Fundamental Of Classical Thermodynamics”, Lima – Perú, 1995.
4. **Robert L. Peurifoy**, Estimación de los Costos de la Construcción, McGraw Hill, México, 1985.
5. **M. David Burghardt**, Ingeniería Termodinámica, McGraw Hill, México, 1985.
6. **FUCHS de México SA de CV**, Construcción de Paneles Refrigerados, México, 2003.

## APENDICE

### CONTENIDO

- **Tabla N°1. Conductividad Térmica de algunos materiales**
- **Gráfica N°1. Temperatura Vs Conductividad Térmica**
- **Tabla N° 2. Valores Típicos del coeficiente de transferencia de calor “h”**
- **Gráfica N°2. Número de Nusselt**
- **Tabla N°3. Propiedades Físicas de Algunos Fluidos**
- **Tabla de Selección de Bomba**
- **Catálogo Körper**
- **Gráfica 3: Curva de Operación de la Bomba del Circuito de Cerrado**

**Tabla N°1: Conductividad Térmica de algunos Materiales:**

<i>Material</i>	<i><math>k</math>, W/m°C</i>
Poliestireno rígido	0.027
Fibra de vidrio	0.036
Aire	0.0263
Agua	0.613
Ladrillo común	0.72
Refractario	1.0
Acero AISI 302	15.1
Acero AISI 1010	63.9
Aluminio puro	237
Cobre puro	401

Gráfica N°1: Temperatura Vs Conductividad Térmica:

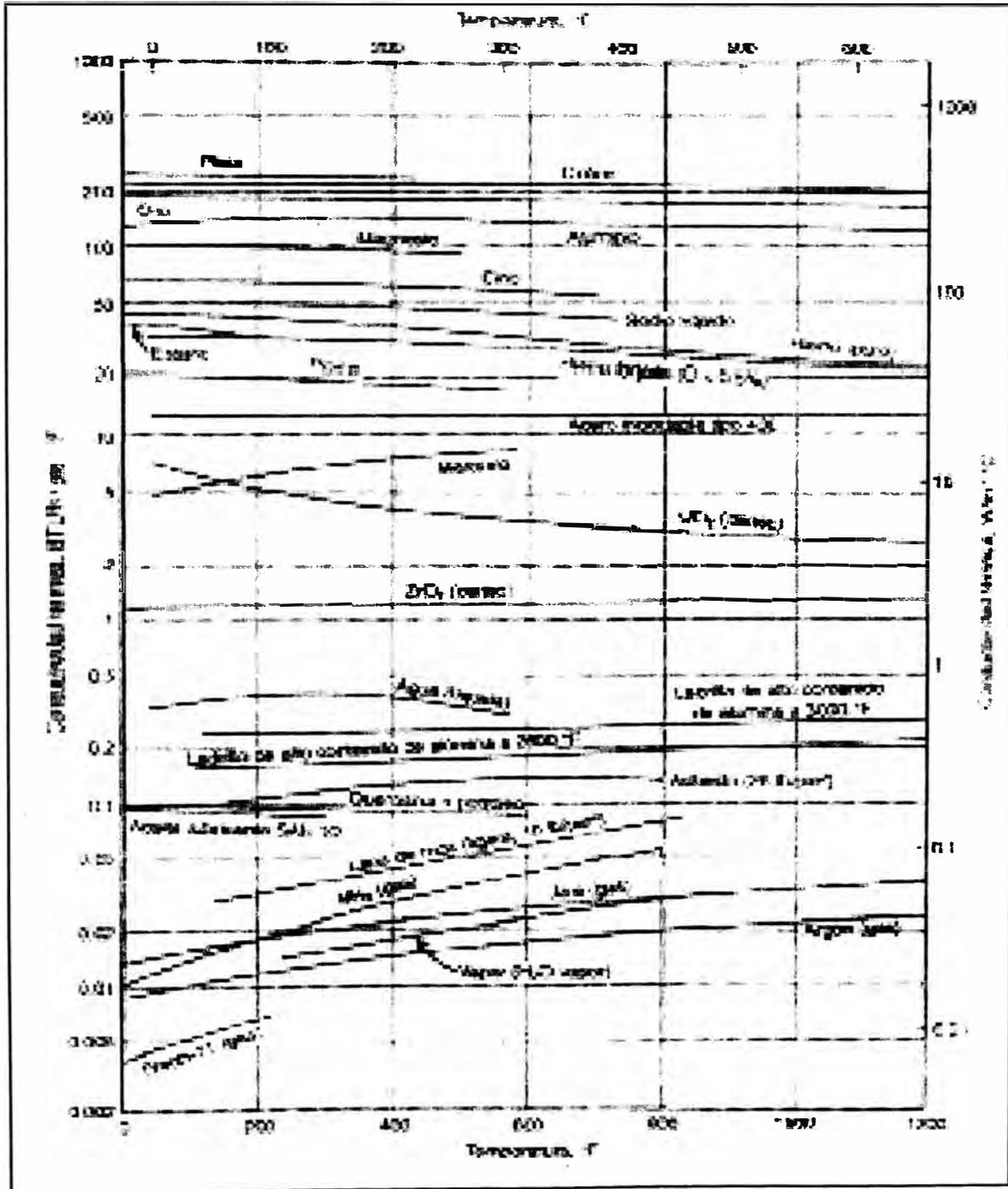
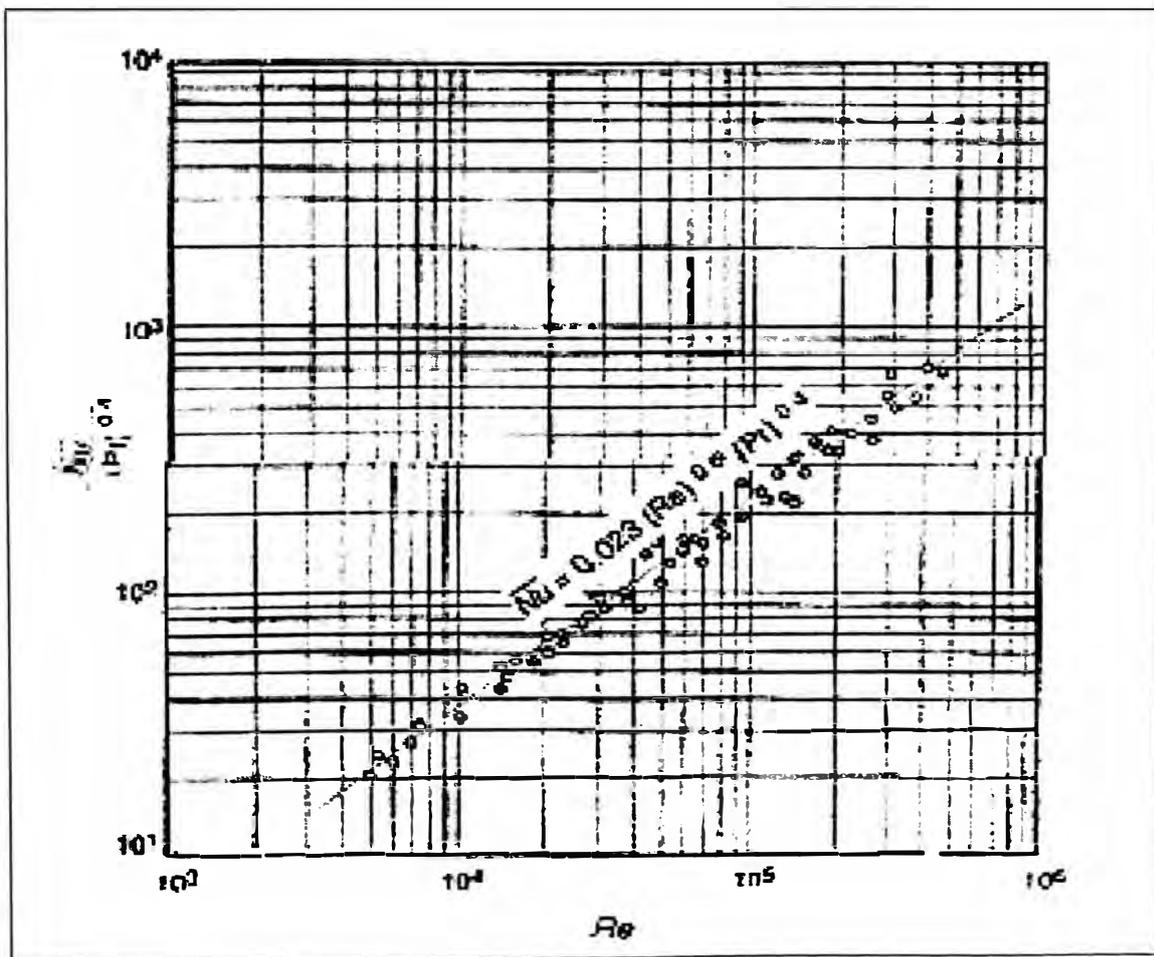


Tabla N° 2: Valores Típicos del coeficiente de transferencia de calor “h”

Proceso	h, W/m <sup>2</sup> K
Convección libre	
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convección forzada	
Gases	25-250
Líquidos	50-20 000
Convección con cambio de fase	
Ebullición o condensación	2500-100 000

Gráfica 2: Número de Nusselt



**Tabla N°3: Propiedades Físicas de Algunos Fluidos**

Aire seco a presión atmosférica							
Temperatura $T$ K	Densidad $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Calor específico $c_p$ J/kg · K	Conductividad térmica $\lambda$ W/m · K	Difusividad térmica $\alpha \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	Viscosidad dinámica $\mu \times 10^6$ N · s/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl Pr
273	1.252	1011	0.0237	19.2	17.456	13.9	0.71
293	1.164	1012	0.0251	22.0	18.240	15.7	0.71
313	1.092	1014	0.0265	24.8	19.123	17.6	0.71
333	1.025	1017	0.0279	27.6	19.907	19.4	0.71
353	0.968	1019	0.0293	30.6	20.790	21.5	0.71
373	0.916	1022	0.0307	33.6	21.673	23.6	0.71
473	0.723	1035	0.0370	49.7	25.693	35.5	0.71
573	0.596	1047	0.0429	68.9	39.322	49.2	0.71
673	0.508	1059	0.0485	89.4	32.754	64.6	0.72
773	0.442	1076	0.0540	113.2	35.794	81.0	0.72
1273	0.268	1139	0.0762	240	48.445	181	0.74

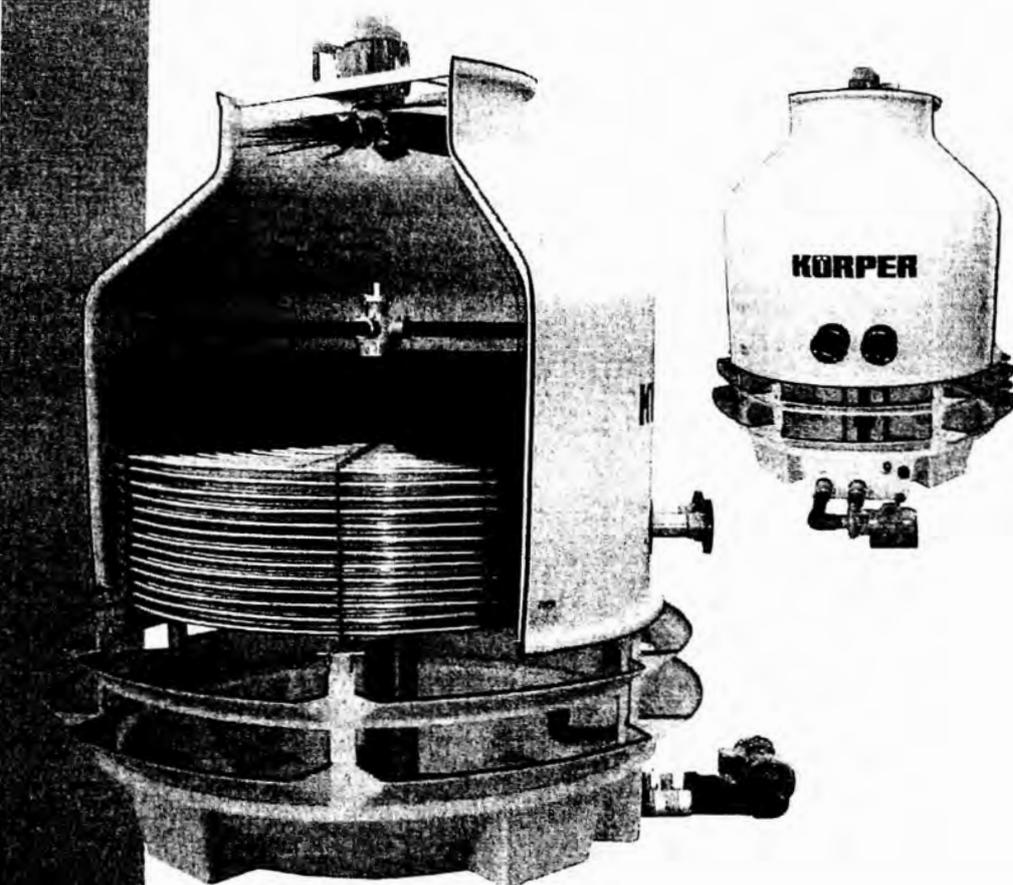
Agua a la presión de saturación							
Temperatura $T$ K	Densidad $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Calor específico $c_p$ J/kg · K	Conductividad térmica $\lambda$ W/m · K	Difusividad térmica $\alpha \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	Viscosidad dinámica $\mu \times 10^6$ N · s/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl Pr
273	999.3	4226	0.558	0.131	1794	1.789	13.7
293	998.2	4182	0.597	0.143	993	1.006	7.0
313	992.2	4175	0.633	0.151	658	0.658	4.3
333	983.2	4181	0.658	0.159	472	0.478	3.00
353	971.8	4194	0.673	0.165	352	0.364	2.25
473	868.4	4211	0.682	0.169	278	0.294	1.75
573	712.5	5694	0.564	0.132	92.2	0.128	0.95

FUENTE: K. Razafindralandy, Handbook of Thermodynamic Tables and Charts (1979) by CRC Press, Inc. (1976), Company, 1976).

## Catalogo Korper:

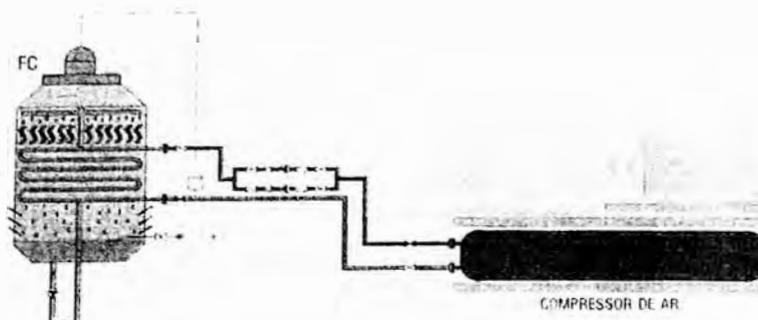
**KÖRPER**

FC



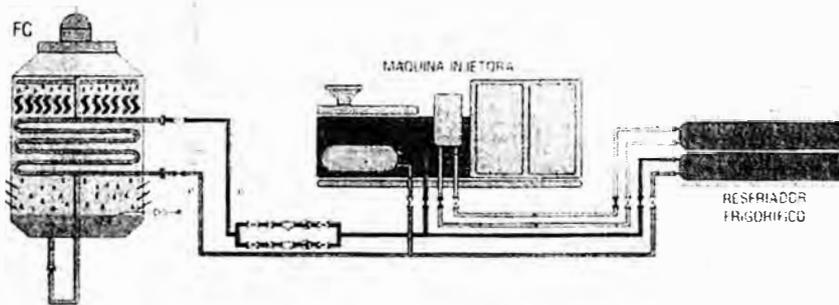
- Não polui o meio ambiente.
- Baixa manutenção.
- Baixo consumo de água.

## APLICAÇÕES TÍPICAS



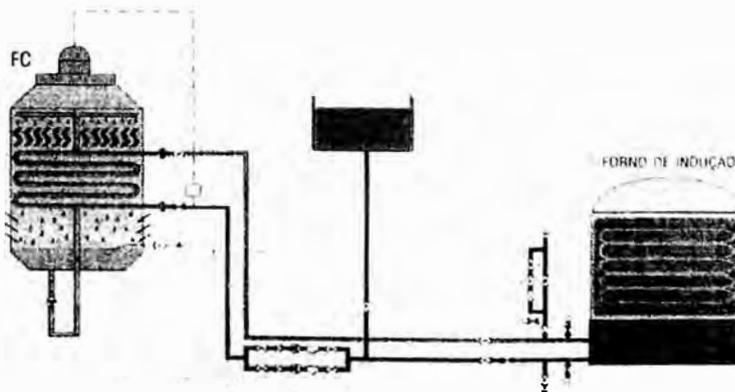
### COMPRESSORES DE GRANDE CAPACIDADE

Utilizados também para pós-resfriadores (after coolers). Mantem os trocadores sempre limpos, a fim de garantir o rendimento térmico do ciclo de compressão e elimina a necessidade de paradas para limpeza dos componentes.



### SUPLEMENTO PARA MÁQUINAS TRANSFORMADORAS DE PLÁSTICO

Ótima performance para injetoras, sopradoras, extrusoras e outras, principalmente para resfriamento dos trocadores de calor das unidades hidráulicas.



### FORNOS, TEMPERAS E AQUECIMENTO INDUTIVO EM GERAL

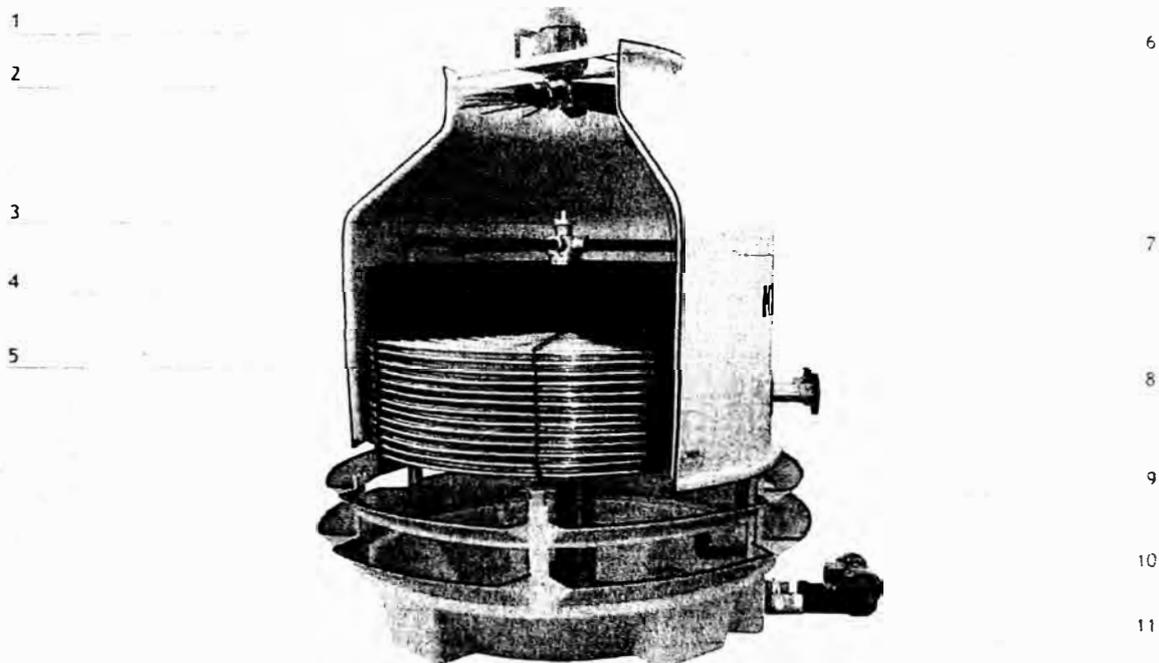
A serpentina em cobre permite utilização direta em sistemas de aquecimento por indução, onde a qualidade da água é de suma importância.

O equipamento foi projetado para trabalhar com água deionizada ou desmineralizada resistente a altas pressões e altas temperaturas.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / CONSTRUTIVAS

**KÜRPER**

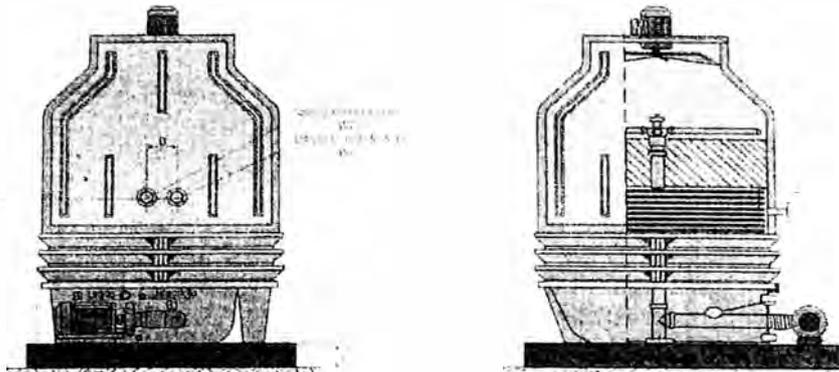
- 1. Motor elétrico**  
Totalmente fechado - Isolamento classe B proteção IP55
- 2. Ventilador**  
Tipo axial, acoplado diretamente ao motor, forma um conjunto simples, robusto e de fácil manutenção. Passagem polipropileno em PRFV, perfis aerodinâmicos tipo "air foil" garantem bom rendimento, melhoram o nível de ruído e reduzem o consumo de energia
- 3. Distribuidor de água rotativo**  
Construído em alumínio, interno em aço inoxidável permitiu excelente distribuição de água sobre o enchimento
- 4. Enchimento**  
Em formato de grades montadas de modo a comporem elementos de grande resistência mecânica, permitem fácil limpeza e limpeza sem destruição do elemento, prolongando assim sua vida útil. Material polipropileno pintado
- 5. Serpentina de cobre**  
Possui fácil acesso para limpeza, apoiada em estrutura independente da lateral do fechamento. Completamente executada em cobre, formada por espiras concêntricas e tubos coletores nas extremidades. Garante a pureza do fluido a ser resfriado. Minimiza incrustações externas e trabalha com baixa perda de pressão.



- 6. Componentes metálicos**  
Executados em aço-carbono com galvanização a fogo que garantem ótima proteção contra corrosão. Parafusos em aço inoxidável (AISI 316)
- 7. Carcaça**  
Construída em políster reforçado com fibra de vidro (PRFV) não corrosivo e de baixa perda. O formato cilíndrico garante ótima distribuição de ar interno e oferece baixa resistência à sua passagem, o que resulta em menor consumo de energia
- 8. Conexões entrada / saída de água**  
Flanges padrão ANSI com rosca que podem ser removidas caso a conexão seja a conexão por rosca diretamente
- 9. Venezianas de entrada de ar**  
Garantem ótima distribuição do ar em 360° e evita respingos.
- 10. Bomba de recirculação de água interna**  
Suciona do reservatório e recalca líquido para a parte superior do enchimento. Carcaça e rotor em ferro fundido
- 11. Reservatório autoportante**  
Com todos os cantos arredondados que facilitam a limpeza e evitam acúmulo de sujeira.

# FC - RESFRIADORES DE LÍQUIDOS

Capacidade: 1000 a 10000 l/h



1 - NÍVEL DE RUÍDO A 1M DE DISTÂNCIA  
2 - NÍVEL DE RUÍDO A 10M DE DISTÂNCIA

1 - CONEXÃO PARA RESFRIADOR DE LÍQUIDOS (SOLUÇÃO EM 1/2" - 3/4" - 1" - 1 1/2" - 2")  
2 - CONEXÃO PARA LÍQUIDO DE RESFRIAMENTO (SOLUÇÃO EM 1/2" - 3/4" - 1" - 1 1/2" - 2")  
3 - BARRA DE PROTEÇÃO DE FERRO

Modelo ST ou STLN	Dimensões aproximadas						Conexões hidráulicas					Ventilador polos			Bomba circ. assentamento		Peso kg		
	A	ØB	C	D	E	F	ØG	ØH	ØI	ØJ	ØK	CV	ST	STLN	CV	L	M	embar	oper
FC-70/9	195x	140	75	135	40	60	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	140	0,75	4	6	1	110	150	10	10
FC-70/9	220	164	80	150	50	70	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	140	0,75	4	6	1	110	150	10	10
FC-110/9	270	164	84	140	50	110	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	0,75	6	8	1	160	180	15	15
FC-160/9	290	150	80	140	50	130	2"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	1,5	6	8	1	160	180	15	15
FC-220/9	290	170	84	160	50	160	2 1/2"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	1,5	6	8	1	160	180	15	15
FC-270/9	290	190	84	170	50	170	3"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	3	6	8	2	200	230	20	20
FC-270/12	290	190	90	170	50	170	3"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	3	6	8	2	200	230	20	20
FC-320/9	260	210	100	170	50	190	3"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	4	6	8	2	220	250	25	25
FC-320/12	290	210	110	170	50	190	3"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	160	5	6	8	2	220	250	25	25
FC-480/9	310	260	110	200	180	180	4"	1 1/2"	2"	1 1/2"	170	5	6	10	3	270	300	30	30
FC-480/12	320	260	120	200	180	180	4"	1 1/2"	2"	1 1/2"	170	7,5	8	10	3	270	300	30	30
FC-630/9	370	300	120	200	200	200	4"	2"	2"	2"	180	7,5	10	12	3	310	350	35	35
FC-630/12	370	300	130	240	200	200	4"	2"	2"	2"	180	7,5	10	12	3	310	350	35	35
FC-630/15	400	300	130	240	200	200	4"	2"	2"	2"	180	7,5	10	12	3	310	350	35	35
FC-630/18	430	300	130	240	200	200	4"	2"	2"	2"	180	10	10	12	3	310	350	35	35
FC-850/12	370	350	140	240	200	250	4"	2"	2"	2"	190	7,5	10	12	4	350	400	40	40
FC-850/15	400	350	140	240	200	250	4"	2"	2"	2"	180	7,5	10	12	4	350	400	40	40
FC-850/18	430	350	140	240	200	250	4"	2"	2"	2"	180	10	10	12	4	350	400	40	40

### OBSEVAÇÕES:

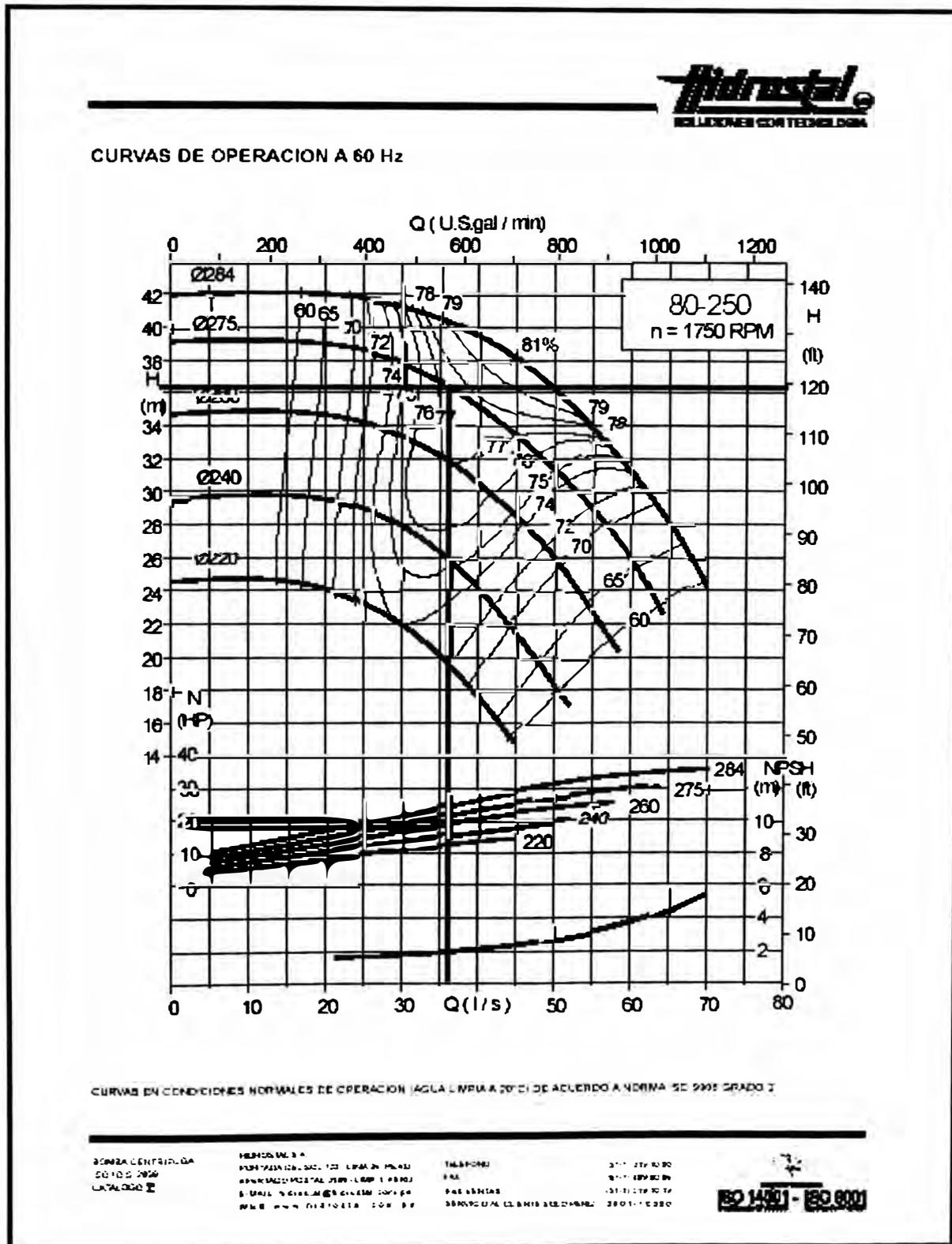
- Conforme a vazão de água a estrutura pronta ser fornecida em duas versões: 100% e 50%.
- Os dados são aproximados e a 10 de 30, o nível de ruído a ser considerado para ser utilizado em ambientes internos e externos.
- Apenas os modelos com capacidade de 1000 l/h.

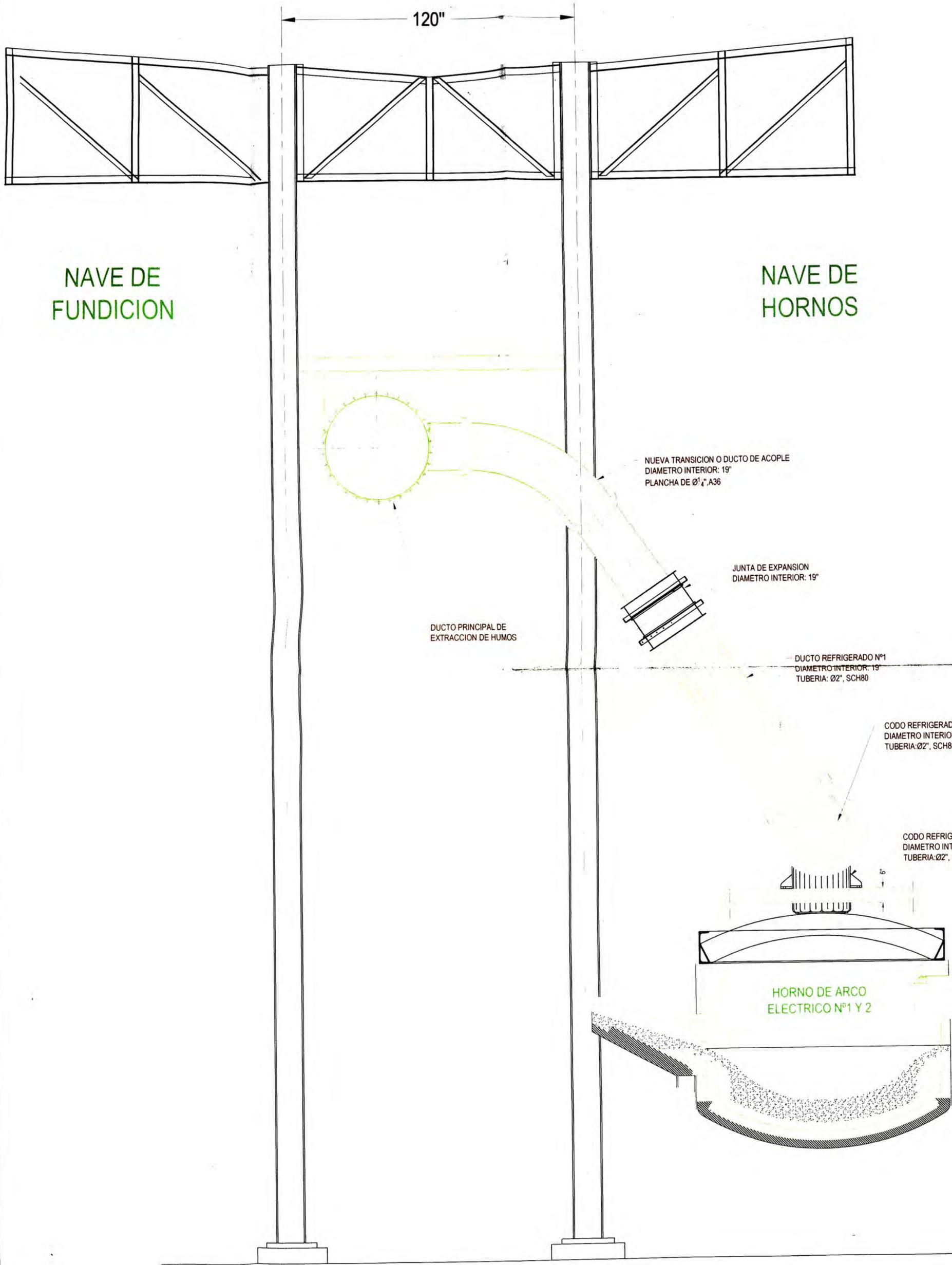


**Körper Equipamentos Industriais Ltda.**  
Rua José Capretz, 301 - Jundiá - SP CEP 13213-095  
Fone: 66 (11) 4626-2122  
www.korper.com.br - vendas@korper.com.br

**KÖRPER**

Gráfica 3: Curva de Operación de la Bomba del Circuito de Cerrado





NAVE DE FUNDICION

NAVE DE HORNOS

120"

NUEVA TRANSICION O DUCTO DE ACOPLA  
DIAMETRO INTERIOR: 19"  
PLANCHA DE Ø1/4", A36

JUNTA DE EXPANSION  
DIAMETRO INTERIOR: 19"

DUCTO PRINCIPAL DE EXTRACCION DE HUMOS

DUCTO REFRIGERADO N°1  
DIAMETRO INTERIOR: 19"  
TUBERIA: Ø2", SCH80

CODO REFRIGERADO N°2  
DIAMETRO INTERIOR: 19"  
TUBERIA: Ø2", SCH80

CODO REFRIGERADO N°1  
DIAMETRO INTERIOR: 19"  
TUBERIA: Ø2", SCH80

HORNO DE ARCO ELECTRICO N°1 Y 2

DIAGRAMA DE REFRIGERACION DE DUCTOS



UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
PROYECTO HUMOS

SISTEMA DE EXTRACCION PRIMARIA  
HORNOS N°1 Y 2

FECHA: 20 - 10 - 07

ESCALA:

DIBUJO N°

DISENO: ING. ABEL DIAZ

REVISADO: ING. ABEL DIAZ

TADD-001

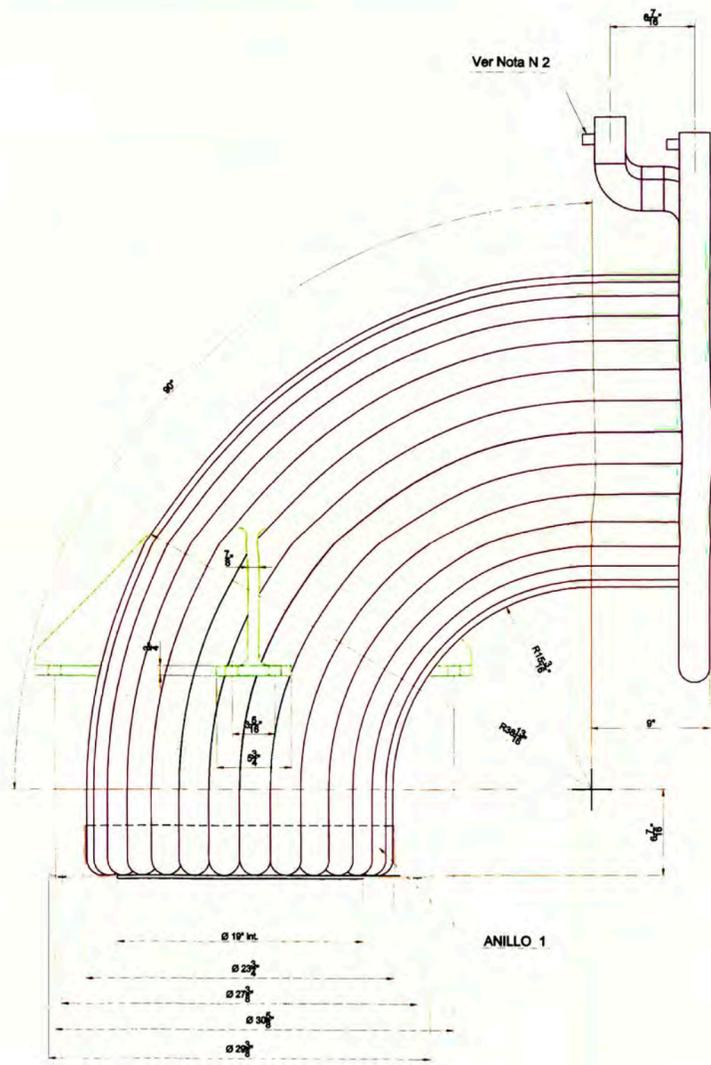
DIB. JCCB

APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR

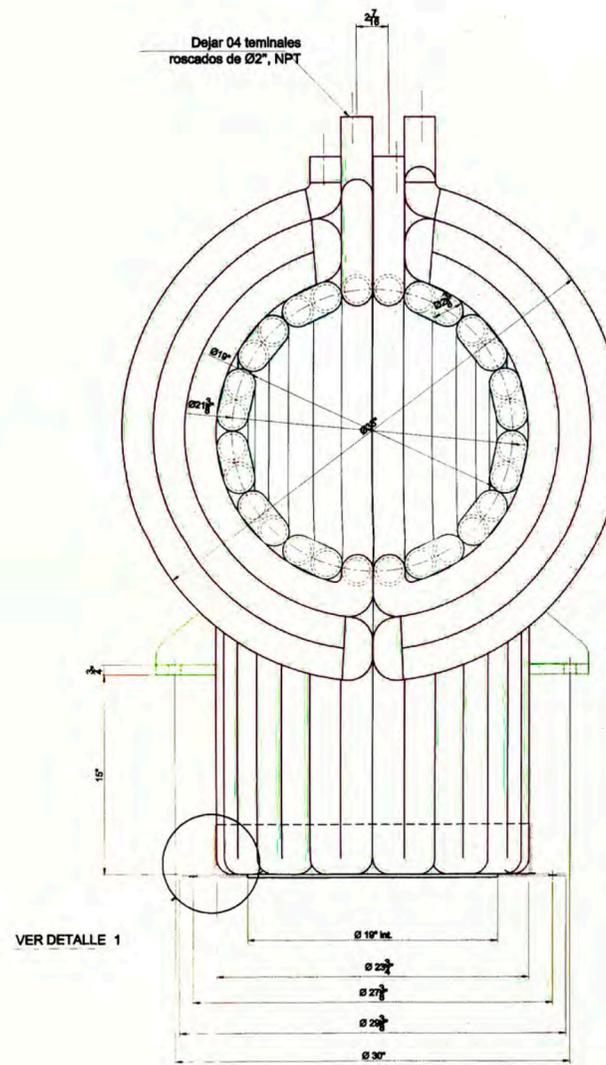
OBSERVACION :

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT	DESCRIPCION	CALIDAD	PESO (KG)
1	08	TUBO DE ACERO DE Ø2"x20, SCH 80	ASTM A-108	45.6
2	10	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x45°, SCH80	ASTM A-108	0.19
3	80	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x90°, SCH80	ASTM A-108	0.38
4	01	COPLA SIMPLE DE 2"Ø - 3000#	ASTM A-108	0.12



"A"

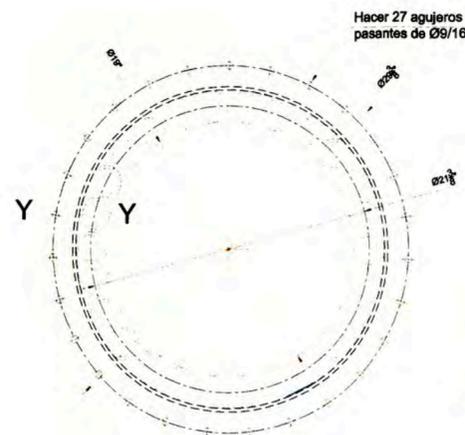


VER DETALLE 1

NOTA: TUBERÍA DE Ø2", SCH 80  
 Ø INTERIOR: 1.939" (49.22mm)  
 Ø EXTERIOR: 2.375" (60.30mm)  
 ESPESOR: 0.218" (5.54mm).

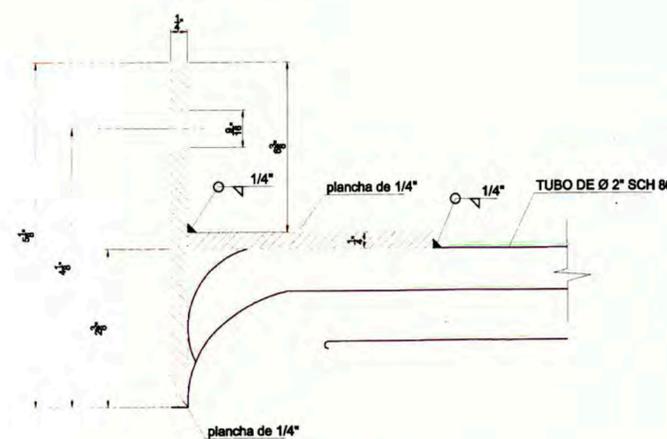
Nota 2:  
 Dejar 02 conexiones, copla de Ø½" NPT para purgas en las líneas de salida.

DATOS DE INGENIERIA  
 PESO TOTAL DEL CODO EXTRACTOR DE GASES : 430 Kg  
 PRUEBA HIDRODINAMICA: 50 PSI@ 80GPM  
 PRUEBA HIDROSTATICA : 120 PSI@ 01 HORA

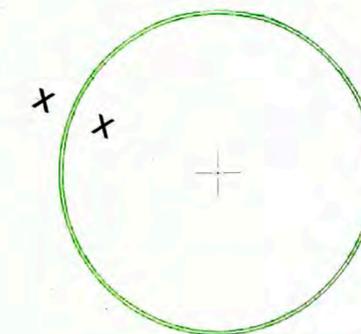


VISTA "A"  
 ESCALA 1:5

CORTE Y-Y  
 ESCALA 1:10



EMPALME TÍPICO  
 DETALLE 1  
 ESCALA 1:20  
 Acero A36



ANILLO 1



CORTE X-X  
 ESCALA 1:10



UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
 PROYECTO HUMOS

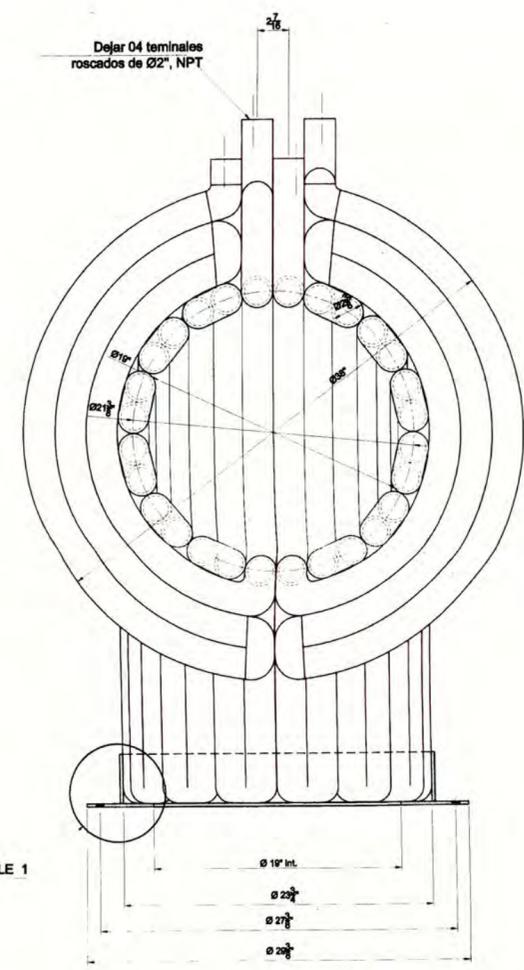
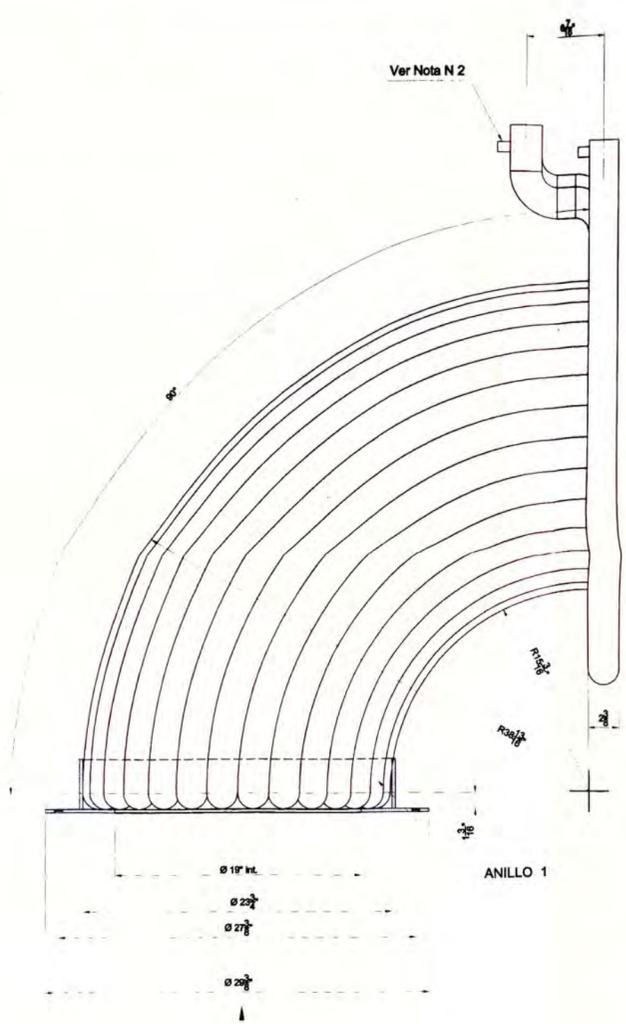
DUCTO REFRIGERADO Nº1

FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO Nº
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	TADD-002
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR	

OBSERVACION :

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT	DESCRIPCION	CALIDAD	PESO (KG)
1	08	TUBO DE ACERO DE Ø2"x20, SCH 80	ASTM A-106	45.6
2	10	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x45°, SCH80	ASTM A-106	0.19
3	80	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x90°, SCH80	ASTM A-106	0.38
4	01	COPLA SIMPLE DE 2"Ø - 3000#	ASTM A-106	0.12

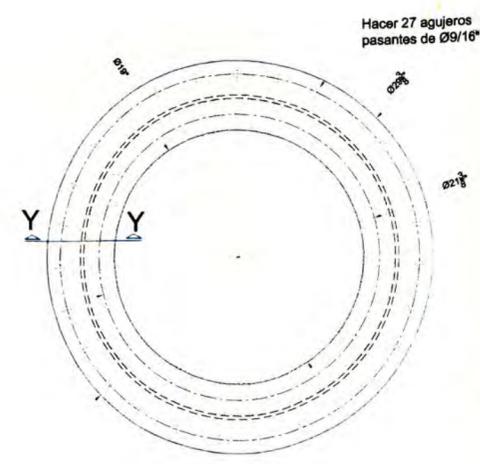


NOTA: TUBERÍA DE Ø2", SCH 80  
 Ø INTERIOR: 1.939" (49.22mm)  
 Ø EXTERIOR: 2.375" (60.30mm)  
 ESPESOR: 0.218" (5.54mm)

Nota 2:  
 Dejar 02 conexiones, cople de Ø1/2" NPT para purgas en las líneas de salida.

DATOS DE INGENIERIA  
 PESO TOTAL DEL CODO EXTRACTOR DE GASES : 340 Kg  
 PRUEBA HIDRODINAMICA: 50 PSI@ 80GPM  
 PRUEBA HIDROSTATICA : 120 PSI@ 01 HORA

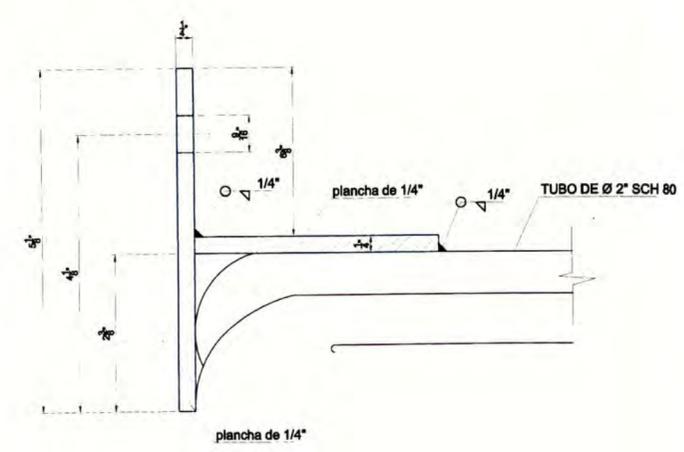
"A"



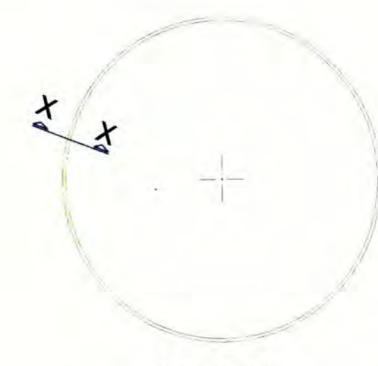
VISTA "A"  
 ESCALA 1:5



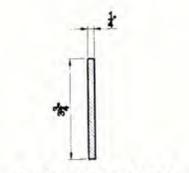
CORTE Y-Y  
 ESCALA 1:10



EMPALME TÍPICO  
 DETALLE 1  
 ESCALA 1:20  
 Acero A36



ANILLO 1

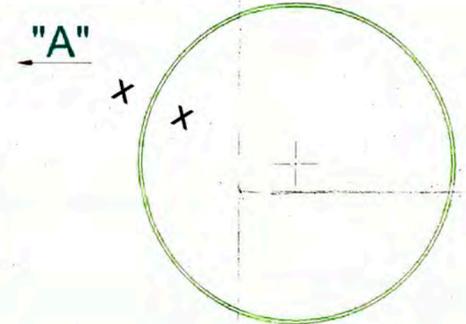
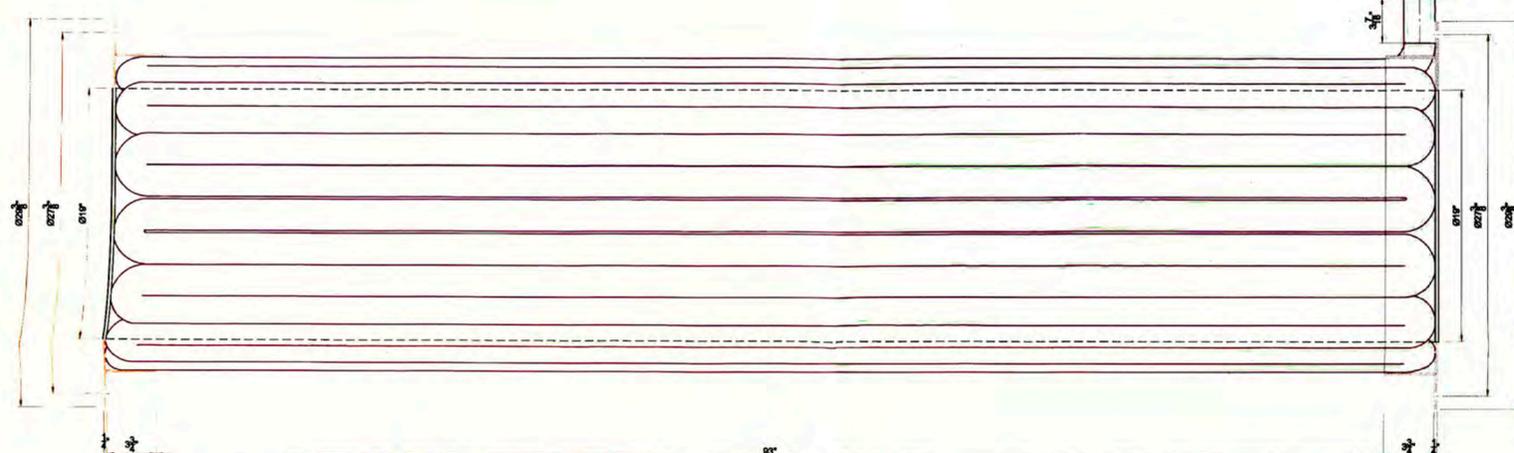
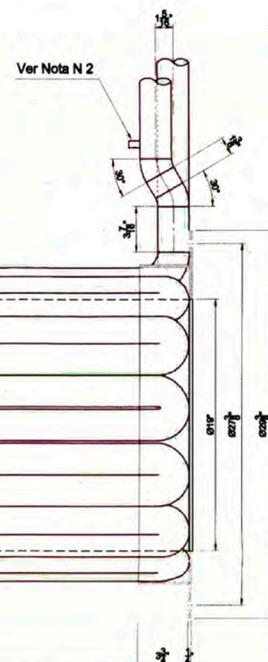


CORTE X-X  
 ESCALA 1:10

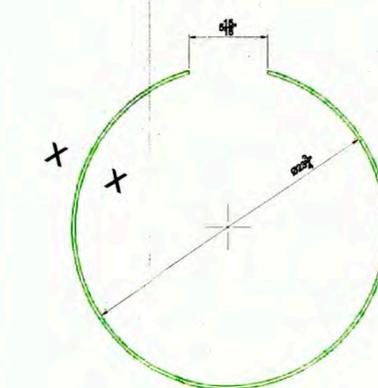
	UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL PROYECTO HUMOS	
	<h3>DUCTO REFRIGERADO N°2</h3>	
FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO N°
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	TADD-003
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR	
OBSERVACION :		

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CALIDAD	PESO (KG)
1	13	TUBO DE ACERO DE Ø2"x20, SCH 80	ASTM A-106	45.6
2	10	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x45°, SCH80	ASTM A-106	0.19
3	04	CODOS SOLDABLE DE Ø2"x90°, SCH80	ASTM A-106	0.38
4	02	COPLA SIMPLE DE 2"Ø - 3000#	ASTM A-106	0.12



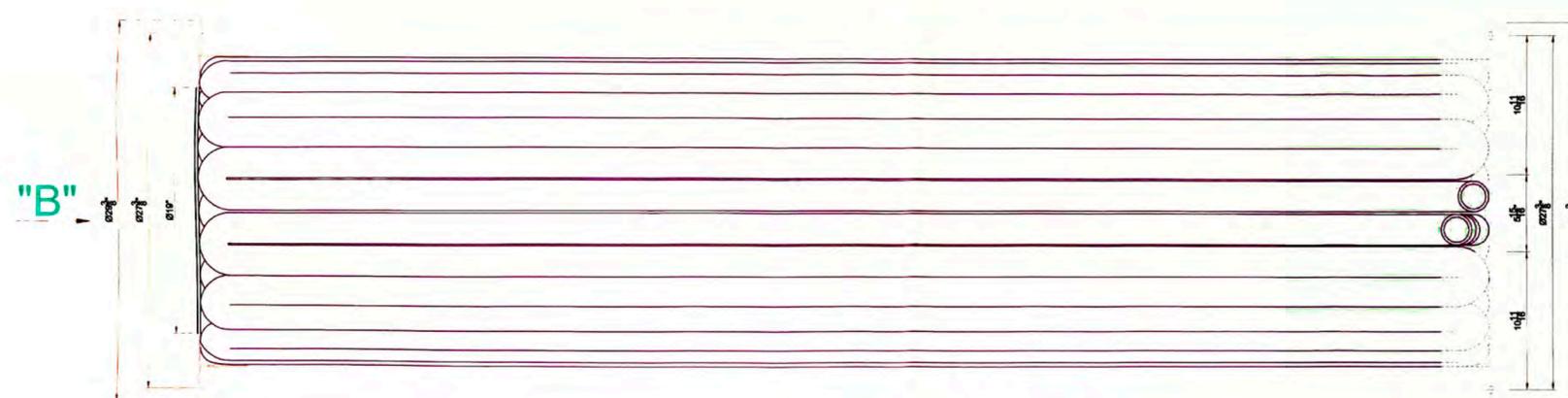
CORTE X-X  
ESCALA 1:10



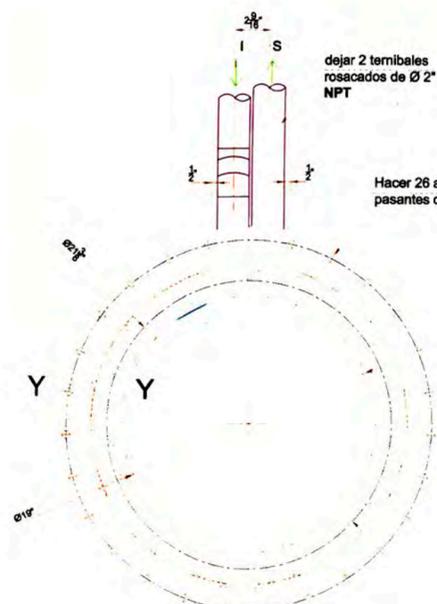
NOTA: TUBERÍA DE Ø2", SCH 80  
Ø INTERIOR: 1.939" (49.22mm)  
Ø EXTERIOR: 2.375" (60.30mm)  
ESPESOR: 0.218" (5.54mm)

Nota 2:  
Dejar 02 conexiones, copla de 1/2" NPT para purgas en las líneas de salida.

DATOS DE INGENIERIA  
PESO TOTAL DEL CODO EXTRACTOR DE GASES : 720 Kg  
PRUEBA HIDRODINAMICA: 50 PSI@ 80GPM  
PRUEBA HIDROSTATICA : 120 PSI@ 01 HORA

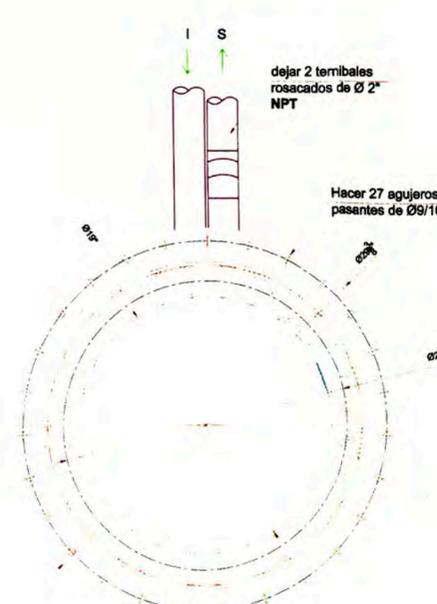


"B"



VISTA "A"  
ESCALA 1:5

dejar 2 terminales rosacados de Ø 2" NPT  
Hacer 26 agujeros pasantes de Ø9/16"

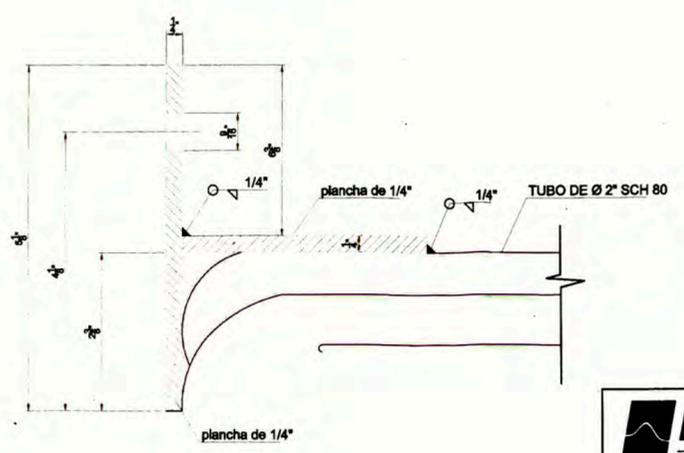


VISTA "B"  
ESCALA 1:5

dejar 2 terminales rosacados de Ø 2" NPT  
Hacer 27 agujeros pasantes de Ø9/16"

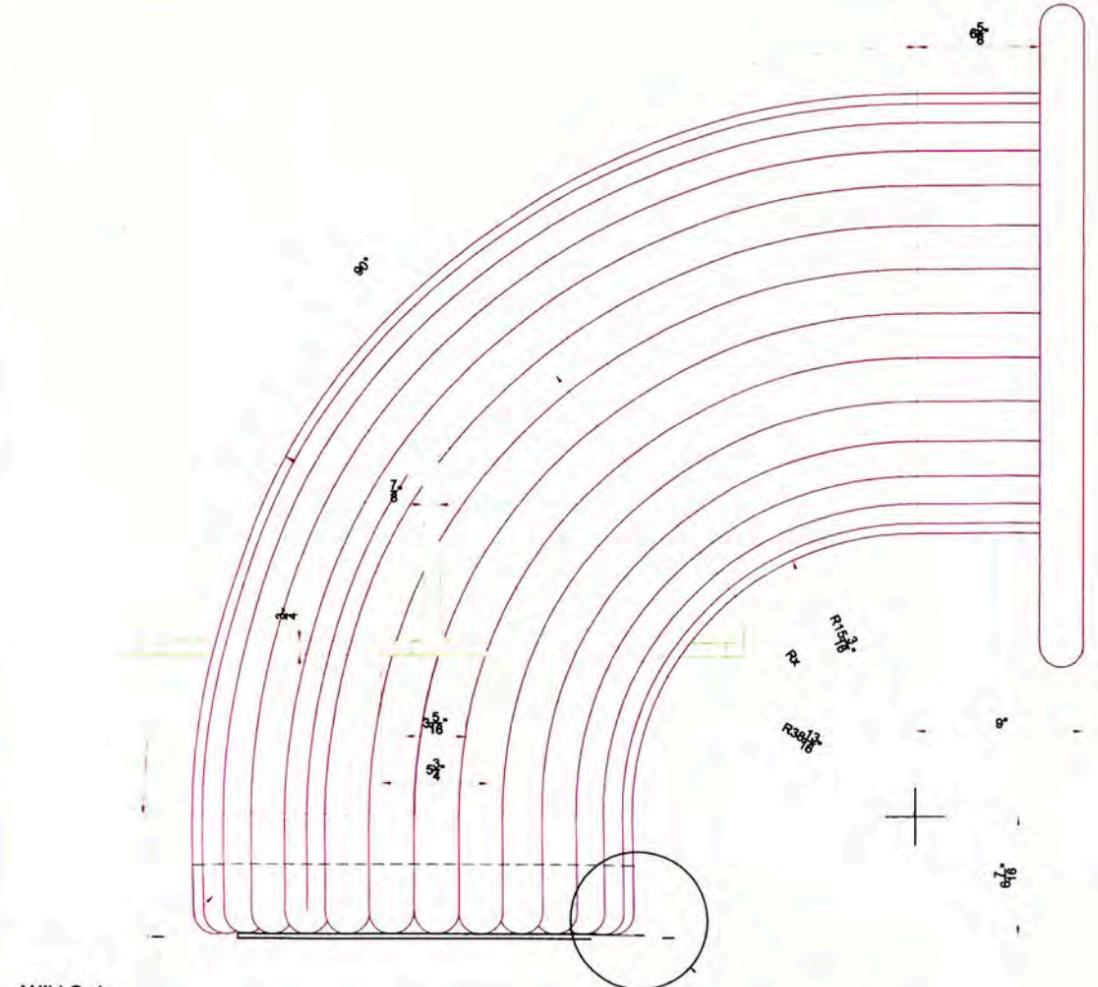


CORTE Y-Y  
ESCALA 1:10



EMPALME TÍPICO  
DETALLE 1  
ESCALA 1:20  
RAcero A36

		UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL PROYECTO HUMOS	
<b>DUCTO REFRIGERADO</b>			
FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO Nº	
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	TADD-004	
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR		
OBSERVACION :			

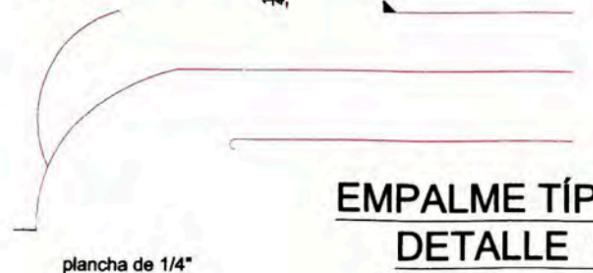


ANILLO 1

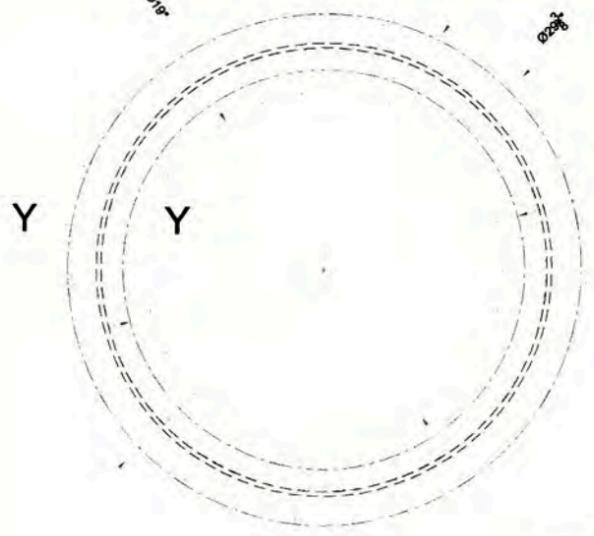
- Ø 19" int.
- Ø 23 3/8"
- Ø 27 3/8"
- Ø 30 5/8"
- Ø 29 3/8"

"A"

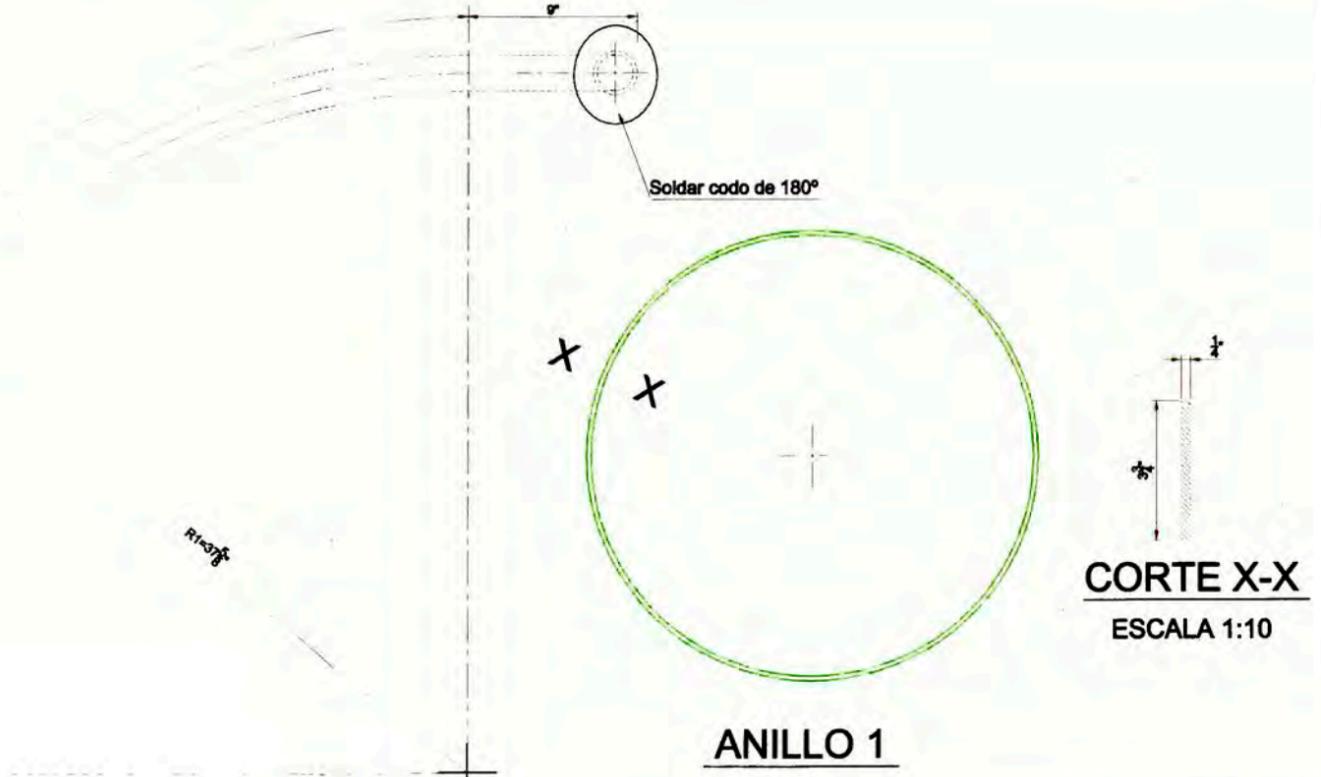
1/4" plancha de 1/4" TUBO DE Ø 2" SCH 80



**EMPALME TÍPICO**  
**DETALLE 1**  
ESCALA 1:20  
Acero A36



**VISTA "A"**  
ESCALA 1:5



**ANILLO 1**

**CORTE Y-Y**  
ESCALA 1:10

ITEM	RADIO	LONGITUD X TRAMO	CANTIDAD
R1	37 5/8"	74.54	02
R2	37 1/16"	73.66	02
R3	36"	71.99	02
R4	34 1/2"	69.63	02
R5	32 5/8"	66.68	02
R6	30 1/2"	63.35	02
R7	28 3/16"	59.71	02
R8	25 13/16"	55.98	02
R9	23 7/16"	52.25	02
R10	21 1/8"	48.62	02
R11	19"	45.28	02
R12	17 1/8"	42.33	02
R13	15 5/8"	39.98	02
R14	15 3/8"	39.59	02

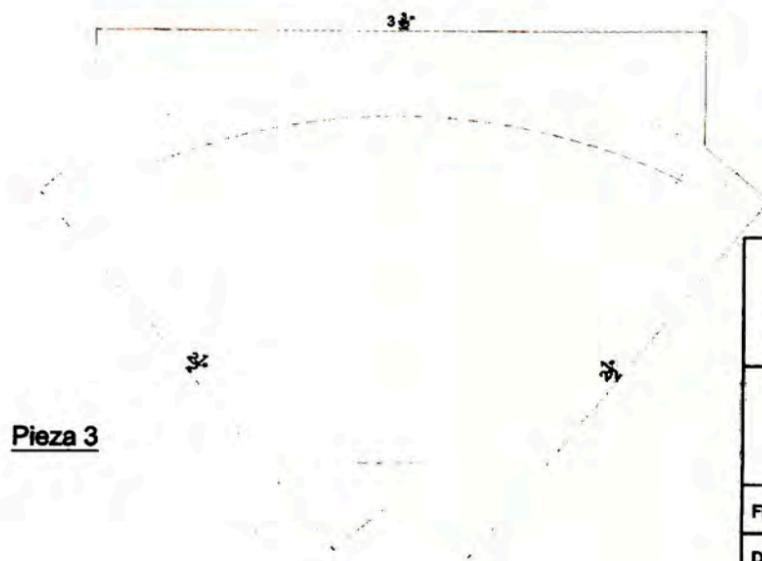
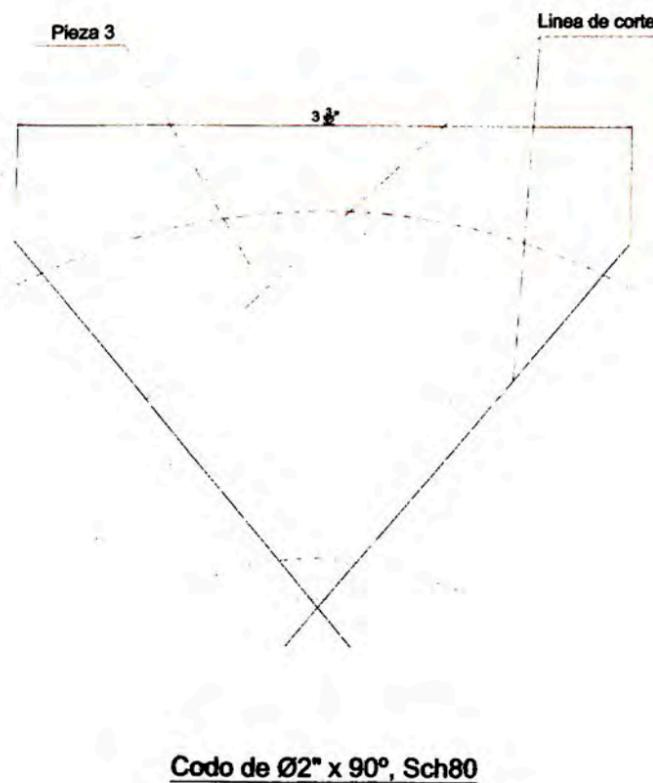
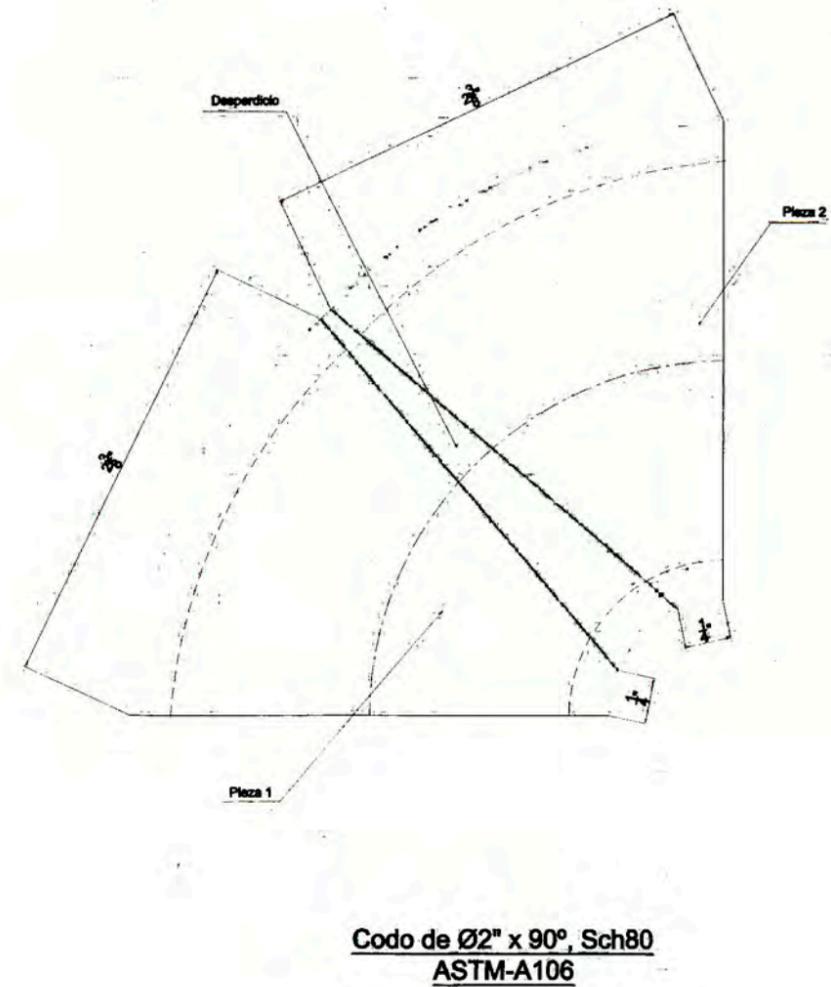
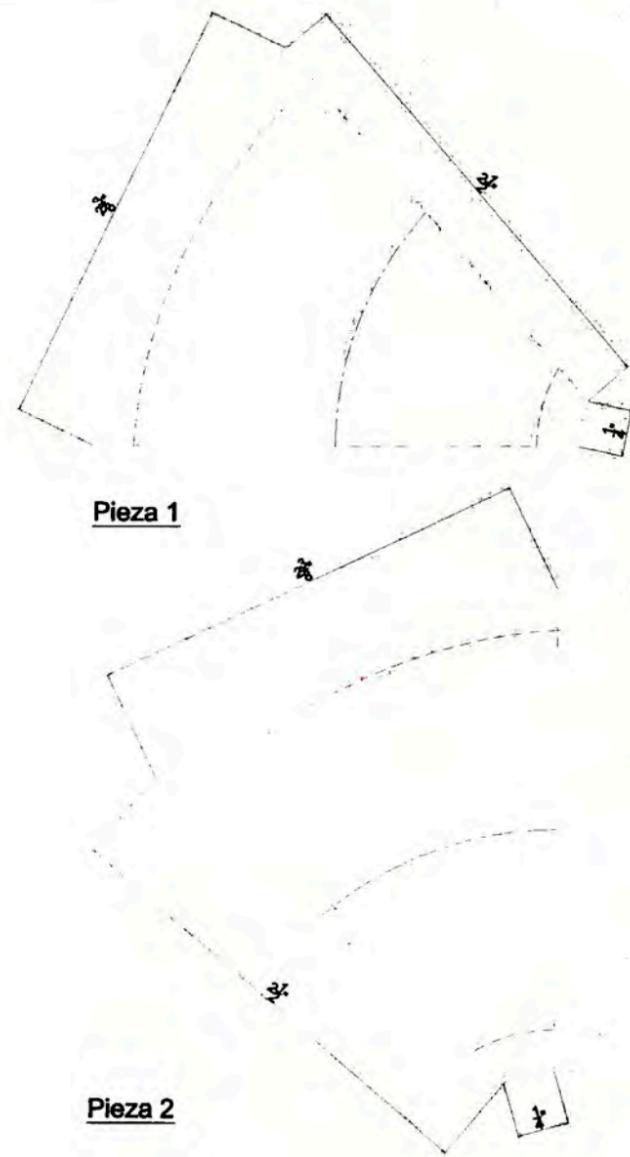
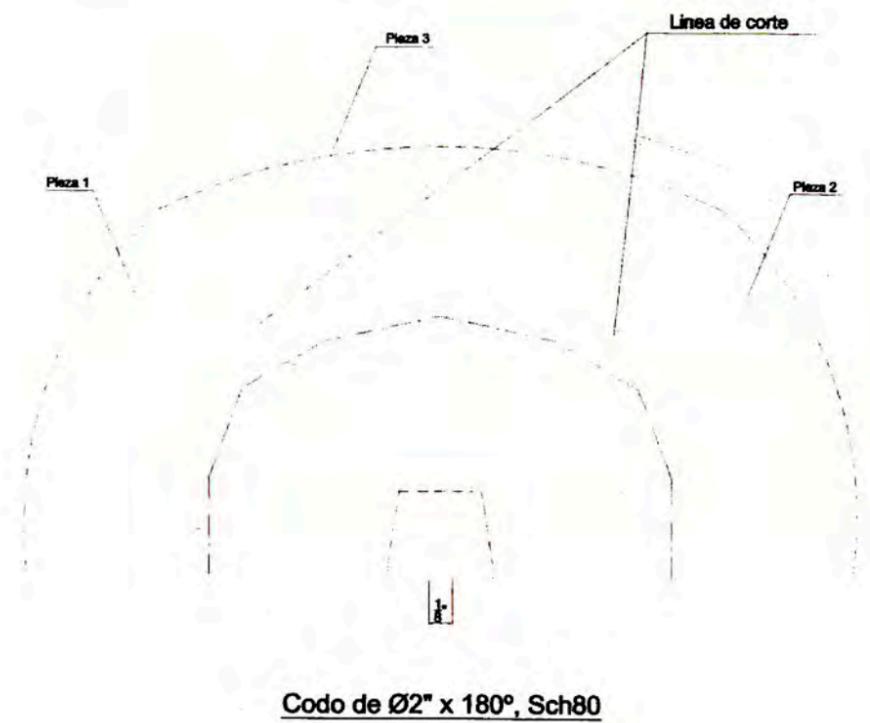


UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
PROYECTO HUMOS

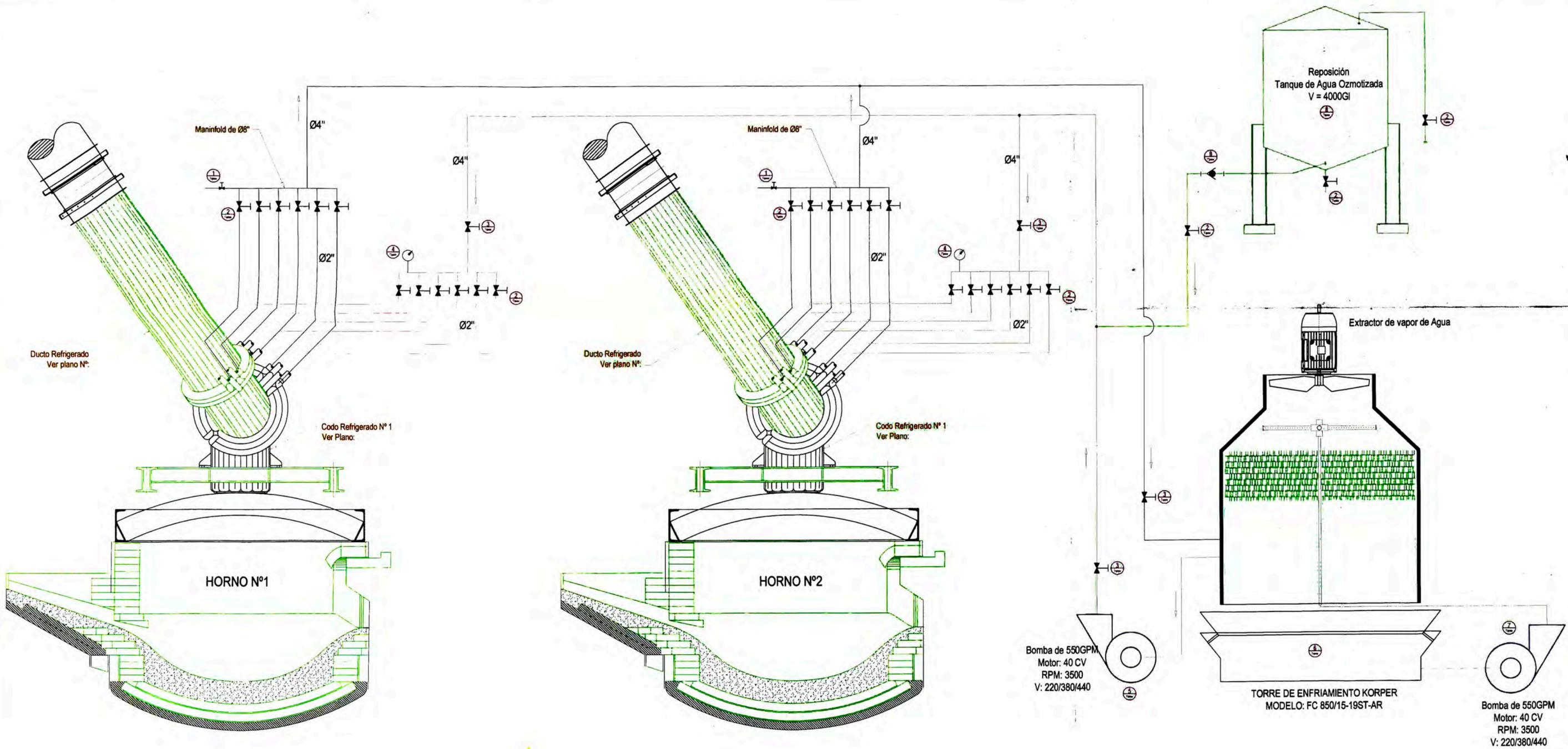
**CONFORMADO DE TUBOS**

FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO Nº
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	TADD-005
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR	

OBSERVACION : \_\_\_\_\_



		<b>UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL</b> <b>PROYECTO HUMOS</b>	
<h2>CONFORMADO DE CODO 180°</h2>			
FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO N°	
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	<h3>TADD-006</h3>	
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR		
<b>OBSERVACION :</b> _____			



Item	Descripción	Cantidad
1	Válvula de bola de Acero roscado de Ø1"	2
2	Válvula de bola de acero roscado de Ø2"	12
3	Válvula de compuerta de acero bridado de Ø4"	4
4	Manómetro de Ø $\frac{1}{4}$ " NPT, con glicerina STD de 0 a 100PSI	2
5	Bomba de 550GPM, 40CV, 3500rpm, 220 / 380 / 440 V	1
6	Torre de Enfriamiento Korper FC 850/15-19ST-AR	1
7	Bomba de 550GPM, 40CV, 3500rpm, 220 / 380 / 440 V	1
8	Tanque de Agua Ozmotizada Volumen: 4000gl	1
9	Válvula de bola de acero de Ø2"	4

		<b>UNIDAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL</b> <b>PROYECTO HUMOS</b>
<b>DIAGRAMA DE REFRIGERACION DE DUCTOS</b>		
FECHA: 20 - 10 - 07	ESCALA:	DIBUJO N°
DISENO: ING. ABEL DIAZ	REVISADO: ING. ABEL DIAZ	TADD-007
DIB. JCCB	APROBADO: ING. THOMAS DEL SOLAR	
OBSERVACION :		