

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS**

**Diseño de un Sistema de Calentamiento de Agua y Aire Mediante Aceite  
Térmico para la empresa “ATU ARTICULOS DE ACERO S.A.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO  
EN ELECTROMECHANICA  
MONOGRAFIA**

**EDISON MAURICIO CAIZA RECALDE**

[edmau2000@yahoo.es](mailto:edmau2000@yahoo.es)

**PAUL WILLIAM JAIME TURRIAGO**

[ormis04@hotmail.com](mailto:ormis04@hotmail.com)

**DIRECTOR: Ing. ESTEBAN JATIVA**

[esteban.jativa@epn.edu.ec](mailto:esteban.jativa@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: Ing. JORGE LOZA**

[jorgeloza1995@gmail.com](mailto:jorgeloza1995@gmail.com)

**Quito, Junio 2017**

## DECLARACION

Nosotros, Edison Mauricio Caiza Recalde y Paúl William Jaime Turriago, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Edison Mauricio Caiza Recalde**

---

**Paúl William Jaime Turriago**

**CERTIFICACION**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Mauricio Caiza Recalde y Paúl William Jaime Turriago, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Jorge Loza****CODIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Esteban Játiva****DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento es a Dios, quien con su infinita sabiduría me guía día tras día y gracias a eso he logrado culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi familia por el apoyo recibido durante todo este tiempo, en especial a mis padres ya que ellos son el pilar fundamental en mi vida.

A mis maestros por haberme transmitido sus conocimientos. Que fueron guías no solo en lo académico sino también en lo humano.

A todas las personas quienes nos apoyaron en este proyecto, en especial al ingeniero Esteban Játiva director del proyecto, gracias por su apoyo y paciencia.

EDISON MAURICIO CAIZA RECALDE

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado con todo cariño a mis padres José y Carmen, ya que gracias a su esfuerzo y sacrificio me ayudaron a terminar con mis estudios.

A mis compañeros y maestros de la Escuela de Formación de Tecnólogos por las enseñanzas y apoyo recibidos de cada uno de ellos.

EDISON MAURICIO CAIZA RECALDE

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por permitirme tener experiencia dentro de mi universidad, en segundo lugar a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando una etapa más de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida, gracias a cada uno de mis maestro que hicieron parte de mi proceso integral de formación y por ultimo a mi compañero de tesis porque en armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quien nos ayudó en todo momento, ingeniero Esteban Játiva.

PAUL WILLIAM JAIME TURRIAGO.

## **DEDICATORIA**

Esta monografía está dedicada con amor a Dios, por darme día tras día la fuerza y sabiduría para poder culminar mis metas, luego a mis amados padres Carlos y Gloria, por ser el pilar en mi vida y mi motivo de inspiración, a mis hermanos Carlos y Sofía por estar conmigo y apoyarme siempre, a mi hijo Elián por ser el tesoro máspreciado que tengo y vea en mí un ejemplo a seguir.

PAUL WILLIAM JAIME TURRIAGO.

## INDICE GENERAL

Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas.....	xvi
Introducción.....	1
Objetivos.....	1
Objetivo	
General.....	1
Objetivos Específicos.....	1
Capítulo 1 Análisis del sistema actual de calentamiento de agua y aire.....	3
1.1 Análisis del proceso de bonderizado.....	3
1.1.2 Tinajas del proceso de bonderizado.....	3
1.1.3 Tina de desengrase.....	4
1.1.4 Tina de enjuague 1.....	5
1.1.5 Tina de Refinado.....	6
1.1.6 Tina de Fosfato.....	7
1.1.7 Tina de enjuague 2.....	8
1.1.8 Tina de Sellado.....	8
1.1.9 Horno de Secado.....	9
1.2 Análisis de proceso de pintura.....	9
1.2.1 Proceso de pintura.....	9
1.2.2 Hornos de curado.....	10
1.3 Análisis del sistema de calentamiento.....	11



1.3.1 Cámara de combustión (hogar).....	11
1.3.2 Funcionamiento de la cámara de combustión.....	11
1.3.3 Sistema de calentamiento para tinas.....	13
1.3.4 Sistema de calentamiento para hornos.....	13
1.4 Descripción de problemas encontrados.....	16
1.4.1 Tinas.....	16
1.4.2 Hornos.....	17
1.5 Mantenimiento.....	21
1.5.1 Mantenimiento preventivo y correctivo hornos de curado de pintura electrostática.....	21
1.5.2 Mantenimiento preventivo y correctivo en tinas de bonderizado.....	23
1.6 Seguridad.....	25
Capítulo 2 Consideraciones preliminares.....	26
2.1 Conceptos Básicos.....	26
2.1.1 Transferencia de calor.....	26
2.1.2 Transferencia de calor por conducción.....	26
2.1.3 Transferencia de calor por convección.....	27
2.1.4 Transferencia de calor por radiación.....	28
2.1.5 Calderas para aceite térmico.....	28
2.1.5.1 Caldera eléctrica.....	28
2.1.5.2 Caldera con serpentín.....	29
2.1.6 Componentes mecánicos del sistema de calentamiento por aceite térmico.....	30
2.1.6.1 Tanque para aceite térmico.....	30
2.1.6.2 Partes componentes del tanque de aceite térmico.....	31

2.1.7 Fluidos térmicos.....	31
2.1.7.1 Características de los fluidos térmicos.....	32
2.1.8 Tubería para aceite térmico.....	32
2.1.9 Aislante Térmico.....	32
2.1.10 Intercambiadores de calor.....	33
2.1.10.1 Intercambiador de calor por placas.....	33
2.1.10.2 Intercambiador de calor de carcasa y tubo.....	33
2.1.10.3 Intercambiador de calor tipo Manifold.....	34
2.2 Parámetros de diseño .....	35
2.3 Alternativas de diseño del sistema de calentamiento por aceite térmico.....	35
2.3.1 Pérdidas de calor en las tinas y hornos.....	35
2.3.2 Consideraciones de diseño del sistema de calentamiento por aceite térmico.....	36
2.3.3 Pasos para la determinación de los requisitos totales de energía.....	37
2.3.4 Cálculo de la energía requerida por la tina de desengrase.....	37
2.3.4.1 Datos requeridos para el cálculo.....	37
2.3.4.2 Cálculo de la energía necesarios para calentar el agua.....	38
2.3.4.3 Pérdidas de calor en las superficies.....	38
2.3.4.4 Potencia necesaria para la puesta en marcha start up power.....	39
2.3.4.5 Cálculo de la energía necesaria para calentar el agua adicional.....	40
2.3.4.6 Cálculo de la energía necesaria para calentar el material a procesar.....	40
2.3.4.7 Cálculo de la potencia de funcionamiento.....	41
2.3.5 Cálculo de la potencia requerida por la tina de fosfato.....	41
2.3.5.1 Datos requeridos para el cálculo.....	41

2.3.5.2 Cálculo de la energía necesaria para calentar el agua.....	42
2.3.5.3 Pérdidas de calor en las superficies.....	43
2.3.5.4 Potencia necesaria para la puesta en marcha.....	44
2.3.5.5 Cálculo de la energía necesaria para calentar el agua adicional.....	44
2.3.5.6 Cálculo de la energía necesaria para calentar el material a procesar.....	44
2.3.5.7 Cálculo de la potencia de funcionamiento.....	45
2.3.6 Cálculo de la energía requerida para los hornos.....	45
2.3.6.1 Consideraciones de diseño.....	46
2.3.6.2 Pasos para la determinación de los requisitos totales de energía.....	46
2.3.6.3 Cálculo de la potencia requerida por los hornos.....	47
2.3.6.3.1 Datos requerido para el cálculo.....	47
2.6.3.2 Cálculo de la energía necesaria para calentar el aire ventilado.....	47
2.3.6.3.3 Pérdidas en las superficies de las paredes del horno.....	48
2.3.6.3.4 Potencia necesaria para la puesta en marcha.....	48
2.3.6.3.5 Cálculo de la energía necesaria para calentar el material a procesar.....	49
2.3.6.3.6 Cálculo de la potencia de funcionamiento.....	49
2.3.7 Diagrama de las potencias de arranque y funcionamiento de tinas y hornos.....	50
2.4 Selección de alternativas de los calderos para aceite térmico.....	51
2.5 Selección de alternativas para la potencia a instalar.....	53
2.6 Datos de los componentes principales de la caldera de fluido térmico.....	54
2.6.1 Caldera para aceite térmico con serpentín.....	54

2.6.2 Quemador.....	55
2.6.3 Bomba principal de la caldera.....	56
2.7 Selección de alternativas para el intercambiador de calor.....	56
2.8 Diseño del intercambiador de calor tipo MANIFOLD.....	58
2.8.1 Tubos.....	59
2.8.2 Distancia entre tubos.....	59
2.8.3 Arreglo de tubos.....	60
2.8.4 Ventaja de los arreglos de tubos.....	61
2.8.5 Características del material para el diseño del intercambiador.....	62
2.8.6 Cálculos del diseño del intercambiador tipo manifold para las tinas.....	64
2.9 Tubería para el sistema de calentamiento.....	64
2.10 Aislante para tubería.....	66
2.11 Aceite térmico.....	67
2.12 Tanque de almacenamiento de aceite térmico.....	69
2.13 Tanque de expansión.....	70
2.14 Desgasificador.....	72
2.15 Válvula de control de tres vías para aceite térmico.....	73
2.16 Sistema de control para tinas y hornos.....	74
2.16.1 Termocuplas.....	74
2.16.2 Controlador de temperatura.....	74
2.16.3 Controlador lógico programable.....	75
2.16.4 Tablero de control.....	75
2.16.5 Elementos de maniobra.....	76

2.16.6 Contactor.....	77
2.16.7 Sistema de Control y fuerza para hornos y tinas.....	78
2.16.7.1 Sistema de Control y fuerza para hornos.....	78
2.16.7.2 Sistema de Control y fuerza para tinas.....	80
Capítulo 3 Análisis de costos, conclusiones y recomendaciones.....	82
3.1 Costos de sistema de calentamiento.....	82
3.1.1 Costo de la caldera para aceite térmico.....	82
3.1.2 Costo del intercambiador de calor.....	82
3.1.3 Costo del aceite térmico.....	82
3.1.4 Costo de tubería.....	83
3.1.5 Costo aislamiento térmico de tubería.....	83
3.1.6 Costo de los tanques.....	83
3.1.7 Costo del sistema eléctrico y de control.....	83
3.1.8 Costo elaboración del proyecto.....	83
3.2 Detalle de costos.....	83
3.3 Análisis de costos del sistema de calentamiento.....	86
3.3.1 Consumo de combustible del sistema actual.....	86
3.3.2 Mantenimiento del sistema actual.....	87
3.3.3 Consumo de combustible del nuevo sistema.....	89
3.3.4 Mantenimiento del nuevo sistema.....	91
3.3.5 Análisis global del sistema actual versus nuevo diseño.....	92
3.3.6 Evaluación financiera del proyecto.....	93
3.3.6.1 Factibilidad del proyecto.....	93

3.4 Conclusiones y Recomendaciones.....	96
3.4.1 Conclusiones.....	96
3.4.2 Recomendaciones.....	97
Bibliografía.....	98
Anexos.....	99

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1.1 Proceso de bonderizado.....	3
Figura 1.2 Dimensiones de la tina.....	4
Figura 1.3 Inmersión del material en la tina de desengrase.....	4
Figura 1.4 Tina de desengrase.....	5
Figura 1.5 Enjuague por inmersión.....	5
Figura 1.6 Enjuague por aspersion.....	6
Figura 1.7 Tina de refinado de la superficie del material.....	6
Figura 1.8 Proceso de fosfatado por inmersión.....	7
Figura 1.9 Bomba de recirculación.....	7
Figura 1.10 Tina de enjuague 2.....	8
Figura 1.11 Sellado de la superficie del material por inmersión.....	8
Figura 1.12 Horno de secado.....	9
Figura 1.13 Cabina de pintura.....	10
Figura 1.14 Pintado de piezas con polvo electrostático.....	10
Figura 1.15 Hornos de curado.....	11
Figura 1.16 Cámara de combustión.....	12
Figura 1.17 Elementos de control de temperatura.....	12
Figura 1.18 Sistema de calentamiento para las tinas.....	13
Figura 1.19 Sistema de calentamiento para hornos.....	14
Figura 1.20 Tablero de control para hornos.....	14
Figura 1.21 Diagrama de control para hornos de curado.....	15
Figura 1.22 Daños provocados por el reboso del líquido.....	16
Figura 1.23 Elementos del sistema de control de temperatura tina de desengrase.....	17
Figura 1.24 Elementos del sistema de control de temperatura tina de fosfatizado.....	17
Figura 1.25 Quemador del horno expuesto al polvo.....	18
Figura 1.26 Tablero de control del horno expuesto al polvo.....	18

## CAPITULO 2

Figura 2.1 Transferencia de calor.....	26
Figura 2.2 Transferencia por conducción.....	26
Figura 2.3 Convección forzada.....	27
Figura 2.4 Convección natural.....	27
Figura 2.5 Transferencia por radiación.....	28
Figura 2.6 Caldera de fluido térmico eléctrico.....	29
Figura 2.7 Caldera de fluido térmico con serpentín.....	30
Figura 2.8 Tanque para aceite térmico.....	31
Figura 2.9 Intercambiador de calor por placas.....	33
Figura 2.10 Intercambiador de calor de carcas y tubo.....	34
Figura 2.11 Intercambiador de calor tipo Manifold.....	34
Figura 2.12 Pérdidas de calor en tinas y hornos.....	36
Figura 2.13 Pérdidas de calor en hornos.....	46
Figura 2.14 Diagrama de potencias de arranque y funcionamiento.....	50
Figura 2.15 Arreglo de tubos (arreglo cuadrado y arreglo triangular).....	59
Figura 2.16 Distancia del pitch muy corta.....	60
Figura 2.17 Arreglo tipo cuadrado para tinas de fosfato y desengrase.....	61
Figura 2.18 Arreglo tipo triangulo para hornos.....	62
Figura 2.19 Ingreso y salida de fluido térmico en el intercambiador de calor.....	63
Figura 2.20 Junta entre tubos para intercambiador de calor.....	63
Figura 2.21 Aislante térmico para tubería.....	66
Figura 2.22 Aceite térmico.....	68
Figura 2.23 Tanque de almacenamiento para aceite térmico.....	70
Figura 2.24 Tanque de expansión para aceite térmico.....	71
Figura 2.25 Tanque desgasificador.....	72
Figura 2.26 Válvula tres vías.....	73
Figura 2.27 Diagrama termocupla tipo J.....	74
Figura 2.28 Controlador de temperatura.....	75
Figura 2.29 PLC logo siemens.....	75



Figura 2.30 Tablero de control.....	76
Figura 2.31 Selector tres posiciones.....	76
Figura 2.32 Pulsador de emergencia.....	77
Figura 2.33 Luz piloto.....	77
Figura 2.34 Contactor.....	77

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO 1

Tabla 1.1 Consumo promedio mensual de diésel para la puesta en marcha.....	19
Tabla 1.2 Consumo promedio mensual de diésel para el funcionamiento.....	20
Tabla 1.3 Gasto en mantenimiento preventivo de hornos.....	21
Tabla 1.4 Gasto mantenimiento correctivo en horas trabajadas para cada hornos.....	22
Tabla 1.5 Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo.....	22
Tabla 1.6 Gastos en mantenimiento preventivo de tinas.....	23
Tabla 1.7 Gastos en mantenimiento correctivo en horas trabajadas para cada tinas.....	24
Tabla 1.8 Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo.....	24

### CAPITULO 2

Tabla 2.1 Calderos para el sistema de calentamiento por aceite térmico.....	51
Tabla 2.2 Criterio para la selección de alternativas del caldero.....	51
Tabla 2.3 Ponderación de alternativas para los calderos según criterios.....	52
Tabla 2.4 Resultados de la ponderación de alternativas para el caldero.....	52
Tabla 2.5 Selección de la alternativa del caldero para aceite térmico.....	53
Tabla 2.6 Alternativas de potencia calorífica.....	53
Tabla 2.7 Criterio para la selección de alternativa de potencia calorífica.....	53
Tabla 2.8 Ponderación de alternativas para la potencia calorífica.....	54
Tabla 2.9 Resultados de ponderación de alternativas de la potencia calorífica.....	54
Tabla 2.10 Selección de la alternativa de la potencia calorífica.....	54
Tabla 2.11 Datos de la caldera de fluido térmico.....	54
Tabla 2.12 Datos del quemado de la caldera.....	55
Tabla 2.13 Datos de la bomba principal de recirculación.....	56
Tabla 2.14 Datos del armario eléctrico de la caldera.....	56
Tabla 2.15 Alternativas de intercambiador de calor.....	56

Tabla 2.16 Criterios para la selección de alternativas del intercambiador de calor.....	57
Tabla 2.17 Ponderación de alternativas de los intercambiadores de calor.....	57
Tabla 2.18 Resultados de ponderación de alternativas del intercambiador de calor.....	58
Tabla 2.19 Selección de la alternativa del intercambiador de calor.....	58
Tabla 2.20 Selección del ángulo del pitch.....	60
Tabla 2.21 Datos técnicos de la tubería principal del sistema de calentamiento.....	65
Tabla 2.22 Temperatura promedio de operación y temperatura de superficie.....	67
Tabla 2.23 Datos técnicos del aislante de la tubería del sistema de calentamiento.....	67
Tabla 2.24 Temperatura máxima recomendada por fabricantes de aceite térmico.....	68
Tabla 2.25 Aceites térmicos recomendados por un fabricante.....	69
Tabla 2.26 Datos técnicos del tanque de almacenamiento.....	70
Tabla 2.27 Datos técnicos del tanque de expansión.....	71
Tabla 2.28 Datos técnicos del tanque desgasificador.....	73
Tabla 2.29 Especificaciones válvula tres vías.....	73

### **CAPITULO 3**

Tabla 3.1. Caldera de fluido térmico GFT – 130/40/V2 y componentes.....	83
Tabla 3.2 Costo intercambiadores de calor.....	84
Tabla 3.3 Costo aceite térmico en bidón de 200 litros.....	84
Tabla 3.4 Costo tubería para circulación de aceite térmico.....	84
Tabla 3.5 Costo aislante térmico.....	84
Tabla 3.6 Costo tanques para el sistema.....	84
Tabla 3.7 Costo válvula de tres vías.....	85
Tabla 3.8 Costo sistema eléctrico y control.....	85
Tabla 3.9 Costo elaboración del proyecto.....	86
Tabla 3.10 Costo total del sistema de calentamiento por aceite térmico.....	86
Tabla 3.11 Consumo de combustible puesta en marcha de hornos y tina del sistema actual.....	86
Tabla 3.12 Consumo de combustible para el funcionamiento normal de hornos y tinas del sistema actual.....	87

Tabla 3.13 Costo total en mantenimiento preventivo y correctivo de hornos del sistema actual.....	87
Tabla 3.14 Costo total en mantenimiento preventivo y correctivo de tinas del sistema actual.....	88
Tabla 3.15 Consumo de combustible con el nuevo diseño para la puesta en marcha.....	89
Tabla 3.16 Consumo de combustible con el nuevo diseño para el funcionamiento normal.....	90
Tabla 3.17 Ahorro económico en combustible.....	91
Tabla 3.18 Costo en mantenimiento preventivo y correctivo para hornos con el nuevo diseño.....	91
Tabla 3.19 Costo en mantenimiento preventivo y correctivo para tinas con el nuevo diseño.....	92
Tabla 3.20 Costo total en mantenimiento y consumo de combustible con el sistema actual.....	92
Tabla 3.21 Costo total en mantenimiento y consumo de combustible con el nuevo diseño.....	93
Tabla 3.22 Ahorro económico del nuevo diseño.....	93
Tabla 3.23 Ingresos y egresos con el nuevo diseño.....	94
Tabla 3.24 Detalle flujo de caja.....	94

## **Introducción**

El presente proyecto nace de la necesidad de la empresa ATU ARTICULOS DE ACERO S.A. ubicada en la ciudad de Quito, de mejorar una línea en su sistema de producción, para lo cual requiere que los procesos de bonderizado y curado de pintura garanticen la calidad de los productos que la empresa ofrece; en el proceso de bonderizado el material férreo es sumergido en tinas a temperaturas controladas para que reciba un tratamiento superficial y así protegerlo de la corrosión, y en el proceso de curado se seca a temperatura controlada después de haber sido pintado. Ambos procesos poseen un sistema de calentamiento por cámara de combustión y quemador a diésel, que implica problemas como: excesivo consumo de diésel, temperaturas inestables en hornos y tinas, oxidación de los materiales, gasto continuo en mantenimientos, riesgo en la seguridad industrial por trabajar con altas temperaturas y contaminación ambiental a causa de un sistema de combustión ineficiente que representa un gasto elevado para la empresa.

Como solución; en el presente trabajo se propone un sistema de calentamiento por fluido térmico como el medio idóneo de transferencia de calor para este proceso, el cual requiere altas temperaturas. Con este sistema se disminuiría el consumo de diésel y por ende se reducirá las emisiones de gases por combustión, los tiempos de paro por mantenimientos preventivos y correctivos serán menores, se mejoraría el sistema de control y se tendría un ahorro energético y económico.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de calentamiento de agua y aire mediante aceite térmico para la empresa ATU ARTICULOS DE ACERO S.A. para optimizar los sistemas de bonderizado y pintura.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar el sistema actual de calentamiento de agua y aire, en función del consumo de combustible, seguridad y costos de mantenimiento.
- Controlar de forma eficiente las temperaturas mediante el uso de sistemas de control.

- Reducir las emisiones de gases contaminantes usando un diseño más eficiente.
- Determinar el tipo de caldera a utilizar en el sistema de calentamiento.
- Determinar la tubería a utilizar, en el sistema de calentamiento mediante aceite térmico.
- Determinar el tipo de aceite adecuado a utilizar en el sistema de calentamiento.
- Determinar el costo del proyecto y la amortización de la inversión del proyecto.
- Presentar el diseño realizado.

## Capítulo 1

### Análisis del sistema actual del calentamiento de agua y aire.<sup>1</sup>

#### 1.1 Análisis del Proceso de bonderizado

El bonderizado es un proceso de acabado superficial, que como resultado da una superficie metálica libre de impurezas, que asegura una buena adherencia de la pintura en polvo electrostático, para en lo posterior, evitar que la pintura aparezca sin brillo y cuarteada.

En la empresa ATU S.A. el proceso se realiza tal como lo indicado en la **figura 1.1**.

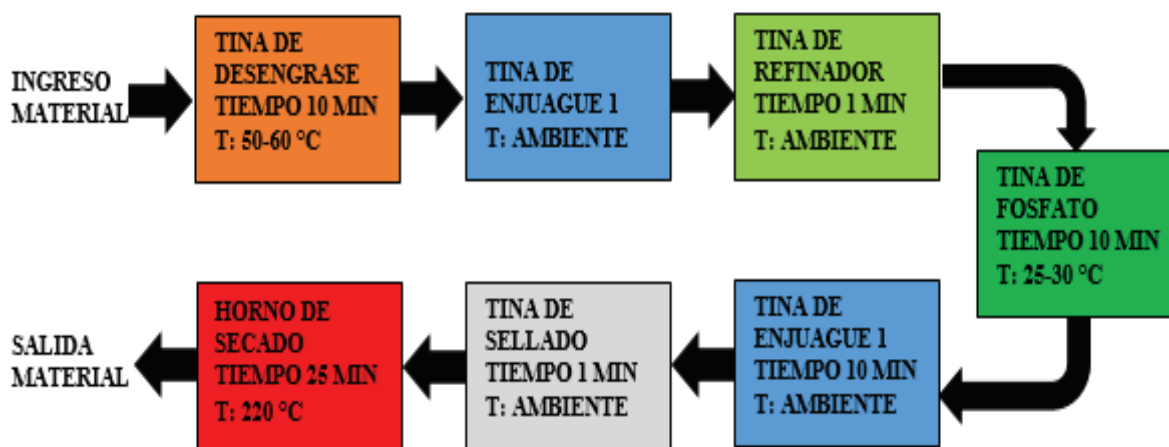


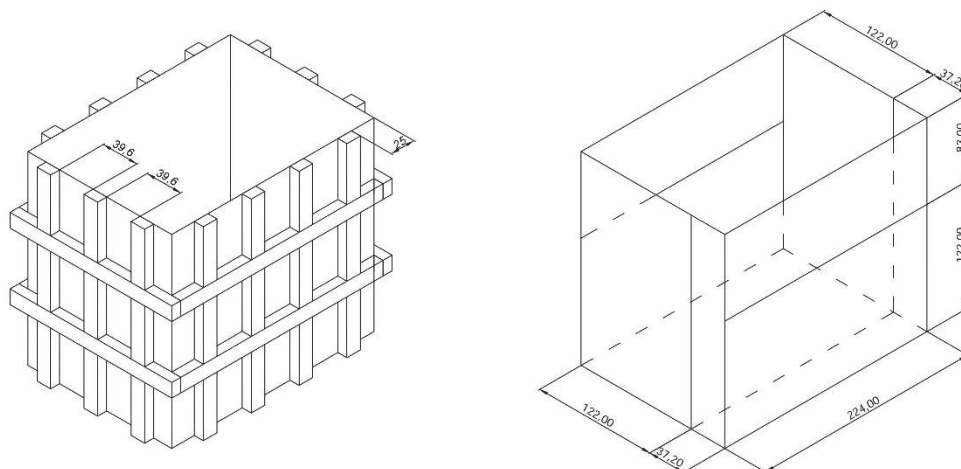
Figura 1.1. Proceso de Bonderizado  
Fuente: Propia, 2016

#### 1.1.2 Tinas del proceso de bonderizado

##### Dimensiones y capacidad de las tinas

Las tinas tienen una capacidad de 8 metros cúbicos **figura 1.2**, pero con una utilidad de 6,50 metros cúbicos, ya que por inmersión del material existe un derrame de líquido contenido en las tinas.

<sup>1</sup> Fuente ATU S.A. 2016



**Figura 1.2.** Dimensiones de las Tinis  
Fuente: ATU S.A

### 1.1.3 Tina de Desengrase

En este proceso el material es colocado manualmente en una cesta metálica y recibe un baño por inmersión **figura 1.3**, en una solución (alcalina- agua) **figura 1.4**, a una temperatura mínima de 55°C (323,15 K) hasta un máximo de 65°C (333,15 K), por un periodo de 10 minutos.

- En este proceso se eliminan impurezas como, partículas sólidas, grasas, aceites y otras suciedades de las superficies metálicas.
- La agitación del líquido se realiza por diferencia de densidades al aumentar la temperatura, facilitando la limpieza al remover constantemente la solución sobre la superficie del material.



**Figura 1.3.** Inmersión del material en la tina  
Fuente: Propia, 2016

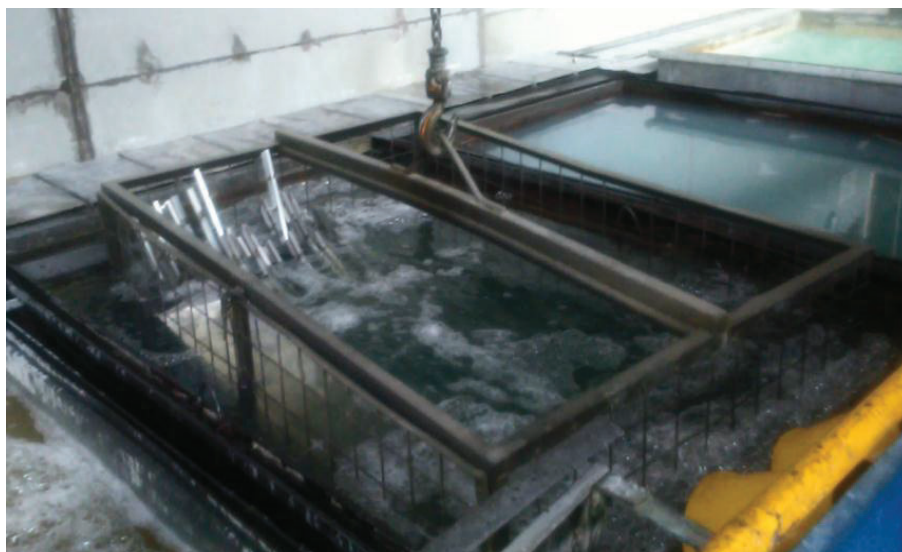




**Figura 1.4.** Tina de desengrase  
**Fuente:** Propia, 2016

#### **1.1.4 Tina de Enjuague 1**

El enjuague que se realiza al material es por inmersión **figura 1.5** y aspersion **figura 1.6**, con agua común a temperatura ambiente, con la finalidad de eliminar los restos alcalinos provenientes de la Tina de desengrase, y así no desbalancear la concentración de químico de las siguientes Tinas.



**Figura 1.5.** Enjuague por Inmersión  
**Fuente:** Propia, 2016



**Figura 1.6.** Enjuague por Aspersión  
Fuente: Propia, 2016

### **1.1.5 Tina de Refinado**

El Refinado de la superficie del material se lo realiza con un químico llamado “Gardolene BRVT”, el cual acondiciona la superficie del material haciéndolo más homogéneo (liso), con la finalidad que pueda recibir los cristales de fosfato. Este proceso se lo realiza por inmersión a temperatura ambiente **figura 1.7.**



**Figura 1.7.** Tina de Refinado de la Superficie del Material  
Fuente: Propia, 2016

### 1.1.6 Tina de Fosfato

Este tratamiento consiste en la formación de una capa microcristalina de fosfato de zinc  $Zn(PO)_2$  en la superficie del material, que es aplicada por inmersión **figura 1.8**, en un tiempo aproximado de 10 minutos a temperatura de  $25^{\circ}C$  (298,15 K) hasta  $30^{\circ}C$  (303,15 K). Cambiando la característica de la superficie del material a una no metálica, no conductiva e inerte, formando así una superficie compatible con la pintura electrostática.

Una bomba de recirculación mezcla el fosfato de zinc y un agente acelerante (nitrito de sodio  $NaNO_2$ ), formando una solución más eficiente; ayudando a una rápida formación de la capa de fosfato **figura 1.9**.



**Figura 1.8.** Proceso de Fosfatado por Inmersión  
Fuente: Propia, 2016



**Figura 1.9.** Bomba de Recirculación  
Fuente: Propia, 2016

### 1.1.7 Tina de Enjuague 2

El enjuague que se realiza a la superficie del material es por inmersión y aspersion con agua común a temperatura ambiente, con la finalidad de detener la reacción química existente entre el fosfato de zinc y la superficie del material **figura 1.10**.



**Figura 1.10.** Tina de enjuague 2.  
Fuente: Propia, 2016

### 1.1.8 Tina de Sellado

El sellado realizado a la superficie del material es por inmersión, por un tiempo de 1 minuto a temperatura ambiente **figura 1.11**, con la finalidad de rellenar los huecos que se formaron entre los cristales dejados por el fosfato de zinc, en otras palabras empora la capa de fosfato. El químico utilizado es nitrito de sodio  $\text{NaNO}_2$ .



**Figura 1.11.** Sellado de la superficie del material por inmersión  
Fuente: Propia, 2016

### 1.1.9 Horno de Secado

Por último las piezas son ingresadas al horno para ser secadas a una temperatura de 180°C (453,15 K) por un tiempo de 25 minutos **figura 1.12**, con el cual las piezas quedan listas para que sean ingresadas al proceso pintura.



**Figura 1.12.** Horno de Secado  
Fuente: Propia, 2016

## 1.2 Análisis del proceso de pintura

### 1.2.1 Proceso de Pintura

En este proceso el material es transportado a diferentes cabinas **figura 1.13**, donde es pintado con polvo electrostático, el cual es una mezcla homogénea compuesta de resinas, endurecedores, pigmentos y aditivos, mismos que darán las características óptimas como: acabado, color, resistencia y flexibilidad **figura 1.14**.

El polvo electrostático es transportado por mangueras a través de un sistema de aire comprimido a alta velocidad hasta la pistola de carga electrostática, el cual basa su técnica en el principio del magnetismo, donde dos cargas opuestas se atraen.

Por lo tanto la pintura en polvo es cargada eléctricamente con aproximadamente 60.000 a 90.000 voltios pero con muy bajo amperaje, el cual es descargado en el material a ser pintado, ya que

tendrá carga opuesta a la de la pintura en polvo, y por lo tanto la pintura en polvo se adherirá al material.



**Figura 1.13.** Cabina de Pintura  
Fuente: Propia, 2016



**Figura 1. 14.** Pintado de Piezas con Polvo Electrostático  
Fuente: Propia, 2016

### 1.2.2 Hornos de Curado

Después de la aplicación de la pintura en polvo, el curado que recibe la superficie del material es un tratamiento térmico, el cual consiste en introducir las piezas metálicas a temperaturas que van desde  $180^{\circ}\text{C}$  ( $453,15\text{ K}$ ) hasta  $200^{\circ}\text{C}$  ( $473,15\text{ K}$ ); por un periodo de 25 minutos **figura 1.15**, haciendo que el polvo electrostático (mezcla homogénea de resinas y aditivos), reaccione químicamente dando así la adherencia de la pintura en el material.



**Figura 1.15.** Hornos de Curado  
Fuente: Propia, 2016

### 1.3 Análisis del Sistema de Calentamiento

#### 1.3.1 Cámara de Combustión (Hogar)

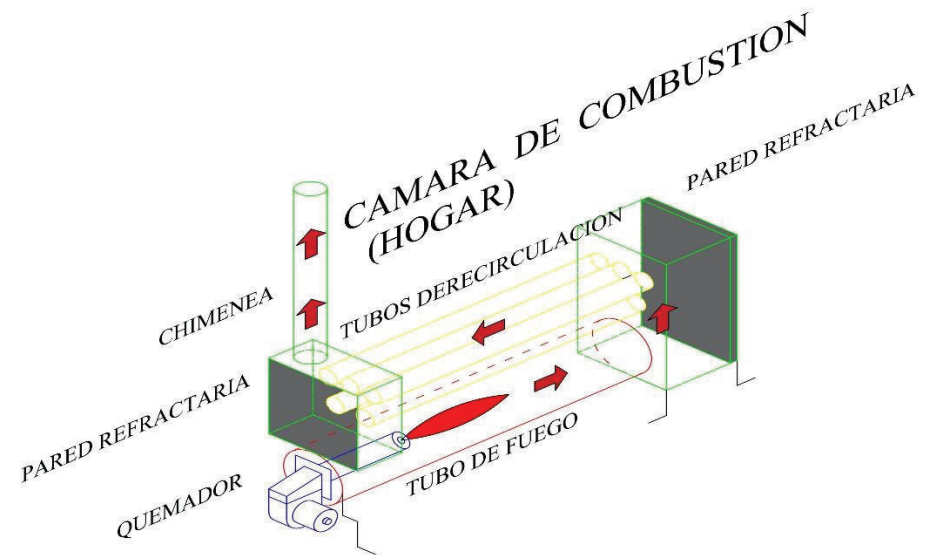
La Cámara de Combustión (hogar), está constituido por:

- Un quemador a diésel de 400.000 BTU.
- Tubo de fuego, donde se realiza la transferencia de calor por conducción.
- Paredes refractarias, por medio del cual el calor es desviado para que continúe su curso.
- Tubos de circulación de calor.
- Chimenea, conducto por el cual los gases combustión son enviados hacia el exterior.

#### 1.3.2 Funcionamiento de la Cámara de Combustión

La cámara de combustión funciona:

- a. Un quemador ubicado en el tubo de fuego, que es el encargado de generar la reacción química que se produce entre el oxígeno y el combustible, acompañado de desprendimiento de energía que se manifiesta por incandescencia o llama **figura 1.16**. Llama que es controlada por los siguientes dispositivos **figura 1.17**:
  - Un dispositivo electrónico ubicado en el mismo quemador.
  - Un control de temperatura NA o NC ya sea mecánico o por medio de un regulador programable (pirómetro).
  - Una termocupla tipo J.



**Figura 1.16.** Cámara de Combustión “Hogar”  
Fuente: ATU S.A.



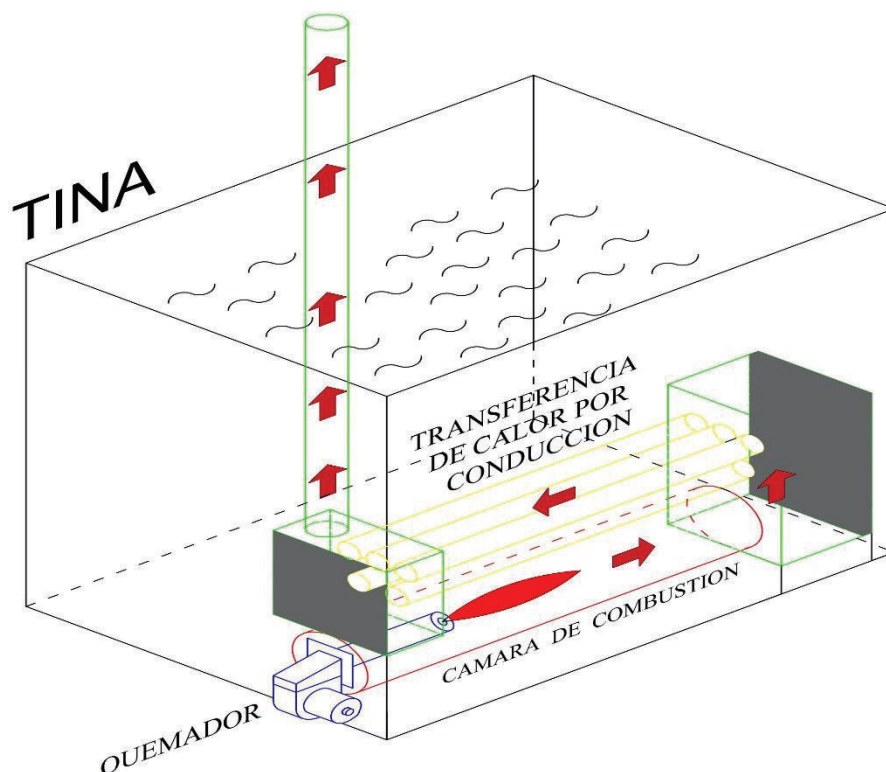
**Figura 1.17.** Elementos de Control de Temperatura  
Fuente: Propia, 2016

- b. La termocupla tipo (J) sensa la temperatura y la lleva hacia el control de temperatura, el cual envía la señal al dispositivo electrónico, mismo que prenderá o apagará el quemador según sea la calibración de temperatura requerida.
- c. El calor es transmitido a lo largo de toda la cámara de combustión por medio de las paredes refractarias y los tubos de circulación hasta la chimenea **figura 1.16**. El calentamiento de la cámara de combustión es un sistema de lazo abierto; sin recirculación calor, puesto que el calor se desperdicia tanto a la salida de la chimenea como por los quemadores.



### 1.3.3 Sistema de Calentamiento para Tinas

El elemento encargado de entregar la energía calorífica al líquido de la tina es la cámara de combustión, misma que está ubicada en el fondo de la Tina **figura 1.18**. El calor es transferido desde un sistema de alta temperatura hacia otro de baja temperatura hasta llegar a un equilibrio térmico de ambos sistemas “Transferencia de Calor por Conducción”.

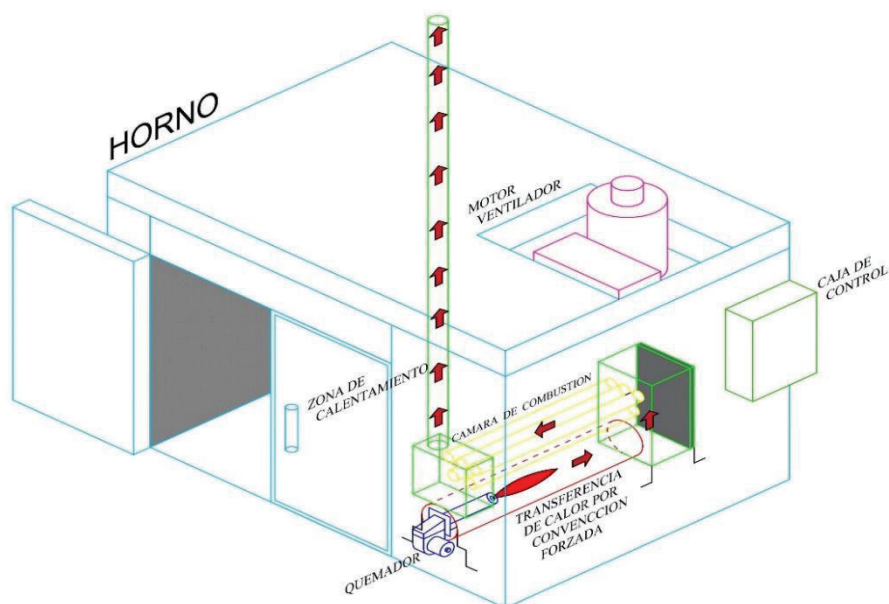


**Figura 1.18.** Sistema de Calentamiento para las Tinas  
Fuente: ATU S.A

### 1.3.4 Sistema de Calentamiento para Hornos

El mecanismo que manejan los hornos para calentar el aire es por transferencia de calor (convección forzada), el cual implica la utilización de dos efectos combinados:

1. La conducción del calor producida por la cámara de combustión, situada a un costado del horno.
2. De un sistema de recirculación de aire por medio de ventiladores centrífugos, instalados de tal manera que llevan el aire caliente de la zona de calentamiento hasta la zona de trabajo **figura 1.19**.



**Figura 1.19.** Sistema de Calentamiento para Hornos

Fuente: ATU S.A

Las condiciones que maneja el sistema de control para que se dé la transferencia de calor por convección forzada son:

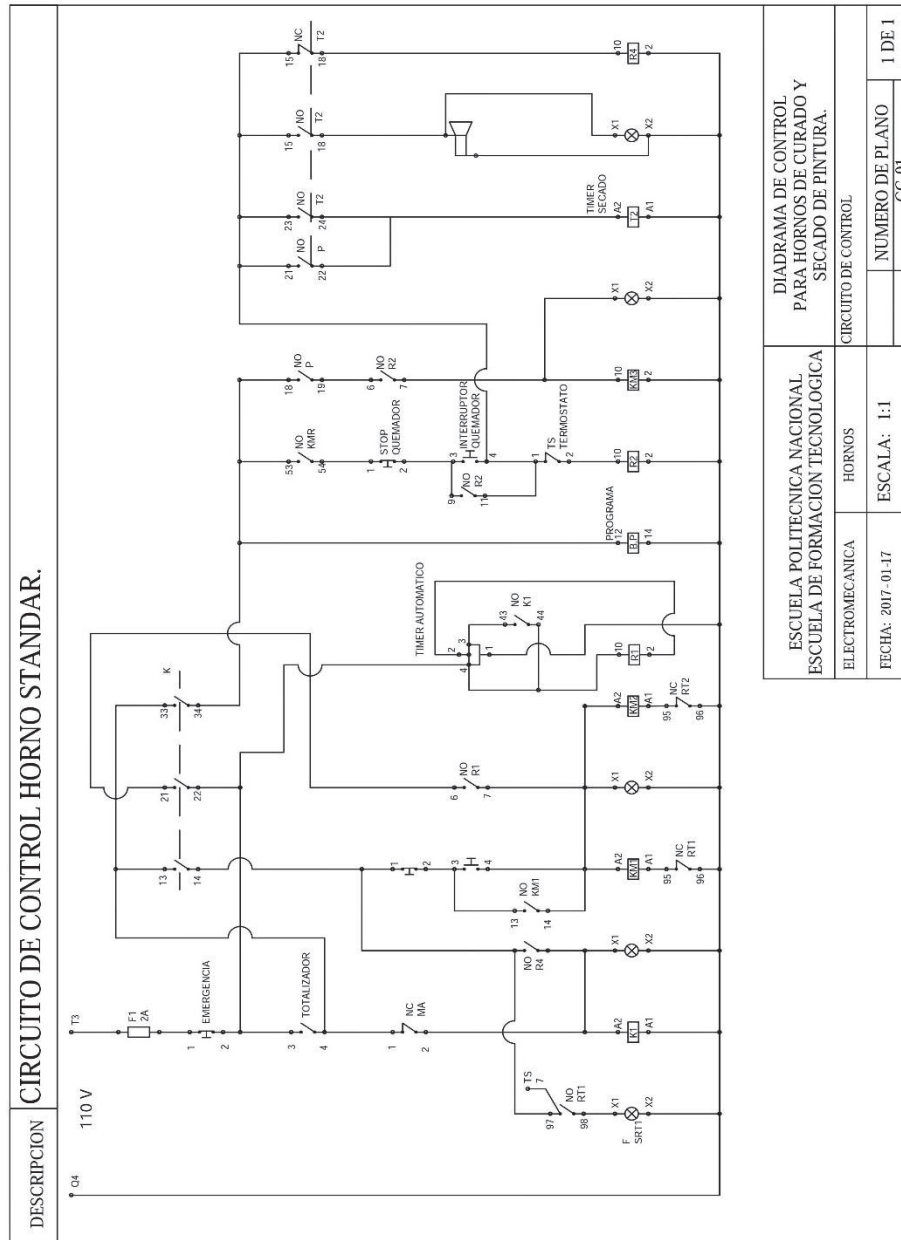
- Al momento de iniciar la marcha, primero se encienden los ventiladores, haciendo circular el aire por todos los conductos del horno, posteriormente se enciende el quemador, hasta alcanzar la temperatura de trabajo. El quemador se apagará y encenderá manteniendo la temperatura estable, la cual se la configura en el regulador programable (Pirómetro) **figura 1.20.**



**Figura 1.20.** Tablero de Control para hornos

Fuente: Propia, 2016

- Al momento del paro primero se apaga el quemador, dejando también sin función de accionamiento al regulador programable (Pirómetro). Luego los ventiladores se quedan encendidos por un lapso determinado de tiempo, extrayendo en lo posible el calor de la cámara de combustión, tiempo después se apagará cuando la temperatura haya bajado. El diagrama de control se lo indica en la **figura 1.21**.



**Figura 1.21.** Diagrama de Control para hornos de Curado  
Fuente: ATU S.A

## 1.4 Descripción de problemas encontrados

A continuación se describen varios problemas encontrados tanto en tinas como en hornos:

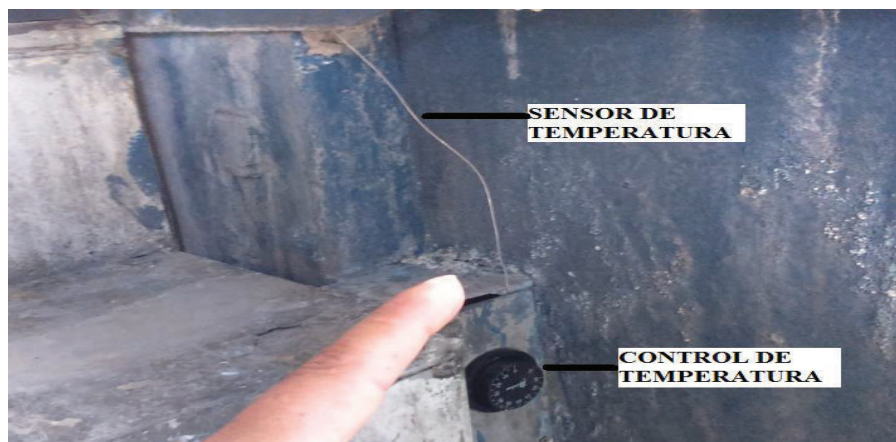
### 1.4.1 Tinas

- El tiempo de calentamiento del sistema actual tanto para la tina de desengrase y fosfato es de 2,5 horas/día, **tabla 1.1**, teniendo así un excesivo consumo de combustible diario en la puesta en marcha.
- El sistema de calentamiento por cámara de combustión es un sistema de calentamiento de lazo abierto y no hermético, existiendo pérdidas de energía hacia el medio ambiente a través del quemador, tubo de fuego y chimenea, **figura 1.16**.
- Por la ubicación en la que se encuentra el quemador en la tina, **figura 1.18**, este sufre constantes averías, puesto que el líquido ingresa a las partes eléctricas y electrónicas del sistema de control, **figura 1.22**, debido a los rebosos de líquido provocados por la inmersión y emersión del material.

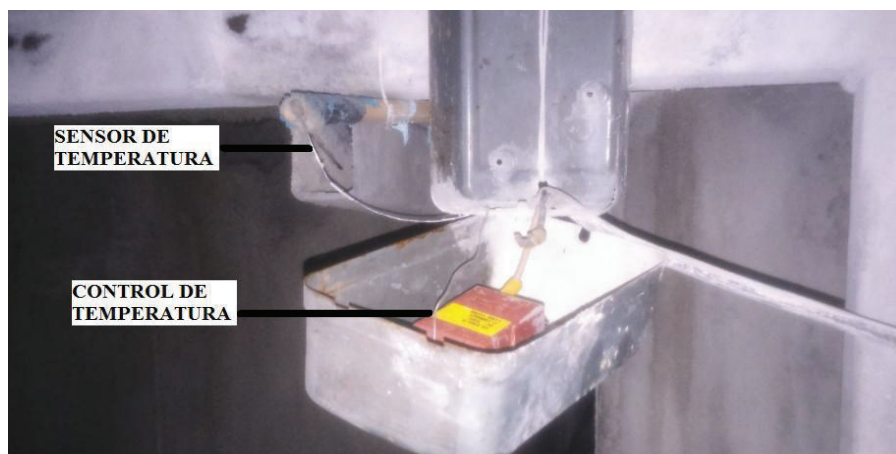


**Figura 1.22.** Daños Provocados por el Reboso de Líquido  
Fuente: Propia, 2016

- Los elementos de control ya sea el sensor de temperatura, timers, regulador de temperatura, tanto para la tina de desengrase como para la de fosfato, se encuentran expuestos a la intemperie, **figura 1.23** y **figura 1.24**, con el riesgo de sufrir daños como roturas, golpes, ocasionados por el operador al maniobrar el material.



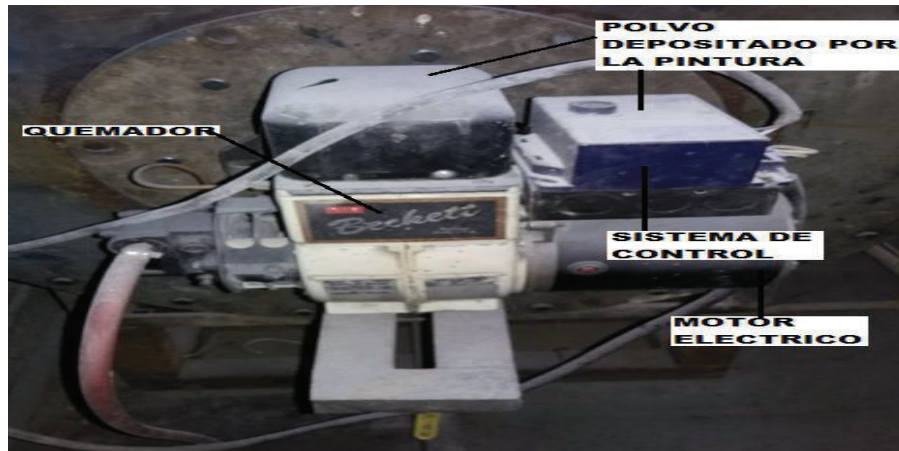
**Figura 1.23.** Elementos del Sistema de Control de Temperatura, Tina Desengrase  
Fuente: Propia, 2016



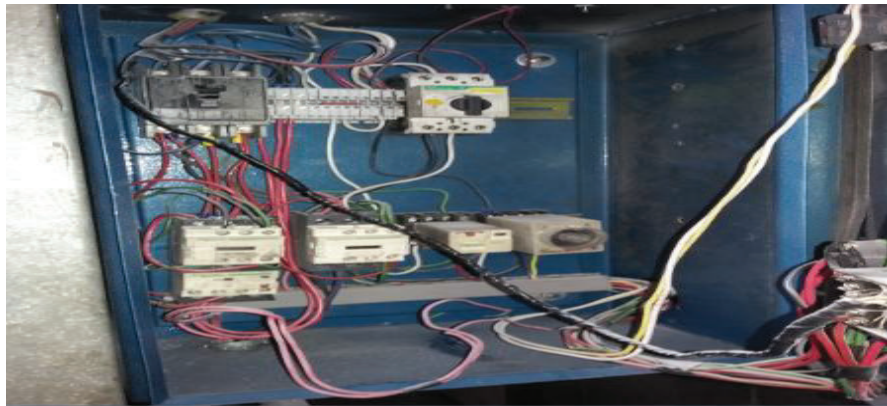
**Figura 1.24.** Elementos del Sistema de Control de Temperatura, Tina de fosfatizado  
Fuente: Propia, 2016

### 1.4.2 Hornos

- Tanto quemadores y tablero de control se encuentran expuestos a un ambiente lleno de polvo, mismo que ingresa en las partes mecánicas y eléctricas, provocando:
  - a. Trabamiento en los ejes del motor y bomba de diésel del quemador, **figura 1.25**.
  - b. Sulfatación en los contactos eléctricos internos del quemador, teniendo como resultado una chispa débil, por resultado una mala combustión.
  - c. Suciedad u obstrucción en el entrehierro de los contactores impidiendo el cierre completo de los contactores debido al polvo acumulado en ellos, **figura 1.26**.



**Figura 1.25.** Quemador del Horno Expuesto al Polvo  
Fuente: Propia, 2016



**Figura 1.26.** Tablero de Control del horno Expuesto al Polvo  
Fuente: Propia, 2016

- La flama provocada por la combustión acelera la oxidación y deterioro del material dentro del tubo de fuego haciendo que tenga un mantenimiento frecuente.
- Para la puesta en marcha de todo el sistema de curado (hornos de curado y secado), es de 1,5 horas/día del sistema de calentamiento actual, **tabla 1.1**.
- Además de los problemas ya descritos anteriormente, se tiene el excesivo consumo de combustible, tanto en hornos y tinas en el proceso de funcionamiento normal del sistema actual, **tabla 1.2**, tomando en cuenta que el subsidio de combustible fue eliminado en el mes de octubre del año 2015 para el sector industrial y comercial, por lo tanto el valor de galón de diésel es de 1.89 dólares en industrias que consumen más de 2000 gal/mes.

Tabla 1.1. Consumo promedio mensual de diésel para la puesta en marcha.

SISTEMA ACTUAL DE CALENTAMIENTO DE HORNOS Y TINAS PARA LA PUESTA EN MARCHA.						
TIPO DE MAQUINARIA	COMBUSTIBLE PARA LA MAQUINARIA	TIEMPO QUE PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO LA MAQUINARIA AL INICIO DE LA MARCHA		CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZA CADA MAQUINARIA (GLNS)		COMBUSTIBLE
		horas/día (A)	días/mes (B)	gal/hora (X)	total combustible/mes (Y = A * B * X)	
Desengrase	DIESEL 2	2,5	24	2,5	150	valor combustible c/gal = 1,89\$ \$ 283,50
Fosfato	DIESEL 2	2,5	24	2,5	150	\$ 283,50
Horno Secado	DIESEL 2	1,5	24	2,5	90	\$ 170,10
Horno 1	DIESEL 2	1,5	24	2,5	90	\$ 170,10
Horno 2	DIESEL 2	1,5	24	2,5	90	\$ 170,10
Horno 3	DIESEL 2	1,5	24	2,5	90	\$ 170,10
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL MES</b>					<b>660 gal</b>	<b>\$ 1.247,40</b>

Nota. Fuente: ATU S.A.

Datos técnicos recopilados por el personal de mantenimiento ATU S.A

**Tabla 1.2. Consumo promedio mensual de diésel para el funcionamiento.**

<b>SISTEMA ACTUAL DE CALENTAMIENTO DE HORNOS Y TINAS PARA EL FUNCIONAMIENTO NORMAL</b>						
<b>TIPO DE MAQUINARIA</b>	<b>COMBUSTIBLE PARA LA MAQUINARIA</b>	<b>TIEMPO QUE PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO LA MAQUINARIA</b>		<b>CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZA CADA MAQUINARIA (GLNS)</b>		<b>COMBUSTIBLE</b>
		horas/día <b>(A)</b>	días/mes <b>(B)</b>	gal/hora <b>(X)</b>	total combustible/mes <b>(Y = A * B * X)</b>	
Desengrase	DIESEL 2	7	24	1,5	252	valor combustible c/gal = 1,89\$ \$ 476,28
Fosfato	DIESEL 2	6	24	1,5	216	\$ 408,24
Horno Secado	DIESEL 2	16	24	1,95	748,8	\$ 1.415,23
Horno 1	DIESEL 2	16	24	1,95	748,8	\$ 1.415,23
Horno 2	DIESEL 2	16	24	1,95	748,8	\$ 1.415,23
Horno 3	DIESEL 2	16	24	1,95	748,8	\$ 1.415,23
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL MES</b>					<b>3463,2 GLNS</b>	<b>\$ 6.545,45</b>

**Nota. Fuente:** ATU S.A.

Datos técnicos recopilados por el personal de mantenimiento ATU S.A



## 1.5 Mantenimiento.

### 1.5.1 Mantenimiento preventivo y correctivo hornos de curado de pintura electrostática.

Diariamente, se realiza la limpieza al motor monofásico del quemador y al motor trifásico del ventilador ya que se acumula polvo en sus partes móviles. Semanalmente, se realiza una verificación y limpieza de los controles de mando de los hornos para que sus contactos no se llenen de polvo y así evitar la sulfatación. Mensualmente, se verifica el estado de las bandas y poleas del motor de los ventiladores, además del estado del motor del quemador. Trimestralmente, se verifica el estado adecuado de las conexiones eléctricas, todas estas tareas correspondientes a mantenimiento preventivo. Como mantenimiento correctivo se realiza la extracción del hogar del horno para su reparación, ya que presenta fallas en el calentamiento del horno (el hogar presenta deterioro del material por los años de trabajo), también se ha desmontado y montado el quemador del horno ya que presentaba en muchos de los casos fallas como: motor monofásico trabado, bobinas recalentadas, mal funcionamiento del control automático, toberas y conductos de diésel tapados, entre otros.

**Tabla 1.3 Gasto en mantenimiento preventivo de hornos al año.**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CADA HORNO.							
DESCRIPCIÓN	Hora/Día	Hora/Sem	Hora/Mes	Días/Mes	Valor de la hora trabajada	Total al mes por cada horno	Total al año por los 4 hornos
Limpieza motor monofásico del quemador C/U	0,5	–	–	24	\$ 3,65	\$ 43,80	\$ 2.102,4
Limpieza motor trifásico del ventilador C/U	1	–	–	24	\$ 3,65	\$ 87,60	\$ 4.204,8
Verificación y limpieza de los controles de mando C/U	–	2	–	4	\$ 3,65	\$ 29,20	\$ 1.401,6
Verificación estado bandas, poleas motor ventiladores, estado del motor del quemador C/U	–	–	1	1	\$ 3,65	\$ 3,65	\$ 175,2
<b>TOTALES</b>						<b>\$ 164,25</b>	<b>\$ 7.884</b>

Nota. Fuente: ATU S.A.

**Tabla 1.4 Gastos mantenimiento correctivo en horas trabajadas para cada horno.**

<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE HORAS TRABAJADAS PARA CADA HORNO.</b>						
DESCRIPCIÓN	Repuestos a utilizar	Tiempo/hora reparación	veces al año	Valor hora/trabajada	total al año por cada horno	total al año por los 4 hornos
Reparación total quemador	Rebobinado motor, cambio control automático, varios.	5	5	\$ 3,65	\$ 91,25	\$ 365,00
Cambio kid de reparación motor-quemador	Toberas, electrodos de encendido, kid de reparación.	2	3	\$ 3,65	\$ 21,90	\$ 87,60
Arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	Rebobinado y/o cambio de rulimanes del motor.	4	1	\$ 3,65	\$ 14,60	\$ 58,40
Arreglo y/o reparación cámara de combustión	Cambio de material de zona afectada.	16	1	\$ 3,65	\$ 58,40	\$ 233,60
<b>TOTALES</b>						<b>\$744,6</b>

Nota. Fuente: ATU S.A

**Tabla 1.5. Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo.**

<b>GASTOS EN REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.</b>			
DESCRIPCIÓN	Repuestos a utilizar	Valor total al año en repuestos para cada horno	Valor total al año en repuestos para 4 hornos
Reparación total quemador	Rebobinado motor, cambio control automático, varios.	\$ 591,25	\$ 2.365,00
Cambio kid de reparación motor-quemador	Toberas, electrodos de encendido, kid de reparación	\$ 217,30	\$ 869,20
Arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	Rebobinado y/o cambio de rulimanes del motor.	\$ 254,60	\$ 1.018,40
Arreglo y/o reparación cámara de combustión	Cambio de material de zona afectada.	\$ 450,56	\$ 1.802,24
<b>TOTALES</b>		<b>\$ 1.513,71</b>	<b>\$ 6.054,84</b>

Nota. Fuente: ATU S.A

### 1.5.2 Mantenimiento preventivo y correctivo en tinas de bonderizado.

Los trabajos se realizan en base a un cronograma de actividades establecido, entre los más importantes se tiene: examinar el químico utilizado en la piscina de desengrase y fosfatizado, la cantidad adecuada garantiza una excelente adherencia de la pintura en polvo en el material, también se realiza el mantenimiento de las tuberías de recirculación de la piscina de fosfatizado, ya que necesita una recirculación del líquido para que el químico no se sedimente en el fondo de la tina. Se realiza los mantenimientos preventivos y correctivos a los quemadores de desengrase y fosfatizado, bomba de agua de la piscina de fosfatizado, tecla y horno de secado.

**Tabla 1.6. Gasto en mantenimiento preventivo de tinas**

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO TINAS DESENGRASE Y FOSFATO.</b>							
DESCRIPCIÓN	Hora/Día	Hora/Semana	Hora/Mes	Día/Mes	Valor de la hora trabajada	Total al mes por cada tina	Total al año para ambas tinas
Limpieza motor monofásico del quemador C/U	0,5	–	–	24	\$ 3,65	\$ 43,8	\$ 1051,2
Chequeo del químico C/U	–	1	–	24	\$ 3,65	\$ 87,6	\$ 2102,4
Mantenimiento de tuberías de recirculación	–	–	1	4	\$ 3,65	\$ 14,6	\$ 350,4
Mantenimiento preventivo bomba tina de fosfato	–	–	1	1	\$ 3,65	\$ 3,65	\$ 87,6
<b>TOTALES</b>						<b>\$ 149,65</b>	<b>\$ 3591,6</b>

**Nota. Fuente:** ATU S.A.

**Tabla 1.7. Gastos mantenimiento correctivos en horas trabajadas para cada tina.**

<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE HORAS TRABAJADAS PARA CADA TINA.</b>						
DESCRIPCIÓN	repuestos a utilizar	tiempo/hora reparación	veces al año	valor/hora trabajada	total al año por cada tina	total al año por ambas tinas
Reparación total quemador	Rebobinado motor, cambio control automático, varios	5	5	\$ 3,65	\$ 91,25	\$ 182,50
Cambio kid de reparación motor-quemador	Toberas, electrodos de encendido, kid de reparación	2	5	\$ 3,65	\$ 36,50	\$ 73,00
Arreglo y/o reparación cámara de combustión	Cambio de material de zona afectada	16	0	\$ 3,65	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>TOTALES</b>						<b>\$ 255,50</b>

Nota. Fuente: ATU S.A.

**Tabla 1.8. Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo.**

<b>GASTOS EN REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.</b>			
DESCRIPCION	Repuestos a utilizar	valor total al año en repuestos para cada tina	valor total al año en repuestos para ambas tinas
Reparación total quemador	Rebobinado motor, cambio control automático, varios	\$ 591,25	\$ 1.182,50
Cambio kid de reparación motor-quemador	Toberas, electrodos de encendido, kid de reparación	\$ 517,30	\$ 1.034,60
Arreglo y/o reparación cámara de combustión	Cambio de material de zona afectada	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>TOTALES</b>		<b>\$ 1.108,55</b>	<b>\$ 2.217,10</b>

Nota. Fuente: ATU S.A.

## 1.6 Seguridad.

Dentro de seguridad, el personal operativo que manipula estos mecanismos, se han encontrado con accidentes e incidentes tales como:

- Los quemadores por estar en lugares expuesto a la intemperie, provocan quemaduras de segundo grado, tanto al personal de mantenimiento como operativo.
- Por los rebosos de agua que se provocan al ingresar el material a la tina, mojan las partes eléctricas de los quemadores, haciendo que la tina se energice y descargue en el operador de la tina.
- Una anticuada y mala instalación del sistema de cañerías de diésel, han ocasionado o pueden ocasionar incendios, con el riesgo de que el personal operativo sufra accidentes graves.
- Los quemadores por muchos años de trabajo y constantes mantenimientos, han bajado su eficiencia, aumentando la emisión de gases contaminantes en lugares cerrados como dióxido de carbono. Gases que son responsables de la calidad de aire que se respira en la industria, produciendo enfermedades respiratorias al personal.
- Los tableros de control de hornos son de hace mucho tiempo, motivo por el cual se provoca sobrecalentamiento del aislamiento, corto circuitos, etc. Ocasionado en el personal operativo accidentes por electrificación.

## Capítulo 2

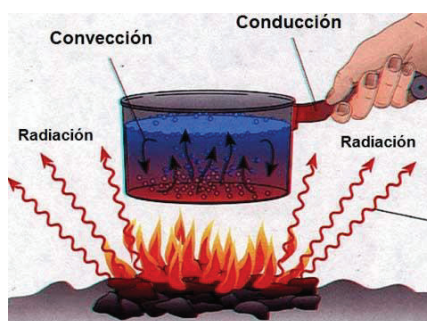
### Consideraciones Preliminares

#### 2.1 Conceptos básicos.

##### 2.1.1 Transferencia de calor.

En física, la transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Existen tres formas de transferir el calor: por conducción, convección y radiación.



**Figura 2.1.** Transferencia de calor  
Fuente: <http://primaria5.blogspot.com>

##### 2.1.2 Transferencia de calor por conducción.

La conducción de calor es un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre dos cuerpos, cuando existe un gradiente de temperatura en uno de los cuerpos, transfiriendo la energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura. Entonces la energía transferida por conducción y la rapidez de transferencia de energía por unidad de área es proporcional al gradiente normal de temperatura. (HOLMAN, 1999, pág. 18)



**Figura 2.2.** Transferencia por conducción  
Fuente: <http://primaria5.blogspot.com>

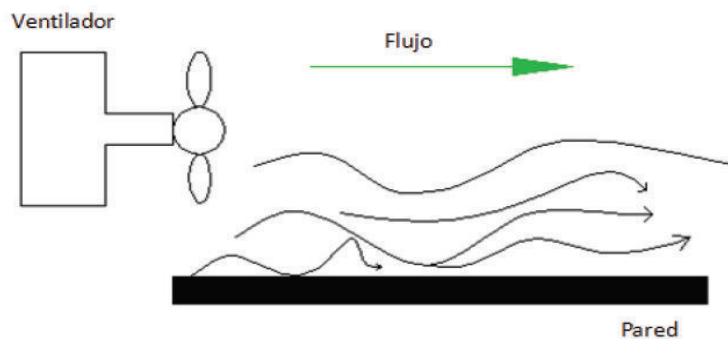
### 2.1.3 Transferencia de calor por convección.

Los líquidos y los gases son la principal forma de transmisión del calor por convección. A diferencia de la conducción, en la convección el líquido o gas caliente se desplaza.

En este sistema de transferencia de calor interviene un fluido en movimiento que transporta la energía térmica a diferente temperatura. (HOLMAN, 1999)

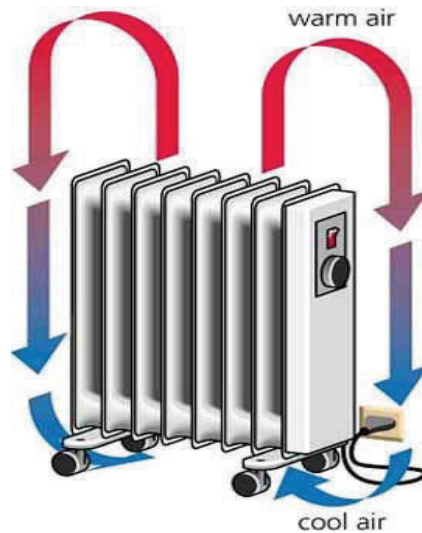
La transmisión de calor por convección puede ser:

- **Forzada:** Mediante un medio externo sea este, un ventilador o bomba se mueve el fluido a través de una zona caliente y éste transporta el calor hacia una zona fría.



**Figura 2.3.** Convección forzada  
Fuente: <https://procesosbio.wikispaces.com>

- **Natural:** el propio fluido extrae calor de la zona caliente y cambia su densidad haciendo que se desplace hacia la zona más fría donde cede su calor.



**Figura 2.4.** Convección natural  
Fuente: <http://primaria5.blogspot.com>

### 2.1.4 Transferencia de calor por radiación

Al contrario de los métodos de transferencia de calor como conducción y convección donde está involucrada la transferencia de energía a través de un medio material, el calor también se puede transferir a regiones donde existe el vacío perfecto, para este caso es la radiación electromagnética que es propagada como resultado de una diferencia de temperaturas. (HOLMAN, 1999, pág. 29).



**Figura 2.5.** Transferencia de calor por radiación

Fuente: <http://primaria5.blogspot.com>

### 2.1.5 Calderas para aceite térmico

Una caldera es un intercambiador de calor que transforma la energía química del combustible en energía calorífica. Además de calentar un fluido ya sea agua o aceite térmico. Las calderas para fluido térmico por lo general son del tipo serpentín de múltiples pasos con flujo forzado, donde el aceite térmico es calentado a alta temperatura, para luego ser distribuido por una red de baja presión a varios usuarios de calor.

#### 2.1.5.1 Caldera eléctrica

Estas están constituidas por resistencias eléctricas situadas en el interior del caldero, la cámara de presión de estos calentadores está formada por un cilindro de acero con sus respectivas tapas. Por el hecho de que estos equipos son netamente eléctricos y que su construcción es compacta, hace que estas calderas sean idóneas para aquellos casos en los que no se dispone de combustibles o el uso de combustible no sea recomendable. Este tipo de calderas tiene un campo de aplicación ilimitado, siendo concebidas, principalmente, para los sectores Alimenticio, Químico, etc. En



cuanto a su utilización específica, son particularmente adecuadas para el calentamiento de prensas, reactores y pequeña maquinaria.



**Figura 2.6.** Caldera de fluido térmico eléctrico  
Fuente: <http://www.pirobloc.com>

### **Características de las calderas eléctricas**

Ejecución horizontal o vertical

Presión de servicio: 7 - 20 bar

Presión de prueba: 16 bar

Temperatura de servicio: 300 - 400 °C

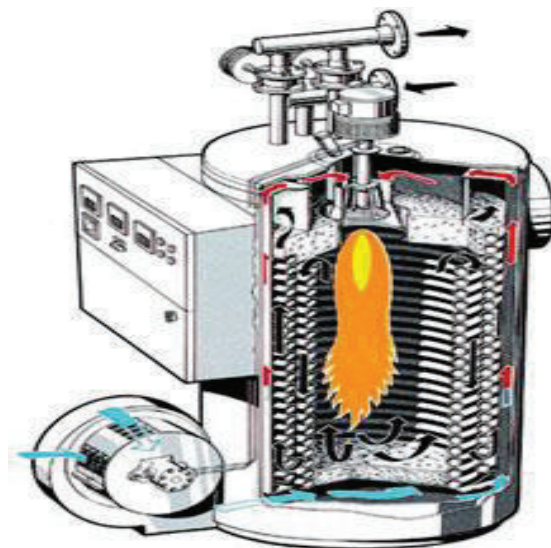
Tienen una capacidad de 21,98 kW hasta 504,08 kW

Se las emplea en lugares donde no puede existir combustión, minas, laboratorios, ambientes explosivos.

#### **2.1.5.2 Caldera con serpentín**

Este tipo de calentador es el más utilizado ya que su fuente de energía son los hidrocarburos como el gas natural, diésel, búnquer.

En este tipo de calderas el aceite circula dentro del serpentín tipo helicoidal que está ubicado dentro del cuerpo de la caldera, la llama fluye por el centro de este serpentín para luego chocar en el refractario que está situado en el fondo del calentador para a continuación subir y realizar los cuatro pasos de flujo de gases. (Babcock Wanson, s.f.).



**Figura 2.7.** Caldera de fluido térmico con serpentín

Fuente: <http://www.babcock-wanson.es>

Este tipo de calderas pueden ser horizontal o vertical, la caldera horizontal es de tres pasos, su eficiencia es de alrededor de un 81% y ocupa más espacio de instalación. La caldera vertical es de cuatro pasos, la eficiencia de este equipo es de alrededor de un 84% y ocupa menos espacio de instalación.

La capacidad estimada de este tipo de caldera es de alrededor de 5861,42 kW/h (20,000.000 BTU/h), siendo esta una de las más eficientes en su categoría de los que funcionan con hidrocarburos.

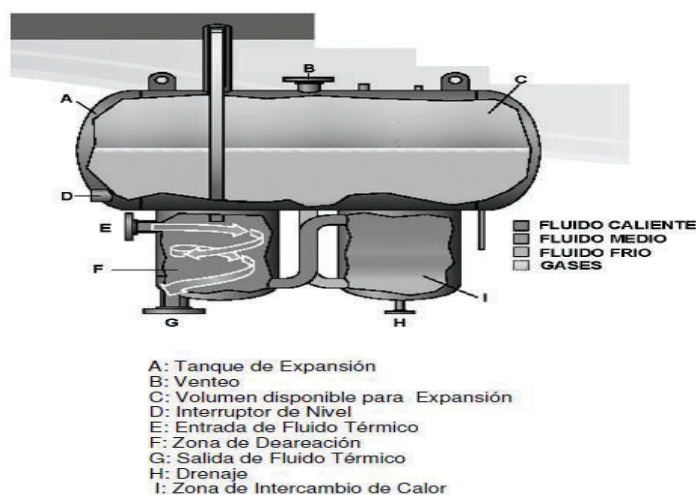
## **2.1.6 Componentes mecánicos del sistema de calentamiento por aceite térmico**

### **2.1.6.1 Tanque para aceite térmico**

Es un componente fundamental del sistema de fluido térmico y cumple básicamente tres funciones.

- Absorbe la expansión del fluido térmico al calentarse.
- Deaerar el aceite con la finalidad de evitar al máximo la corrosión en el sistema.
- Favorece a que el aceite más frío del sistema sea el que entre en contacto con el ambiente dentro del tanque de expansión y así evitar que capture oxígeno.

### 2.1.6.2 Partes componentes del tanque de aceite térmico



**Figura 2.8.** Tanque para aceite térmico  
 Fuente: <http://www.proveedoratermica.com>

#### **Zona de intercambio de calor**

El intercambiador de calor está ubicada en la parte inferior del tanque, y su función consiste en hacer que el aceite más frío vaya a la sección de expansión del tanque, su finalidad consiste en hacer que el aceite no vuelva a capturar oxígeno.

#### **Deareador**

Ubicada en la parte inferior del tanque de aceite, su función es extraer remanentes de oxígeno para luego enviarlo al exterior.

#### **Cámara de expansión**

Es la parte donde se da el incremento de volumen que sufre el aceite térmico por el calentamiento que este sufre, tiene que ser correctamente dimensionado para evitar derrames por rebalse.

#### **Bomba de recirculación**

Es una bomba centrífuga que se utiliza para forzar la circulación del aceite térmico por el sistema, debe ser dimensionado para cumplir con la satisfacción del flujo mínimo de aceite requerido por usuarios y el calentador con una presión suficiente para vencer las pérdidas de todo el sistema.

### 2.1.7 Fluidos térmicos

Los aceites térmicos son fluidos utilizados para llevar calor desde un lugar a otro, después de haber sido previamente calentados ya sea por un quemador, una resistencia o cualquier otro método.

También son denominados fluidos calo portadores o de transferencia térmica. Se utilizan como un medio para la transferencia de calor en procesos industriales donde se necesita calentar algún medio y su aplicación es netamente para sistemas recirculantes cerrados. Pueden ser de aceites minerales e hidrocarburos, natural, parafínico o sintético.

#### **2.1.7.1 Características de los fluidos térmicos**

- Estabilidad, los aceites deben ser estables en los parámetros especificados por el fabricante, no pueden sufrir alteraciones en su composición por los efectos del calor y el trabajo al que van a ser sometidos, si no son estables, se producirán gases y restos insolubles que perjudicaran al sistema.
- Oxidación, deben ser resistentes a la oxidación, la oxidación se produce más rápidamente con la temperatura, ésta produce aumento de la viscosidad y una pérdida de eficacia en la transferencia térmica.
- Coeficiente de transferencia, se necesita un alto coeficiente de transferencia, a mayor coeficiente, mayor eficacia.
- Vida útil, la vida útil de los aceites aumenta con la correcta utilización y un buen diseño del sistema, un buen mantenimiento y control de las características del aceite que se degrada con el uso.

#### **2.1.8 Tubería para aceite térmico.**

La tubería es una parte importante en un sistema de calentamiento por aceite térmico, por lo que es necesario considerar una buena soldadura y buenos empaques para evitar fugas etc.

Hay que tener un especial cuidado con el material del cual está hecho la tubería, materiales como, cobre, aleaciones de cobre, aluminio, hierro forjado, son materiales que no deben utilizarse para la circulación de aceite térmico, el hierro forjado es poroso a los fluidos térmicos, el cobre y el aluminio actúan como catalizadores en la degradación de algunos fluidos térmicos. Se recomienda materiales como aceros al carbón y aceros inoxidable.

#### **2.1.9 Aislante térmico.**

Un aislante térmico es aquel material usado por su alta resistencia térmica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios.

Para esto se utilizan materiales porosos, fibrosos como las lanas minerales como la lana de roca o lana de vidrio, también el poliestireno expandido, poliestireno extruido, espuma de poliuretano.

### 2.1.10 Intercambiadores de calor.

El intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, estén separados por una barrera o que estén en contacto.

La función básica de los intercambiadores es la transferencia de energía térmica entre dos o más fluidos a diferentes temperaturas.

El calor fluye como resultado del gradiente de temperatura, desde el fluido caliente hacia el frío a través de una pared de separación.

#### 2.1.10.1 Intercambiador de calor por placas.

Está constituido por placas en lugar de tubos, para separar los dos fluidos caliente y frío. Los líquidos caliente y frío se alternan entre sí.

Un intercambiador de placas es capaz de transferir mucho más calor con respecto a un intercambiador de carcasa y tubos con un volumen similar, esto se debe a que las placas proporcionan un área mayor que los tubos.



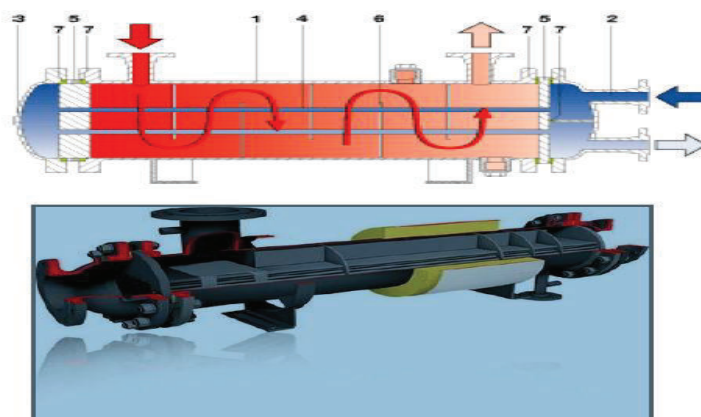
Figura 2.9. Intercambiador de calor por placas

Fuente: <http://www.comeval.es>

#### 2.1.10.2 Intercambiador de carcasa y tubo.

Este tipo de intercambiador está constituido por un conjunto de tubos, ubicados en un contenedor llamado carcasa. Al flujo dentro de los tubos se lo denomina como flujo interno mientras que el flujo que circula por el interior del contenedor se lo conoce como flujo externo. En sistemas donde

los dos fluidos presentan una gran diferencia entre sus presiones, el líquido con mayor presión circula a través de los tubos y el líquido con una presión más baja circula por del lado de la carcasa.



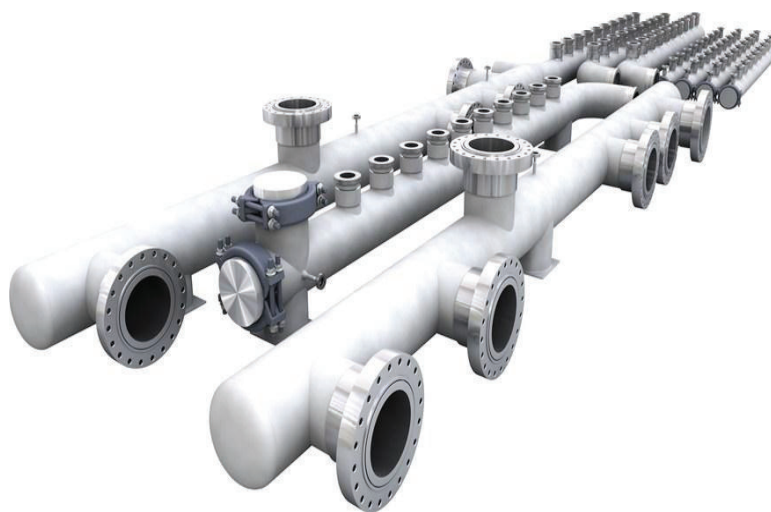
**Figura 2.10.** Intercambiador de calor de carcasa y tubo  
Fuente: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com>

### 2.1.10.3 Intercambiador de calor tipo manifold.

El intercambiador de calor tipo manifold consiste básicamente en un arreglo de tuberías que sirve como un elemento de transferencia de calor.

Este tipo de intercambiador se puede fabricar en diferentes tipos de material como acero, acero inoxidable, aluminio, cobre, latón, etc.

La forma que del intercambiador es muy importante porque de esto depende que haya una buena transferencia de calor.



**Figura 2.11.** Intercambiador de calor tipo manifold  
Fuente: <http://smt.sandvik.com>

## **2.2 Parámetros de diseño.**

Los equipos actualmente utilizados son de hace 30 años, por lo cual su eficiencia y rendimiento dentro de los procesos ya no son óptimos, porque han demandado mantenimientos correctivos muy frecuente y en algunos casos han requerido trabajos de reconstrucción de ciertas piezas. La ineficiencia de los equipos además de traer problemas técnicos lleva consigo gastos económicos para la empresa, ya que al no calentar adecuadamente el agua de las tinas y el aire de los hornos genera gastos extras en combustible, mantenimiento y repuestos, situación que se podría evitar si se contara con equipos de mayor eficiencia y un mejor diseño del sistema para el proceso de calentamiento.

El nuevo diseño tendrá una caldera para aceite térmico, con la cual se calentará tanto tinas como hornos, el sistema contará con una tubería principal por donde circulará el aceite térmico el cual es utilizado para temperaturas de proceso mayor o igual a 200°C. Además de tener múltiples ventajas con respecto a las calderas de vapor de agua, la principal radica en la temperatura de saturación de los líquidos, lo que significa que el aceite térmico no aumenta su presión al trabajar a altas temperaturas a diferencia del agua, en otras palabras no forma vapor.

Para calentar las tinas y hornos se colocarán intercambiadores de calor tipo manifold en cada uno de ellos, estos intercambiadores de calor irán dentro de las tinas para calentar el líquido y dentro de los hornos para calentar el aire.

El nuevo diseño tendrá un solo quemador, el de la caldera y no seis quemadores con los que cuenta el sistema actual, además este diseño contará con un sistema de control de temperatura más adecuado que viene con la caldera para aceite térmico, por tal motivo el sistema tendrá una mejor estabilidad con respecto a temperaturas de trabajo.

## **2.3 Alternativas de diseño del sistema de calentamiento por aceite térmico**

### **2.3.1 Pérdidas de calor en Tinas y hornos**

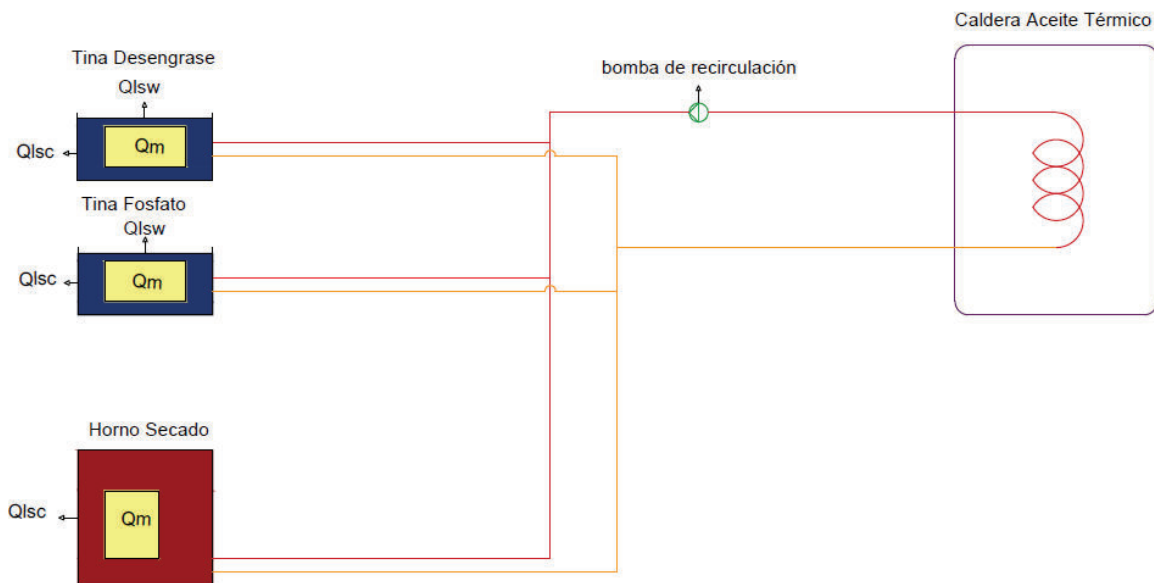
Las pérdidas de calor que se tienen en el sistema de calentamiento se observa en la **figura 2.12**.

Las pérdidas de calor que existen en el sistema son parte importante, determina la potencia de la caldera para aceite térmico, con la información de las pérdidas de calor se podrá elegir la caldera apropiada para el nuevo diseño.

$Q_{lsc}$ : Pérdidas en las paredes de las tinas

$Q_{lsw}$ : Pérdidas en la superficie de las tinas

$Q_m$ : Pérdidas en el material



**Figura 2.12.** Pérdidas de calor en tinas y hornos  
Fuente: Propia, 2016

### 2.3.2 Consideraciones de diseño del sistema de calentamiento por aceite térmico

Con el fin de determinar los requisitos de capacidad en kW inicial y de funcionamiento, se debe considerar los siguientes factores:

- Tiempo de calentamiento
- Temperaturas de arranque y funcionamiento
- Propiedades térmicas de los materiales a calentar
- Pérdidas de calor de la superficie del contenedor y material



### 2.3.3 Pasos para la determinación de los requisitos totales de energía.

- Determinar la energía que se necesita, para llegar hasta la temperatura de operación en el tiempo deseado.
- Calcular la energía necesaria para mantener la temperatura de operación.
- Calcular las pérdidas de energía que se necesitan recuperar en el proceso de puesta en marcha y funcionamiento.

### 2.3.4 Cálculo de la energía requerida por la Tina de desengrase.

#### 2.3.4.1 Datos requeridos para el cálculo: <sup>2</sup>

EL procedimiento para los cálculos que se realizarán es de acuerdo al catálogo de WATLOW, (Anexo 1).

- Temperatura inicial:  $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$
- Temperatura final a la que se requiere calentar el líquido:  $T_f = 65^{\circ}\text{C}$
- Variación de la temperatura:  $\Delta_T = 65^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$
- Capacidad eficiente de la Tina:  $V = 6,5\text{m}^3$
- Calor específico del agua a  $10^{\circ}\text{C}$ :  $C_p = 4,192 \frac{\text{kg}}{(\text{kg} * ^{\circ}\text{C})}$
- Calor específico del Tol negro al frio (Aleación de Acero + carbono + A36 ):  $C_{\rho M} = 0,50244 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^{\circ}\text{C}}^3$
- Densidad del agua a  $10^{\circ}\text{C}$ :  $\rho = 999,77 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Espesor de las planchas de la Tinas sin aislamiento:  $e = 6\text{mm}$
- Área de las paredes que conforman la Tina:  $A_{PT} = 15,66\text{m}^2$
- Área de la superficie de la Tina:  $A_{ST} = 3,54\text{m}^2$
- Cantidad de Tol negro al frio a trabajar (Aleación de carbono + carbono + A36 ) = 571,53 kg

<sup>2</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE. 2006

<sup>3</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 138, tabla 133.

- Volumen de m<sup>3</sup> de líquido perdido diariamente:  $V_p = 0,5m^3$  por 14 horas de trabajo, que aproximadamente es  $\rightarrow 0,04m^3$  por h.
- Tiempo de tratamiento del material por inmersión:  $t_c = 10 \text{ min} = 1/6 \text{ h}$
- Los cálculos obtenidos deben dar como resultado un valor de potencia en wattios (W), entonces una conversión adicional es:

$$1\text{kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

#### 2.3.4.2 Cálculo de la energía necesaria para calentar el agua ( $Q_w$ )<sup>4</sup>

$$Q_w = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ/kWh}} \quad (2-1)$$

$$m = \rho * V \quad (2-2)$$

Donde:

m: Masa del agua de la tina de desengrase en (kg)

$\rho$ : Densidad del agua a 10°C en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

V: Capacidad eficiente de la Tina ( $\text{m}^3$ )

$C_p$ : Calor específico del agua a 10°C en ( $\text{kJ}/(\text{kg} * ^\circ\text{C})$ )

$\Delta T$ : Variación de temperatura en ( $^\circ\text{C}$ )

$$m = 6498,51\text{kg}$$

$$Q_w = 416,51 \text{ kWh}$$

#### 2.3.4.3 Pérdidas de Calor en las Superficies ( $Q_p$ )<sup>5</sup>

##### a) Pérdidas en la Superficie del Agua ( $L_{sw}$ )

$$Q_{Lsw} = A_{ST} * F_{SL} * t_e \quad (2-3)$$

Donde:

$A_{ST}$ : Área de la superficie de la tina en ( $\text{m}^2$ )

<sup>4</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE. 2006

<sup>5</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE.

$F_{SL}$ : Factor de pérdida de superficie combinados a 60% de humedad y a temperatura superficial de  $65^{\circ}\text{C} = 2.365\text{kW}/\text{m}^2$  <sup>6</sup>

te: Tiempo de exposición = 1h

$$Q_{Lsw} = 8,38 \text{ kWh}$$

### b) Pérdidas de calor en las paredes de tanque no aisladas (Lsc)

$$Q_{Lsc} = A_{PT} * F_{SL} * te \quad (2-4)$$

Donde:

$A_{PT}$ : Área de la paredes expuestas de la tina en ( $\text{m}^2$ )

$F_{SL}$ : Factor de pérdida de la superficie de las paredes de la tina sin aislamiento a  $\Delta T = 55^{\circ}\text{C} = 155 \text{ w}/\text{m}^2$  <sup>7</sup>

te: Tiempo de exposición = 1h

$$Q_{Lsc} = 2,43 \text{ kWh}$$

Por lo tanto:

$$Q_P = Q_{Lsw} + Q_{Lsc} \quad (2-5)$$

$$Q_P = 10,81\text{kWh}$$

### 2.3.4.4 Potencia necesaria para la puesta en marcha Start up Power ( $Q_s$ )<sup>8</sup>

$$Q_s = \left( \frac{Q_w}{ts} + \frac{2}{3} \frac{Q_P}{te} \right) (1 + SF) \quad (2-6)$$

Donde:

$$Q_w = 416,51 \text{ kWh}$$

$$Q_P = 10,81\text{kWh}$$

ts: Tiempo de puesta en marcha = 1h

te: Tiempo de exposición de las pérdidas = 1h

<sup>6</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, grafico 14

<sup>7</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, grafico 12

<sup>8</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE.2006

SF: Factor de seguridad = 10% recomendación. (WATLOW, 2005)

Durante el arranque de un sistema las pérdidas son cero y se elevan al 100% hasta llegar a la temperatura de proceso. Se obtiene una buena aproximación de las pérdidas reales cuando las pérdidas de calor  $Q_p$  se multiplica por  $2/3$ . (WATLOW, 2005)

$$Q_s = 465,74 \text{ kW}$$

#### 2.3.4.5 Cálculos de la energía necesaria para calentar el agua adicional ( $Q_{wa}$ )<sup>9</sup>

$$Q_{wa} = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ/kWh}} \quad (2-7)$$

$$m = \rho * V$$

Donde:

m: Masa del agua adicional en (kg)

$\rho$ : Densidad del agua a 10°C en (°C)

$V_p$ : Volumen de líquido perdido por hora en ( $m^3$ )

$C_p$ : Calor específico del agua a 65°C =  $4,187 \text{ kJ/kg} * ^\circ\text{C}$

$\Delta T$ : Variación de temperatura en (°C)

$$m = 39,99 \text{ kg} \approx 40 \text{ kg}$$

$$Q_{wa} = 2,56 \text{ kW/h}$$

#### 2.3.4.6 Cálculos de la energía necesaria para calentar el material a procesar (Tol negro al frío “Aleación de Acero + Carbono + A36”) ( $Q_m$ )<sup>10</sup>

$$Q_m = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ/kWh}} \quad (2-8)$$

Donde:

---

<sup>9</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE.2006

<sup>10</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE.2006

m: Masa del material a procesar en (kg)

$C_p$ : Calor específico del Tol negro al frío en  $(\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C})$

$\Delta_T$ : Variación de temperatura en ( $^\circ\text{C}$ )

$$Q_m = 4,39 \text{ kWh}$$

### 2.3.4.7. Cálculo de la potencia de funcionamiento ( $Q_0$ )<sup>11</sup>

$$Q_0 = \left( \frac{Q_m}{t_c} + \frac{Q_p + Q_{wa}}{t_e} \right) (1 + SF) \quad (2-9)$$

Donde:

$$Q_m = 4,39 \text{ kWh}$$

$$Q_p = 10,81 \text{ kWh}$$

$$Q_{wa} = 2,56 \text{ kWh}$$

$t_c$ : Tiempo de tratamiento del material por inmersión en (h)

$t_e$ : Tiempo de exposición de las pérdidas =  $1/6$  h

SF: Factor de seguridad = 10% recomendaciones de (WATLOW, 2005)

$$Q_0 = 117,22 \text{ Kw}$$

## 2.3.5 Cálculo de la energía requerida por la Tina de Fosfato.

### 2.3.5.1 Datos requeridos para el cálculo:

- Temperatura inicial:  $T_0 = 10^\circ\text{C}$
- Temperatura final a la que se requiere calentar el líquido:  $T_f = 30^\circ\text{C}$
- Variación de la temperatura:  $\Delta_T = 30^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ )
- Capacidad eficiente de la Tina:  $V = 6,5\text{m}^3$
- Calor específico del agua a  $10^\circ\text{C}$ :  $C_p = 4,192 \text{ kg}/(\text{kg} * ^\circ\text{C})$

---

<sup>11</sup> CATALOGO WATLOW, THERMAL COMPONENT REFERENCE GUIDE.2006

- Calor específico del Tol negro al frio (Aleación de Acero + carbono + A36 ):  $C_{PM} = 0,50244 \text{ kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C}^{12}$
- Densidad del agua a  $10^\circ\text{C}$  :  $\rho = 999,77 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Espesor de las planchas de la Tinas con aislamiento:  $e = 25,4\text{mm}$
- Área de las paredes que conforman la Tina:  $A_{PT} = 15,66\text{m}^2$
- Área de la superficie de la Tina:  $A_{st} = 3,54\text{m}^2$
- Cantidad de Tol negro al frio a trabajar (Aleación de carbono + carbono + A36 ) = 571,53 kg
- Volumen de  $\text{m}^3$  de líquido perdido diariamente = 0 las pérdidas en este proceso son despreciables.
- Tiempo de tratamiento del material por inmersión:  $t_c = 10 \text{ min} = 1/6 \text{ h}$
- Los cálculos obtenidos deben dar como resultado una valor de potencia en wattios (W), entonces una conversión adición adicional es:

$$1\text{kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

### 2.3.5.2 Cálculo de la energía necesaria para calentar el agua ( $Q_w$ )

$$Q_w = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ}/\text{kWh}}$$

$$m = \rho * V$$

Donde:

m: Masa del agua de la tina de fosfato en (kg)

$\rho$ : Densidad del agua a  $10^\circ\text{C}$  en  $(\text{kg}/\text{m}^3)$

V: Capacidad eficiente de la Tina ( $\text{m}^3$ )

$C_p$ : Calor específico del agua a  $10^\circ\text{C}$  en  $(\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C})$

---

<sup>12</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, tabla 133

$\Delta_T$ : Variación de temperatura en (°C)

$$m = 6498,51 \text{ kg}$$

$$Q_w = 151,34 \text{ kWh}$$

### 2.3.5.3 Pérdidas de Calor en las Superficies ( $Q_p$ )

#### a) Pérdidas en la Superficie del Agua ( $L_{sw}$ )

$$Q_{Lsw} = A_{st} * F_{SL} * t_e$$

Donde:

$A_{st}$ : Área de la superficie de la tina en ( $m^2$ )

$F_{SL}$ : Factor de pérdida de superficie combinados a 60% de humedad y a temperatura superficial a 30°C (86°F) =  $12,5 \text{ W/ft}^2$ .<sup>13</sup>

$t_e$ : Tiempo de exposición = 1h

$$Q_{Lsw} = 476,31 \text{ Wh}$$

#### b) Pérdidas de calor en las paredes de tanque con aislamiento ( $L_{sc}$ )

$$Q_{Lsc} = A_{PT} * F_{SL} * t_e$$

Donde:

$A_{PT}$ : Área de la paredes expuestas de la tina en ( $m^2$ )

$F_{SL}$ : Factor de pérdida de la superficie de las paredes de la tina con aislamiento de 25,4mm: a  $\Delta_T = 20^\circ\text{C} = 26.35 \text{ W/m}^2$ .<sup>14</sup>

$t_e$ : Tiempo de exposición = 1h

$$Q_{Lsc} = 399,33 \text{ Wh}$$

<sup>13</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, grafico 14

<sup>14</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, grafico 12

Por lo tanto:

$$Q_P = Q_{Lsw} + Q_{Lsc}$$

$$Q_P = 875,64 \text{ Wh}$$

#### 2.3.5.4 Potencia necesaria para la puesta en marcha Start up Power (Q<sub>s</sub>)

$$Q_s = \left( \frac{Q_w}{ts} + \frac{2 Q_P}{3 te} \right) (1 + SF)$$

Donde:

$$Q_w = 151,34 \text{ kWh}$$

$$Q_P = 875,64 \text{ Wh}$$

ts: Tiempo de puesta en marcha = 1h

te: Tiempo de exposición de las pérdidas = 1h

SF: Factor de seguridad = 10% recomendación. (WATLOW, 2005)

Durante el arranque de un sistema las pérdidas son cero y se elevan al 100% hasta llegar a la temperatura de proceso. Se obtiene una buena aproximación de las pérdidas reales cuando las pérdidas de calor  $Q_P$  se multiplica por  $2/3$ . (WATLOW, 2005)

$$Q_s = 151,92 \text{ kW}$$

#### 2.3.5.5 Cálculos de la energía necesaria para calentar el agua adicional (Q<sub>wa</sub>)

Las pérdidas de agua en este proceso son despreciables, ya que la temperatura en que trabaja la tina es casi similar a la temperatura del medio ambiente.

Por lo tanto:

$$Q_{wa} = 0$$

#### 2.3.5.6. Cálculos de la energía necesaria para calentar el material a procesar (Tol negro al frio “Aleación de Acero + Carbono + A36”) (Q<sub>m</sub>)

$$Q_m = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ/kWh}}$$



Donde:

m: Masa del material a procesar en (kg)

$C_p$ : Calor específico del Tol negro al frio en  $(\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C})$

$\Delta T$ : Variación de temperatura en ( $^\circ\text{C}$ )

$$Q_m = 1,6 \text{ kWh}$$

### 2.3.5.7. Cálculo de la potencia de funcionamiento ( $Q_0$ )

$$Q_0 = \left( \frac{Q_m}{t_c} + \frac{Q_p + Q_{wa}}{t_e} \right) (1 + SF)$$

Donde:

$$Q_m = 1,6 \text{ kWh}$$

$$Q_p = 875,64 \text{ Wh}$$

$$Q_{wa} = 0$$

$t_c$ : Tiempo de tratamiento del material por inmersión en (h)

$t_e$ : Tiempo de exposición de las pérdidas =  $1/6$  h

SF: Factor de seguridad = 10% recomendación. (WATLOW, 2005)

$$Q_0 = 16,34 \text{ kW}$$

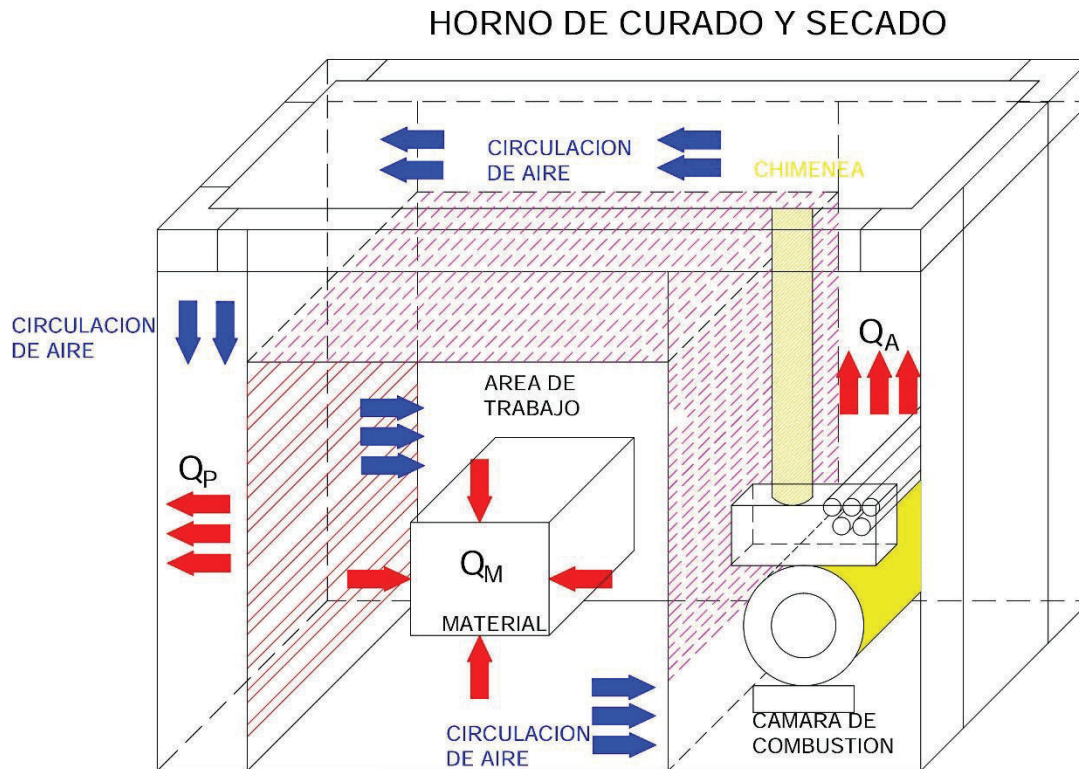
### 2.3.6 Cálculo de la energía requerida por los Hornos.

En la **figura 2.13** se observa, las pérdidas en el producto de trabajo y las paredes, además del calor necesario para calentar el aire que se presenta en los hornos de curado y secado, también la circulación del aire con convención forzada.

$Q_p$ : Pérdida en las paredes

$Q_M$ : Pérdidas en el material

$Q_A$ : Calor necesario para calentar el aire.



**Figura 2.13.** Pérdidas de calor en los hornos  
Fuente: Propia, 2016

### 2.3.6.1. Consideraciones de diseño

La mayoría de las aplicaciones de hornos consisten en el calentamiento del producto de trabajo dentro de una caja aislada. Los cálculos de la pérdida de calor involucran la determinación de los requisitos de calor para calentar la caja y el producto de trabajo usando aire calentado y circulado mediante convección natural o forzada.

### 2.3.6.2 Pasos para la determinación de los requisitos totales de energía.

- Determinar la energía que se necesita, para llegar hasta la temperatura de operación en el tiempo deseado.
- Calcular la energía necesaria para mantener la temperatura de operación.
- Calcular las pérdidas de energía que se necesitan recuperar en el proceso de puesta en marcha y funcionamiento.

### 2.3.6.3 Cálculo de la potencia requerida por los hornos

#### 2.3.6.3.1 Datos requeridos para el cálculo:

- Temperatura inicial  $T_0 = 10^\circ\text{C}$
- Temperatura final a la que se quiere calentar el aire  $T_f = 220^\circ\text{C}$
- Variación de la temperatura  $\Delta_T = 220^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 210^\circ\text{C}$
- Caudal de aire en los hornos  $\text{CFM}_{\text{HORNO}} = 2718,417 \text{ m}^3/\text{h} \left(1600 \text{ ft}^3/\text{min}\right)^{15}$
- Masa del material a trabajar, Tol negro frio (Aleación de acero + carbono + A36) = 262,18 kg
- Tiempo de curado del material a trabajar  $t_{\text{mt}} = 25 \text{ min} \left(5/12 \text{ h}\right)$
- Densidad del aire a  $10^\circ\text{C}$  :  $\rho = 1,2494 \text{ kg}/\text{m}^3$  <sup>16</sup>
- Calor específico del aire a  $10^\circ\text{C}$ :  $C_p = 1,00488 \text{ kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C}$
- Calor específico del material a trabajar, tol negro al frio  $C_p = 0,502416 \text{ kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C}$  <sup>17</sup>
- Superficie del área expuesta, paredes del horno  $A = 47,3 \text{ m}^2$
- El horno tiene paredes de acero galvanizado con un aislante de 150 mm

#### 2.3.6.3.2 Cálculo de la energía necesaria para calentar el aire ventilado ( $Q_A$ )

$$Q_A = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ}/\text{kWh}} \quad (2-10)$$

$$m = \text{CFM}_{\text{HORNO}} * \rho \quad (2-11)$$

Donde:

m: Masa del aire ventilado por hora en (kg)

$\rho$ : Densidad del aire a  $10^\circ\text{C}$  en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

<sup>15</sup> Dato proporcionado por el personal de Mantenimiento ATU S.A

<sup>16</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 143, tabla 136

<sup>17</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 138, tabla 133

$C_p$ : Calor específico del aire a 10°C en  $(\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C})$

$\Delta_T$ : Variación de temperatura en ( $^\circ\text{C}$ )

$$m = 3396,5 \text{ kg}$$

$$Q_A = 199,1 \text{ kWh}$$

### 2.3.6.3.3 Pérdidas en las superficies de las paredes del horno ( $Q_P$ ).

Para el cálculo de las pérdidas en las superficies de las paredes, el horno ya tiene la temperatura de trabajo, por lo tanto las pérdidas están en su valor máximo.

$$Q_P = A * F_{SL} * t_e \quad (2-12)$$

Donde:

A: Superficie del área expuesta, paredes del horno ( $\text{m}^2$ )

$F_{SL}$ : Factor de pérdida en la superficie de las paredes del horno con aislamiento de 150 mm de espesor a una  $\Delta_T = 210^\circ\text{C} = 77.5 \text{ W}/\text{m}^2$ .<sup>18</sup>

$t_e$ : Tiempo de exposición = 1h

$$Q_P = 3,67 \text{ kW/h}$$

### 2.3.6.3.4 Energía necesaria para la puesta en marcha Start up Power ( $Q_S$ )

$$Q_S = \left( \frac{Q_A}{t_s} + \frac{2}{3} \frac{Q_P}{t_e} \right) (1 + SF) \quad (2-13)$$

Donde:

$$Q_A = 199,1 \text{ kWh}$$

$$Q_P = 3,67 \text{ kWh}$$

$t_s$ : Tiempo de puesta en marcha = 1h

$t_e$ : Tiempo de exposición de las pérdidas = 1h

<sup>18</sup> CATALOGO WATLOW, pagina 28, grafico 12

SF: Factor de seguridad = 10% recomendación. (WATLOW, 2005)

Durante el arranque de un sistema las pérdidas son cero y se elevan al 100% hasta llegar a la temperatura de proceso. Se obtiene una buena aproximación de las pérdidas reales cuando las pérdidas de calor  $Q_P$  se multiplica por  $2/3$ . (WATLOW, 2005)

$$Q_s = 221,7 \text{ kW}$$

### 2.3.6.3.5 Cálculos de la energía necesaria para calentar el material a procesar (Tol negro al frío Aleación de Acero + Carbono + A36) ( $Q_m$ )

$$Q_m = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{3600 \text{ kJ/kWh}}$$

Donde:

m: Masa del material a trabajar en (kg)

$C_p$ : Calor específico del Tol negro al frío en  $(\text{kJ}/\text{kg} * ^\circ\text{C})$

$\Delta T$ : Variación de temperatura en ( $^\circ\text{C}$ )

$$Q_m = 7,68 \text{ kWh}$$

### 2.3.6.3.6 Cálculo de la potencia de funcionamiento ( $Q_0$ )

$$Q_0 = \left( \frac{Q_m}{t_c} + \frac{Q_P}{t_e} \right) (1 + SF)$$

Donde:

$$Q_m = 7,68 \text{ kWh}$$

$$Q_P = 3,67 \text{ kWh}$$

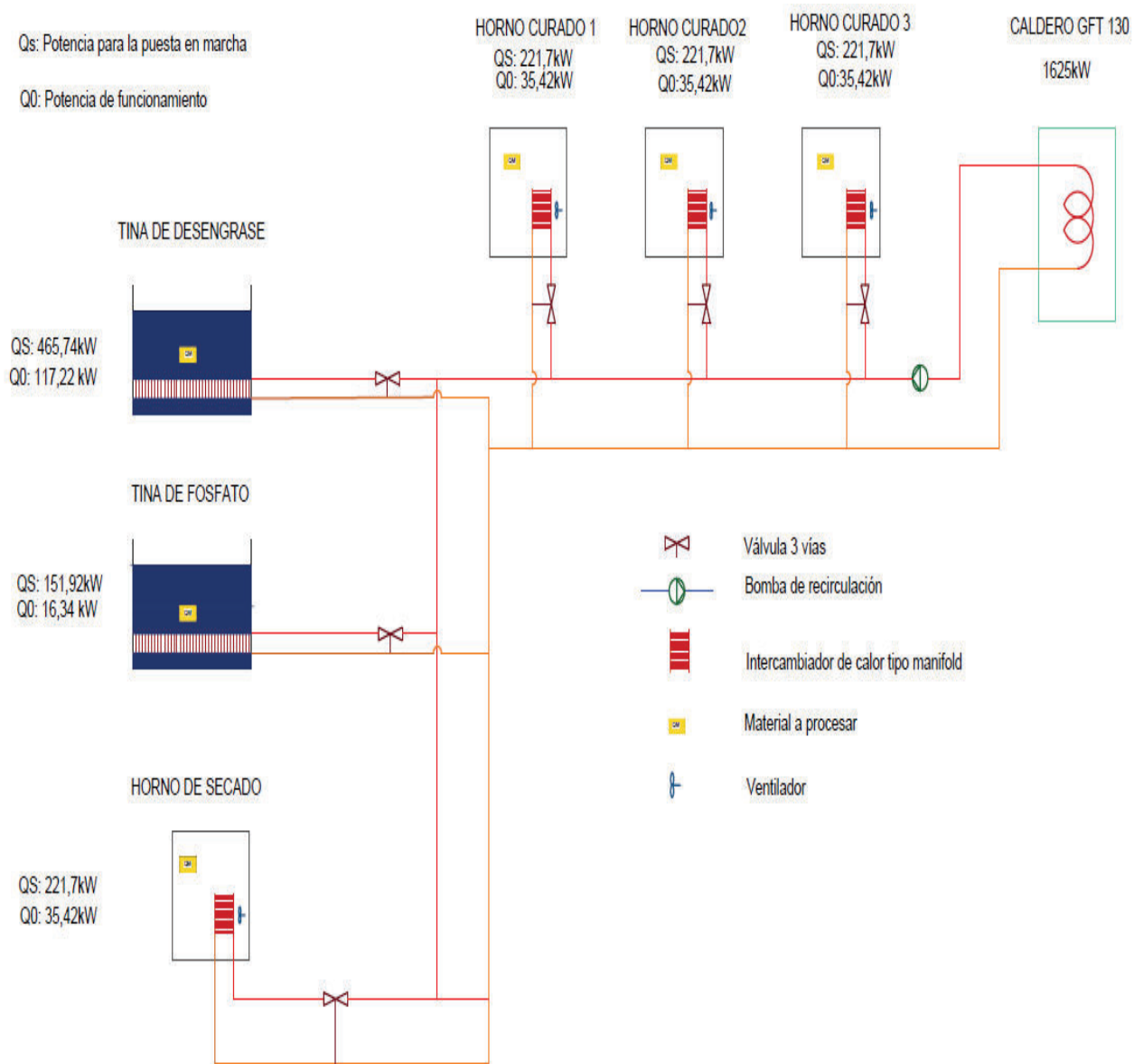
$t_c$ : Tiempo de curado del material a trabajar en (h)

$t_e$ : Tiempo de exposición de las pérdidas en (h)

SF = Para aplicaciones de hornos se adiciona el 30% para cubrir las pérdidas al momento de abrir las puertas y otras contingencias.

$$Q_0 = 35,41 \text{ kW}$$

### 2.3.7. Diagrama de las potencias de arranque y funcionamiento para tinas y hornos.



**Figura 2.14** Diagrama de potencias de arranque y funcionamiento.

**Fuente:** Propia, 2016.

## 2.4 Selección de alternativas de los calderos para aceite térmico

- Como primer paso se selecciona el tipo de equipos con los cuales se puede realizar el trabajo.

**Tabla 2.1. Calderos para el sistema de calentamiento por aceite térmico**

<b>A</b>	Calderas calentadas por combustible (diésel)
<b>B</b>	Calderas calentadas por energía eléctrica (resistencias)
<b>C</b>	Calderas calentadas por gas

- A cada uno de los criterios de selección se le asigna un valor de acuerdo a la importancia que tenga dentro del diseño del proyecto.

**Tabla 2.2. Criterio para la selección de alternativas de calderos**

	<b>Criterios de selección</b>	<b>%</b>
<b>I</b>	Disponibilidad en el país	25
<b>II</b>	Mantenimiento	15
<b>III</b>	Rendimiento	20
<b>IV</b>	Costo	30
<b>V</b>	Seguridad	10
	<b>Total</b>	100

### **I. Disponibilidad en el país.**

En este tipo de criterio de selección, se refiere a que si el equipo está disponible en el país si existen empresas que fabriquen o que importen estos equipos.

Mientras más alta la puntuación hay mayor posibilidad de encontrar la caldera para aceite térmico.

### **II. Mantenimiento**

Es la necesidad que se tiene de realizar mantenimiento al equipo de calentamiento por aceite térmico. Mientras más alta es la puntuación el mantenimiento que se requiere va a ser menor.

### **III. Rendimiento**

En este criterio se observa el dato del fabricante para cada una de las alternativas ya que estos equipos vienen ya establecidos en sus características el valor del rendimiento de cada máquina.

Mientras más mayor rendimiento tenga mayor será el puntaje.

#### IV. Costo

El costo del diseño del sistema de calentamiento debe estar al alcance de la empresa.

Mientras más lato sea el puntaje ms conveniente será para la empresa.

#### V. Seguridad

Para la selección de este criterio se tomara en cuenta el tipo de energía con la cual opera el sistema.

La ponderación se la da a cada una de las alternativas analizando cada uno de los criterios, se les da valores que van desde el 1 al 10, tomando al 10 como el de mayor importancia o el más conveniente para el proyecto.

Como siguiente paso se realiza la selección de la alternativa que más conviene para el proyecto, se la obtiene dividiendo todos los valores de las alternativas de la **tabla 2.3** para su respectivo total, dando como resultado la **tabla 2.4**, luego se realiza una multiplicación matricial entre la **tabla 2.4** y la **tabla 2.2** y obtenemos la **tabla 2.5**.

**Tabla 2.3. Ponderación de las alternativas para los calderos según criterios**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>A</b>	8	5	8	7	7
<b>B</b>	4	7	10	5	7
<b>C</b>	4	5	7	6	5
<b>Total</b>	16	17	25	18	19

**Tabla 2.4. Resultados de la ponderación de alternativas para caldero**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>A</b>	0,5	0,294117	0,32	0,388888	0,368421
<b>B</b>	0,25	0,411764	0,4	0,277777	0,368421
<b>C</b>	0,25	0,294117	0,28	0,333333	0,263157
<b>Total</b>	1	1	1	1	1



**Tabla 2.5. Selección de la alternativa del caldero para aceite térmico**

Alternativa	%
<b>A</b>	38.66
<b>B</b>	32,44
<b>C</b>	28,89
<b>Total</b>	100

**2.5 Selección de alternativa para la potencia a instalar**

Se seleccionará las potencias más óptimas para el sistema de calentamiento.

**Tabla 2.6. Alternativas de potencia calorífica**

<b>A</b>	Caldera con potencia calorífica de 1395 kW
<b>B</b>	Caldera con potencia calorífica de 1625 kW

**Tabla: 2.7. Criterio para la selección de alternativa de la potencia calorífica**

	Criterio de selección	%
<b>I</b>	Sistema de control para la puesta en marcha (start up)	35
<b>II</b>	Tiempo para la puesta en marcha del sistema	45
<b>III</b>	Capacidad de expansión del sistema	20
	Total	100

**I. Sistema de control para la puesta en marcha del sistema (start - up)**

Se refiere al inicio de la operación del sistema, del como entrará en funcionamiento cada uno de los usuarios, mientras más fácil sea el sistema de control mayor valor tendrá la alternativa.

**II. Tiempo para la puesta en marcha de todo el sistema**

El tiempo de puesta en marcha del sistema es muy importante, mientras más rápido se ponga en funcionamiento mayor valor tendrá la alternativa.

**III. Capacidad de expansión del sistema**

Se refiere a la capacidad que tendría el sistema de expandirse en un corto o mediano plazo hacia otros usuarios.

**Tabla 2.8. Ponderación de alternativas para la potencia calorífica**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>A</b>	6	5	8
<b>B</b>	8	9	9
<b>Total</b>	14	14	17

**Tabla 2.9. Resultados de ponderación de alternativas de la potencia calorífica**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
<b>A</b>	0,428571	0,357142	0,470588
<b>B</b>	0,571428	0,642857	0,529411
<b>C</b>	1	1	1

**Tabla 2.10. Selección de la alternativa de la potencia calorífica**

<b>Alternativa</b>	<b>%</b>
<b>A</b>	40,48
<b>B</b>	59,51
<b>Total</b>	100

## 2.6 Datos de los componentes principales de la caldera de fluido térmico

### 2.6.1 Caldera para aceite térmico con serpentín.

La caldera tiene como función principal el calentamiento del aceite térmico, esta caldera está compuesta por serpentines interiores fabricados con tubería de acero estirado sin soldadura, calidad St 35.8.1/BS3059.

El cuerpo de la caldera está aislado térmicamente y tiene acabado con plancha de aluminio anodizado (AIMg1 H14), altamente resistente a la corrosión, (Anexo 2).

**Tabla 2.11. Datos de la caldera de fluido térmico**

<b>Marca</b>	<b>PIROBLOC</b>
Modelo	GFT- 130/40/V1
Potencia	1.4000.000 kcal/h (1.625 kW)
Ejecución	Vertical

**Continuación tabla 2.11**

Diseñado y construido	Según EN-13445
Homologación y marcado CE	Según Directiva Europea 97/23/CE
Escalera y barandilla	Según UNE-EN ISO 14122 (ejecución vertical)
Presión máxima de trabajo	7 bar
Presión de prueba	16 bar
Temperatura máxima de trabajo	300 °C
Rendimiento (2)	87 % - 91%

Fuente: PIROBLOC

**2.6.2 Quemador**

Este tipo de quemadores se utilizan en generadores de calor, se utilizan en calderas de alta potencia. Todos sus componentes forman una unidad compacta, el motor acciona la soplante y la bomba de combustible.

Este tipo de quemador trabaja de forma silenciosa ya que por su diseño se ha reducido al mínimo el ruido que se produce al momento de la mezcla del combustible con el aire.

**Tabla 2.12. Datos del quemador de la caldera**

<b>Marca</b>	<b>M WEISHAAPT</b>
Modelo	L8-Z2/D
Combustible	Gasóleo
PCI estimado	10.100 kcal/kg
Potencia máxima	3.170 kW
Potencia ventilador	4.5 kW
Regulación	Modulable
Instalación eléctrica	Si
Apto para su uso hasta	2800 msnm
Tensión de mando	3 F. 220V 60 Hz

Fuente: PIROBLOC

### 2.6.3 Bomba principal de la caldera.

**Tabla 2.13. Datos bomba principal de recirculación**

<b>Marca</b>	<b>Allweiler o similar</b>
Modelo	NTT-65-200
Caudal	83 m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica	3.9 kg/cm <sup>2</sup>
Potencia motor	Motor WEG de 15 kW
Entrega	Sobre bancada
Temperatura de trabajo	Hasta 350 °C
Fabricación	Fundición esferoidal GS-42 Norma DIN 24256
Cierre	Mecánico
Tensión de mando	3 F. 220 V 60Hz
Instalación eléctrica	Si

Fuente: PIROBLOC

**Tabla 2.14. Datos del armario eléctrico de la caldera**

<b>PLC</b>	<b>Telemecanique</b>
Pantalla táctil	Schneider
Cofre	Rittal RAL 7035
Diseñado y construido	UNE-EN 60439-1
Tensión de mando	3 F 220 V 60 Hz
Instalación eléctrica	Cableado a todos los elementos

Fuente: PIROBLOC

### 2.7 Selección de alternativa para el intercambiador de calor

Se seleccionará el intercambiador de calor que se instalará en el sistema.

**Tabla 2.15 Alternativas de intercambiador de calor**

<b>A</b>	Intercambiador de calor por placas
<b>B</b>	Intercambiador de calor tipo manifold

A cada uno de los criterios de selección se le da un valor de acuerdo a la importancia que tenga dentro del diseño del proyecto.

**Tabla 2.16. Criterios para la selección de alternativas del intercambiador de calor**

	<b>Criterios de selección</b>	<b>%</b>
<b>I</b>	Disponibilidad en el país	30
<b>II</b>	Mantenimiento	20
<b>III</b>	Rendimiento	25
<b>IV</b>	Costo	25
	<b>Total</b>	<b>100</b>

**I. Disponibilidad en el país**

En este tipo de criterio de selección, se refiere a que si el equipo está disponible o se construye en el país.

**II. Mantenimiento**

Es la necesidad que se tiene de realizar mantenimiento al equipo de calentamiento por aceite térmico, le damos un valor en el cual mientras más alta es la puntuación el mantenimiento que se requiere va a ser menor.

**III. Rendimiento**

En este criterio se tiene que observar el rendimiento que tendrá la máquina para realizar el trabajo deseado.

**IV. Costo**

El costo del diseño del sistema de transferencia de calor debe estar al alcance económico de la empresa.

**Tabla 2.17. Ponderación de alternativas de los intercambiadores de calor**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>A</b>	5	6	6	5
<b>B</b>	9	8	8	9
<b>Total</b>	14	14	14	14

**Tabla 2.18. Resultados de ponderación de alternativas del intercambiador de calor**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>A</b>	0,35714	0,42857	0,42857	0,35714
<b>B</b>	0,64285	0,57142	0,57142	0,64285
<b>Total</b>	1	1	1	1

**Tabla 2.19. Selección de la alternativa del intercambiador de calor**

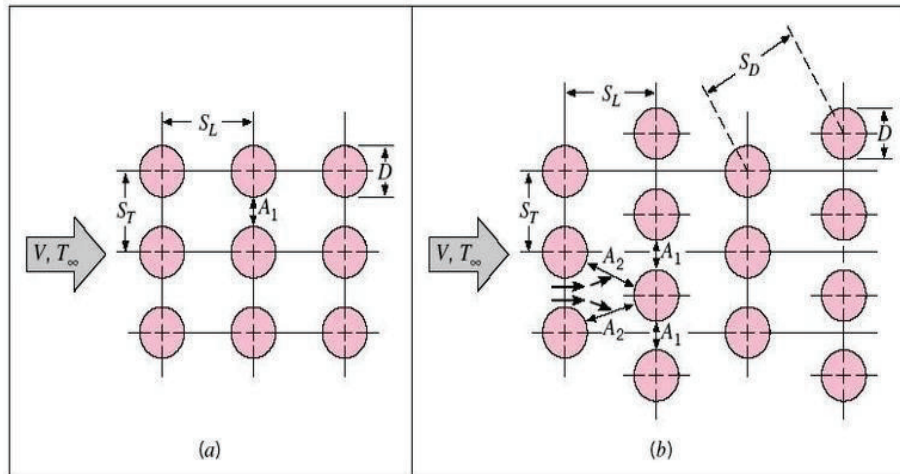
<b>Alternativa</b>	<b>%</b>
<b>A</b>	38,928
<b>B</b>	61,07
<b>Total</b>	100

## 2.8 Diseño del Intercambiador de Calor tipo Manifold.<sup>19</sup>

Los intercambiadores de calor a diseñar tanto para hornos como para tinas, se realizará con un arreglo de tubos y con un determinado número de tubos tipo Manifold, donde la transferencia de calor en el exterior de los tubos puede determinarse en forma alineada (arreglo en cuadrado) o escalonada (arreglo triangular) como se muestra en la **figura 2.15**, (Anexo 3, 4, 5).

---

<sup>19</sup> **Fuente:** RETENA S.A Representaciones Técnicas y Mantenimiento.  
CATALOGO WATLOW.  
ACERTERM Aceros Especiales-Tratamientos térmicos.



**Figura 2.15.** Arreglos de tubos (a) arreglo en cuadrado. (b) arreglo triangular.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tcmdefiunsi/tema-7>

Donde:

$S_L$  = Espacio longitudinal.

$S_T$  = Espacio transversal.

$S_D$  = Distancia Diagonal.

$D$  = Diámetro externo del tubo.

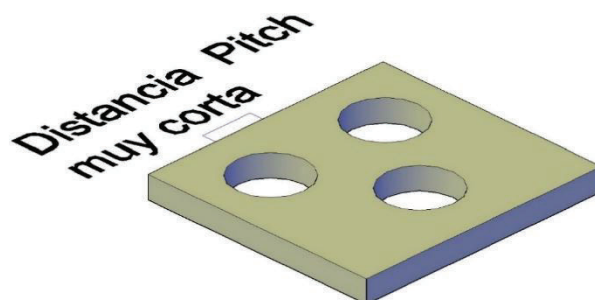
### 2.8.1 Tubos

Los tubos para los intercambiadores, según sea el caso, pueden elaborarse en diversos tipos de materiales como: aceros inoxidable, aluminio-bronce, aluminio, cobre-níquel, cobre, latón, acero, etc.

El diámetro exterior de los tubos se obtiene dentro de tolerancias dimensionales muy estrictas, con espesor de pared determinados. (Gonzales, 2002)

### 2.8.2 Distancia entre tubos

En cuanto a la distancia o espaciado entre tubos, los orificios correspondientes no pueden ubicarse muy cerca entre sí, ya que ellos debilitarían estructuralmente el área de apoyo de los tubos, **figura 2.16.**



**Figura 2.16** Distancia del Pitch muy corta.  
Fuente: Propia, 2016

La distancia más corta entre dos orificios adyacentes se denomina claro, y la distancia de centro a centro entre tubos adyacentes es el espacio de los tubos (Pitch), distancia que no debe ser menor a 1,25 veces el diámetro exterior de los mismos. En ciertas aplicaciones en las que se hace uso de fluidos líquidos y de tubos pequeños (0.00127m) de diámetro externo o menor), la relación *pitch*/diámetro puede reducirse a 1.20. (Gonzales, 2002)

### 2.8.3 Arreglo de tubos

La forma en que los tubos son arreglados en el intercambiador es muy importante, ya que según su aplicación y tipo de arreglo, se tendrá una buena transferencia de calor.

Según la tabla 2.20 la mejor opción de arreglo de tubos para los hornos es el tipo triangular con un ángulo *pitch* de 30°, y para las tinas es el tipo cuadrado con un ángulo *pitch* de 90°, ya que se acoge a las necesidades de diseño por intercambiadores de calor por aceite térmico. (Gonzales, 2002)

**Tabla 2.20.** Selección del ángulo de *pitch*

Tipo de arreglo	Angulo del arreglo	características del fluido externo	Aplicaciones
Triangular	30°	Limpio	Es el arreglo preferido para factores de incrustación inferiores a 0,002 ft <sup>2</sup> h °F/BTU, en cualquier régimen de flujo.
Triangular rotado	60°	Limpio	Raramente se usa por las altas caídas de presión que origina.



### Continuación tabla 2.20

Cuadrado	90°	sucio	Se usa con flujo turbulento y cuando la limpieza de sustancias es crítica.
Cuadrado rotado	45°	sucio	Se refiere cuando existe flujo laminar y limpieza de sustancias crítica.

Fuente: <https://ftransp.files.wordpress.com>

## 2.8.4 Ventajas de los arreglos de tubos

### a. Tipo cuadrado

La ventaja de este espaciado consiste en que los tubos resultan accesibles para la limpieza externa, puesto que en las tinas se acumula, ya sea el químico fosfático o desengrasante, además de tener una baja caída de presión cuando el fluido turbulento fluye y ofrecer características superiores en transferencia de calor. (Gonzales, 2002)

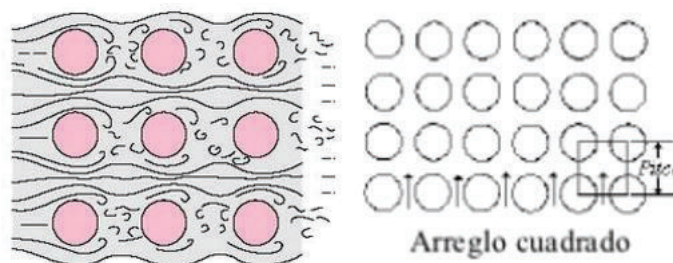
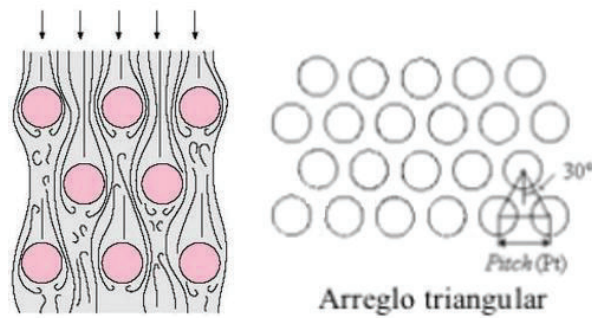


Figura 2.17. Arreglo tipo cuadro para tinas de fosfato y desengrase.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tcmdefiunsi/tema-7>

### b. Tipo triangular

La ventaja para este tipo de espaciado es que se produce mayor turbulencia, debido a que el fluido que circula entre los tubos adyacentes a alta velocidad golpea directamente en la hilera siguiente. En este tipo de espaciado no se necesita limpieza puesto el fluido que circula alrededor es aire a velocidad. (Gonzales, 2002)



**Figura 2.18.** Arreglo tipo triángulo para hornos.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tcmdefiunsi/tema-7>

### 2.8.5 Características del material para el diseño del intercambiador de calor.<sup>20</sup>

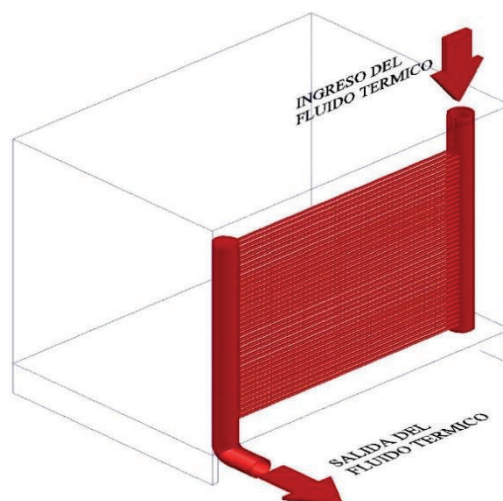
Por recomendaciones técnicas, el material para el diseño del intercambiador de calor tipo “Manifold” son:

a. Para el ingreso y salida del fluido térmico hacia el intercambiador de calor, se utilizará tubo de ( $\varnothing = 152,4$  mm) de acero inoxidable 304 y cedula 40, **figura 2.19**, con características como:

- Calor específico de  $502.416 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ .
- Conductividad térmica de  $0.1523 \text{ W/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ .
- Superficie de transferencia de calor de  $35.65 \text{ kW/m}^2$ .
- Punto de fusión en  $^\circ\text{C}$  de  $1398.88$ .
- Tubo cedula 40, espesor de  $7,112$  mm

---

<sup>20</sup> Fuente: RETENA S.A Representaciones Técnicas y Mantenimiento.  
CATALOGO WATLOW  
ACERTERM Aceros Especiales-Tratamientos térmicos.

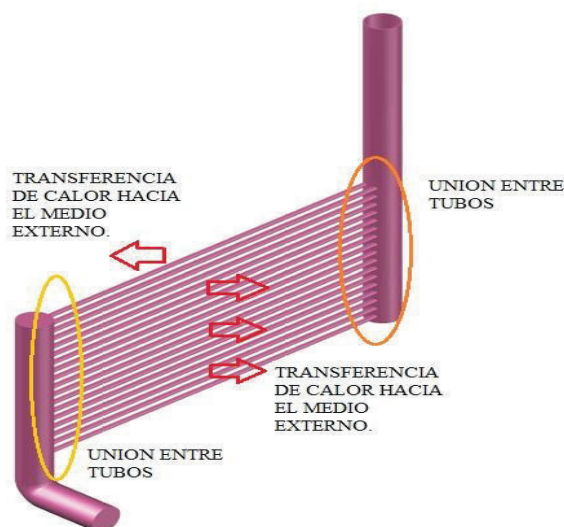


**Figura 2.19** Ingreso y salida de fluido térmico en el intercambiador de calor (Tinas).

Fuente: Propia, 2016

b. Para la transferencia de calor hacia al medio externo, se utilizará tubo de ( $\varnothing = 19,05 \text{ mm}$ ) de acero inoxidable 304 y cedulado 40, **figura 2.20**, con características como:

- Calor específico de  $502.416 \text{ J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica de  $0.1523 \text{ W}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}$
- Superficie de transferencia de calor de  $35.65 \text{ kW}/\text{m}^2$
- Punto de fusión en  $^\circ\text{C}$  de  $1398.88^\circ\text{C}$
- Tubo cedula 40, espesor de  $2,87 \text{ mm}$



**Figura 2.20.** Junta entre tubos de  $\varnothing = 152,4 \text{ mm}$  y  $\varnothing = 19,05 \text{ mm}$ , intercambiador de calor.

Fuente: Propia, 2016

La junta entre tubos es con electrodo 308, que garantiza una gran fusión entre materiales.

### 2.8.6 Cálculos del diseño del intercambiador tipo Manifold para las tinas.

**a. Tina de desengrase:** La energía necesaria para calentar  $6,5 \text{ m}^3$  eficientes de agua es  $Q_S = 465,74 \text{ kW}$ . Y con una superficie de transferencia de calor de  $35 \text{ kW/m}^2$  y un área total de  $A_T = 0,1137 \text{ m}^2$  por tubo de  $\varnothing = 19,05 \text{ mm}$ , entregará una energía de  $4053,98 \text{ W}$ , dando una cantidad total de tubos de 108 tubos, dispuestos con un arreglo tipo cuadrado, que satisface la energía requerida para la puesta en marcha, (Anexo 3).

**b. Tina de fosfato:** La energía necesaria para calentar  $6.5 \text{ m}^3$  eficientes de agua es  $Q_S = 151.92 \text{ kW}$ . Y con una superficie de transferencia de calor de  $35 \text{ kW/m}^2$  y un area total de  $A_T = 0.1137 \text{ m}^2$  por tubo de  $\varnothing = 19,05 \text{ mm}$ , entregará una energía de  $4053.98 \text{ W}$ , dando una cantidad total de tubos de 34 tubos, dispuestos con un arreglo tipo cuadrado, que satisface la energía requerida para la puesta en marcha, (Anexo 4).

**c. Hornos:** La energía necesaria para calentar aire ventilado con un caudal o flujo de aire de  $\text{CFM}_{\text{HORNO}} = 2718.417 \text{ m}^3/\text{h}$  es de  $Q_S = 221,7 \text{ kW}$ . Y con una superficie de transferencia de calor de  $35.65 \text{ kW/m}^2$  y un area total de  $A_T = 0.119 \text{ m}^2$  por tubo de  $\varnothing = 19,05 \text{ mm}$ , entregará una energía de  $9852.74 \text{ W}$ , dando una cantidad total de tubos de 50 tubos, dispuestos con un arreglo tipo triangular y ángulo de  $30^\circ$ , que satisface la energía requerida para la puesta en marcha, (Anexo 5).

### 2.9 Tubería para el sistema de calentamiento<sup>21</sup>

Para la selección de la tubería se tomará las recomendaciones de la empresa proveedora de la caldera, el diámetro de la tubería principal viene dado por el fabricante de la caldera de aceite térmico el diámetro será de  $0.1524 \text{ m}$ .

---

<sup>21</sup> <http://www2.owenscorning.com/worldwide/mexico/pdfs/TUBERIA.pdf>

La tubería por el contenido del sistema (aceite térmico) debe tener las siguientes características:

- La tubería debe estar diseñada para soportar una presión máxima de operación, esta presión viene dada por el dato técnico de la caldera, para este caso la presión que la caldera nos da es de 7 bares o 101,5 psi.
- La tubería debe estar diseñada para soportar temperatura de 300° C o más.
- La tubería por las características del sistema debe ser de acero al carbono o acero inoxidable sin costura.
- La tubería no debe tener costuras
- Todas las válvulas deben ser de acero
- En lo posible se debe soldar todo el sistema de tuberías
- Se recomienda colocar únicamente en las válvulas y la bomba de recirculación
- Se debe tratar de utilizar la menor cantidad de juntas
- El diseño debe ser flexible
- Debe tener una pendiente positiva en sentido del flujo, esto se lo realiza para eliminar el aire y los gases, la pendiente debe ir tanto en la línea de alimentación como en la de retorno
- En la parte más alta del sistema se debe colocar eliminadores de aire y gas
- La construcción se la debe hacer según normas como ASME

**Tabla 2.21. Datos técnicos de la tubería principal del sistema de calentamiento**

<b>Material</b>	<b>Diámetro (plg) (mm)</b>	<b>cédula</b>
Acero inoxidable	6" 152,4mm	40

Fuente: PIROBLOC

## 2.10 Aislante para tubería.<sup>22</sup>

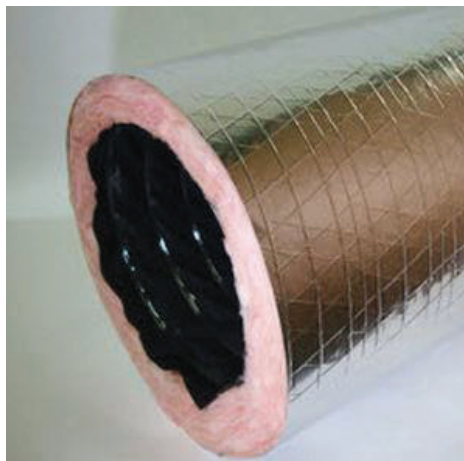
Es importante cubrir la tubería por donde circulará el aceite caliente para evitar pérdidas de calor y daños a las personas.

Un aislante térmico es un material que tiene baja conductividad térmica y evita la pérdida o ganancia de calor, está compuesto de materiales de un coeficiente bajo de transmisión de calor.

### Clasificación de los aislantes térmicos.

Los aislantes térmicos se pueden clasificar de acuerdo a su composición y forma de la siguiente manera.

- Aislantes térmicos de fibras minerales.
- Aislantes térmicos granulares.
- Aislantes térmicos celulares.



**Figura 2.21.** Aislante térmico para tubería

Fuente: <http://www.archiexpo.es>

Según normativa se seleccionará un aislante con la siguiente nomenclatura aislante ASTM C 547 es un aislante pre formado de fibra mineral para aislamiento de tubería tipo I a 850°F (450°C), (Anexo 7).

---

<sup>22</sup> : <http://es.slideshare.net/mateonavarro564/aislantes-termicos>

**Tabla 2.22. Temperatura promedio de operación y temperatura de superficie**

Temp. ▲ Media °F BTU pulg/h pie <sup>2</sup> °F		Temp. ▲ Media °C W/m <sup>2</sup> °C	
50	0.22	10	0.032
75	0.23	25	0.034
100	0.24	50	0.037
150	0.27	100	0.043
200	0.29	125	0.047
250	0.32	150	0.051
300	0.35	175	0.056
350	0.39	200	0.062
400	0.43	225	0.068
450	0.48	250	0.075
500	0.54	275	0.082

Nota. Fuente: <http://www2.owenscorning.com>

De acuerdo al catálogo de FIBERGLAS tenemos las siguientes dimensiones para el aislante de tubería.

**Tabla 2.23. Datos técnicos del aislante para la tubería principal del sistema de calentamiento**

Temperatura de operación a 287 °C	
Diámetro nominal del tubo (pul)	6" (152,4 mm)
Espesor Aislante (mm)	2 1/2" (63,5 mm)
Pérdida de calor (w/m)	176,89 °C
Temperatura superficial aproximada (°C)	43,9 °C

Nota. Fuente: <http://www2.owenscorning.com/worldwide/mexico/pdfs/TUBERIA.pdf>

## 2.11 Aceite térmico.<sup>23</sup>

El aceite térmico es un fluido caloportador de transferencia térmica que es utilizado para llevar calor de un lugar a otro, previamente debe ser calentado por cualquier método determinado para eso, este puede ser un quemador, resistencia, etc.

<sup>23</sup> <http://www.powermaster.com.mx/www/informacion/aceite.html>



**Figura 2.22.** Aceite térmico  
Fuente: <http://www.pirobloc.com>

En el mercado existen una variedad de marcas de aceites térmicos, los aceites térmicos tienen un punto de ebullición alto, su uso práctico se encuentra en la fase líquida a temperaturas que oscilan de 200°C – 300°C e incluso hasta una temperatura de 400°C.

El aceite térmico es recomendado por el fabricante de la caldera en base a su experiencia, se observa en la **tablas 2.24** y **tabla 2.25**, algunos aceites térmicos que son utilizados en la industria.

**Tabla 2.24. Temperatura máxima recomendada por fabricantes de aceites térmicos**

MARCA	Temp. Máxima Recomendable (en film)		Rangos de temperatura recomendados por fabricante del líquido térmico	
	°F	°C	°F	°C
Therminol 55	675	357	hasta 600	315
Therminol 66	705	373	hasta 630	332
Therminol VP1	800	426	hasta 725	385
Dowtherm A	825	440	hasta 755	401
Dowtherm G-40	725	385	hasta 655	346
Dowtherm E	932	500	hasta 862	461
Mobiltherm 603	625	329	hasta 555	290
Marlotherm S	698	370	hasta 625	329

Nota. Fuente: <http://www.powermaster.com>



**Tabla 2.25. Aceites térmicos recomendados por un fabricante.**

Temperatura de salida °C	Líquido Térmico	Fabricante
Hasta 225	Mobiltherm 603	MOBIL
Hasta 260	Therminol 55	MONSANTO
Hasta 310	Therminol 66	MONSANTO
Menor a 350	Therminol VP 1	MONSANTO
Mayor a 350	Dowtherm A	DOW CHEMICAL

Nota. Fuente: <http://www.powermaster.com>

La vida útil del aceite térmico está comprendida entre 2 a 5 años, los aceites térmicos que soportan una alta temperatura son los que tienen una mayor vida útil en condiciones normales.

Los aceites térmicos tiende a degradarse con el tiempo y uso, al degradarse pierden sus características originales.

Se recomienda un estricto control para determinar la calidad del aceite térmico, este control se lo realiza sacando una muestra del aceite que se encuentra en circulación constante y con la muestra se determina el grado de pureza. (Powermster, 1994)

### **2.12 Tanque de almacenamiento de aceite térmico.**

La función del tanque es almacenar el aceite térmico, desde donde se le bombeará hacia la caldera para calentarlo y además debe ser capaz de almacenar todo el volumen del aceite existente en la instalación.

Es mandatorio que cuando la capacidad de la instalación es mayor a 1000 litros exista un tanque de almacenamiento o tanque colector, el tanque debe ser colocado en la parte más baja de la instalación.

Es recomendable que haya este tanque, ya que cuando se requiera hacer un mantenimiento en el sistema se requerirá evacuar el aceite existente tanto en las tuberías, intercambiador y caldera.

El tanque debe estar en la capacidad de almacenar un total de 2179.74 litros, el tanque colector por seguridad debe ser sobredimensionado.



**Figura: 2.23.** Tanque de almacenamiento para aceite térmico

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec>

**Tabla 2.26. Datos técnicos del tanque de almacenamiento.**

Diámetro del tanque	1200 mm
Longitud del tanque	2230 mm
Volumen del tanque	2500 litros (660 galones)

Nota. Fuente: PIROBLOC

### 2.13 Tanque de expansión.

El tanque de expansión es muy importante en un sistema de calentamiento por aceite térmico, ya que el fluido térmico se dilata a altas temperaturas.

La característica de un tanque de expansión, es el de permitir la expansión del aceite térmico, sin permitir el contacto del aceite térmico que está caliente con el aire.

La función de tanque de expansión es de actuar como un sello frío permitiendo una larga vida del aceite térmico.

Si el tanque de expansión cuenta con un sistema de venteo hacia la atmósfera, es recomendable que la temperatura del aceite térmico en el tanque no supere los 54 °C.

Cada fabricante de calderas de aceite térmico dimensiona el tanque de expansión según la caldera a instalar.

El tanque de expansión según las normas UNE, debe ser capaz de absorber 1,3 veces el aumento del volumen del aceite térmico de toda la instalación.

Para el caso se tiene un volumen total de 575,8 galones (2180 litros) que tendría el sistema.



**Figura 2.24.** Tanque de expansión para aceite térmico.

Fuente: <http://www.ngfsl.com>

### **Cálculo del volumen del tanque de expansión.**

$$V_{\text{expansión}} = V_{\text{total}} \times Cd \times T_{\text{max}} \times CS$$

Donde:

$V_{\text{expansión}}$ : Volumen mínimo del tanque de expansión

$V_{\text{Total}}$ : Volumen total del aceite térmico de la instalación, 2180 litros

$Cd$ : Coeficiente de dilatación del fluido térmico, 0,00077/°C

$T_{\text{max}}$ : Temperatura máxima del fluido térmico en °C

$CS$ : Coeficiente de seguridad según normas UNE 1,3 (30%)

$$V_{\text{expansión}} = 2180 \times 0,00077 \times 300 \times 1,3$$

$$V_{\text{expansión}} = 654,654 \text{ litros}$$

$$V_{\text{expansión}} = 700 \text{ litros}$$

**Tabla 2.27. Datos técnicos del tanque de expansión**

Diámetro del tanque	700 mm
Longitud del tanque	2000 mm
Volumen del tanque	700 litros (185 galones)

## 2.14 Desgasificador

Su función es extraer remanentes de oxígeno para luego enviarlos al exterior.



**Figura 2.25.** Desgasificador  
Fuente: <http://www.lopezhnos.es>

### Cálculo del volumen del tanque de desgasificación

$$V_{\text{desgasificador}} = V_{\text{total}} \times Cd \times \frac{\Delta T}{2}$$

Donde:

$V_{\text{Desgasificador}}$ : Volumen mínimo del tanque de desgasificación

$V_{\text{Total}}$ : Volumen total del aceite térmico de la instalación, 2180 litros

$Cd$ : Coeficiente de dilatación del fluido térmico,  $0,00077/^{\circ}\text{C}$

$\Delta T$ : Variación de temperatura en  $^{\circ}\text{C}$

$$V_{\text{desgasificador}} = 2180 \times 0.00077 \times \frac{40}{2}$$

$$V_{\text{Desgasificador}} = 33,57 \text{ litros}$$

$$V_{\text{Desgasificador}} = 35 \text{ litros}$$

**Tabla 2.28. Datos técnicos del tanque desgasificador**

Diámetro del tanque	250 mm
Longitud del tanque	750 mm
Volumen del tanque	35 litros (9.2 galones)

**2.15 Válvula de control de tres vías para aceite térmico.**

La válvula de control y actuador de tres vías es un sistema compacto moderno, el cual está diseñado para controlar con mucha precisión agua, aceite, vapor y otros fluidos industriales. (gzastro, 2015)



**Figura 2.26.** Válvula 3 vías  
Fuente: <http://www.emerson.com>

**Tabla 2.29. Especificaciones válvula tres vías**

Especificaciones	EN	ASME	
Tamaños de cuerpo de válvula	DN 25, 40, 50, 80, 100	NPS 1, 1-1/2, 2, 3, 4	
Valores de presión	PN 10 / 16 / 25 / 40 según EN 1092-1	CL150 / 300 según ASME B16.34	
Conexiones finales	Cara elevada con brida según EN 1092-1	Cara elevada con brida según ASME B16.5	
Materiales del cuerpo de la válvula	Acero 1.0619	Acero ASME SA216 WCC	
	Acero inoxidable 1.4409	Acero inoxidable CF3M según ASME SA351	
Materiales del bonete	Acero inoxidable 1.4409 / CoCr-A	ASME SA351 CF3M SST / CoCr-A	
Dimensiones entre caras	De acuerdo a ISA 75.08.01, ver el <a href="#">boletín 51.1:GX de 3 vías</a> para obtener más información		
Cierre según IEC 60534-4 y ANSI/FCI 70-2	Asiento metálico - Clase IV (normal) Construcción para alta temperatura, común de puerto lateral: asiento de metal - clase IV para asiento inferior, clase II para asiento superior		
Dirección del caudal	Convergente y divergente		
Estilo de internos	<b>Tipo</b>	<b>Estilo del obturador</b>	<b>Tipo</b>
	Común de puerto lateral	Todos los tamaños	Guiado por puerto y desequilibrado
	Común de puerto inferior	Todos los tamaños	Guiado por la jaula y equilibrado
1. Se recomienda utilizar cuerpo de válvula de acero inoxidable para aplicaciones con vapor cuando se selecciona la construcción para alta temperatura (HT).			

**Nota. Fuente:** <http://www.emerson.com>

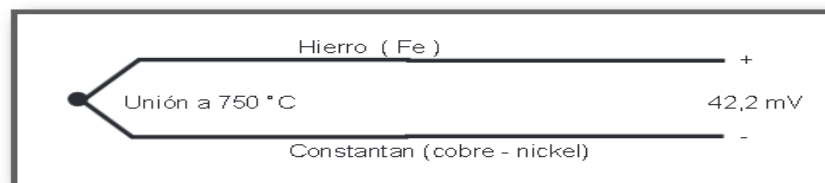
## 2.16 Sistema de control para tinas y hornos

### 2.16.1 Termocuplas

Las termocuplas son sensores de temperatura más utilizados en la industria, la termocupla está formada por dos alambres de distintos materiales unidos en un extremo (soldados).

Al aplicar una temperatura en la unión de los alambres se genera un pequeño voltaje esto se debe al efecto conocido como “Seebeck” y está en el orden de los milivoltios este aumenta según aumente la temperatura.

#### Termocupla tipo J



**Figura 2.27.** Diagrama termocupla tipo J

Fuente: <http://yoingenieria.com>

Las termocuplas tipo J se las conoce como las termocuplas hierro-constantán, el hierro es el conductor positivo, mientras que el conductor negativo tiene una aleación de 55 por ciento de cobre y 45 por ciento de níquel.

Las termocupla tipo J son muy eficientes para trabajos continuos en atmosferas oxidantes, reductoras e inertes, en vacío trabajan hasta 760 °C. por encima de 540 °C el alambre de hierro se oxida rápidamente.

### 2.16.2 Controlador de temperatura (Pirómetro)

El controlador de temperatura es un instrumento que mide la temperatura por medio de un sensor o termocupla, y que al fijar una temperatura deseada (set-point), compara los valores de temperatura real con la fijada en el controlador mediante un circuito interno, de esta forma controla el activado y desactivado de la calefacción o refrigeración según el control que se requiera.

La función que el controlador de temperatura tiene es, mantener la temperatura dentro de los rangos de operación que se requiere, dependiendo del control según su aplicación.

Existen controladores discretos ON/OFF y proporcionales en función del tiempo PID.

Estos instrumentos manejan corrientes de salida de hasta 5A por lo cual se dispone de un dispositivo de control final como son contactores, dispositivos semiconductores de estado sólido etc.



**Figura 2.28.** Controlador de temperatura  
Fuente: <http://www.control-industrial.com>

### 2.16.3 Controladores lógicos programables (PLC).



**Figura 2.29.** PLC LOGO-SIEMENS  
Fuente: Quito. Propia, 2016

Un controlador lógico programable es un dispositivo digital electrónico que utiliza una memoria programable, en la memoria almacena instrucciones para implementar funciones específicas como lógicas, secuencias, temporizaciones, conteos y operaciones aritméticas para controlar procesos y máquinas.

### 2.16.4 Tablero de control.

Los tableros son gabinetes donde se encuentran los dispositivos de conexión, control maniobra, protección, medida, señalización, distribución, estos elementos hacen que la instalación funcione adecuadamente.



**Figura 2.30.** Tablero de control  
Fuente: <http://www.corporacionelectricalima.com>

### 2.16.5 Elementos de maniobra.

Son dispositivos que permiten abrir o cerrar un circuito cuando se requiere.

#### a. Selector de tres posiciones.

El selector de tres posiciones es un elemento de maniobra el cual tiene la función de abrir o cerrar contactos de acuerdo a una posición seleccionada, tiene dos contactos que son activados por una perilla.



**Figura 2.31.** Selector tres posiciones  
Fuente: <http://industrialonline.com>

#### b. Pulsador de emergencia.

Es un elemento de maniobra, es utilizado para situaciones de emergencia. Se utiliza para realizar paradas de emergencia en máquinas grandes o como interruptor de paso de corriente.

Son de color rojo con enclavamiento sus contactos son normalmente cerrados y están ubicados en lugares visibles.





**Figura 2.32.** Pulsador de emergencia

Fuente: <http://www.directindustry.es>

### c. Luz piloto.

Es una luz que indica la existencia de una condición normal de un sistema o dispositivo.



**Figura 2.33.** Luz piloto.

Fuente: <http://www.induelectro.cl>

### 2.16.6 Contactor.

Un contactor es un componente electromecánico su función es el de establecer o interrumpir el paso de corriente ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina.



**Figura 2.34.** Contactor

Fuente: <http://www.areatecnologia.com>

## **2.16.7 Sistema de control y fuerza para Hornos y Tinas.**

### **Programación y Simulación en LOGO soft confort.**

Para poder desarrollar la programación y simulación del sistema de control, se lo realizará para un Horno y una Tina, ya que el resto de Hornos y Tinas son similares.

#### **2.16.7.1 Sistema de control y fuerza para Hornos**

##### **a) Determinar las salidas a ser utilizadas en el sistema de mando.**

Se utilizarán cuatro salidas integradas en Controlador Lógico Programable LOGO las mismas que son tipo relé, las cuales están fijadas con la letra “Q” seguidos con un número del 1 – 4 que nos muestra el orden.

**Q1:** alimenta a un contactor que pone en condiciones de contacto al caldero de fluido térmico.

##### **Condiciones de contacto:**

Alimentar las terminales A1 y A2 de la bobina del electroimán del contactor, enclavando o cerrando los contactos de potencia NA y contactos auxiliares NA y NC, estableciendo a través de ellos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina el contactor se abre.

**Q2 y Q4:** alimenta a dos contactores que pone en condiciones de marcha a los ventiladores.

**Q3:** envía una señal al posicionador electroneumático que pone en condiciones de accionamiento a la válvula de tres vías.

##### **Condiciones de accionamiento de la válvula:**

Enviar una señal desde el LOGO hacia el posicionador electroneumático, el cual convierte una señal eléctrica en una señal neumática, cuya función principal es la de asegurar que la posición de vástago corresponda a la señal del LOGO, para la apertura o cierra del fluido de aceite térmico.

##### **b) Definir las entradas a ser utilizadas para el sistema de control.**

Utilizaremos las nueve entradas integradas en el controlador lógico programable LOGO. Las dos primeras corresponderán al encendido y apagado del caldero, las dos siguientes corresponderán a un selector de tres posiciones (automático- neutro-manual), mientras que las otras cinco corresponderán al encendido, apagado de los ventiladores, válvula de tres vías y señal del pirómetro

del horno, que serán identificadas con la letra “I” acompañadas de un número del 1- 9 que nos indicara su orden.

**I1:** Pulsador de Encendido Caldero.

**I2:** Pulsador de Apagado Caldero.

**I3:** Selector de tres posiciones en Automático.

**0:** Posición Neutro.

**I4:** Selector de tres posiciones en Manual.

**I5:** Pulsador de Encendido Ventilador, se activa cuando el selector de tres posiciones está en automático.

**I6:** Pulsador de Apagado Ventilador.

**I7:** Pulsador de Encendido Válvulas de Tres Vías, se activa después de ser activado el ventilador caso contrario no.

**I8:** Pulsador de Apagado Válvulas de Tres Vías.

**I9:** Regulador Programable (Pirómetro), activa y desactiva el ventilador automáticamente.

### **c) Definición de elementos de maniobra**

**Pulsadores NA:** dispositivo para realizar el cierre de función y poner en marcha al receptor a ser controlado.

#### **Selector de tres posiciones**

Indica la posición 1 o de la izquierda como automático, posición 2 o medio como apagado y la posición 3 o a la derecha como manual.

**Paro general tipo hongo:** da la orden de apagado general de todo el sistema, está parada puede producirse en condiciones normales o cuando aparece una situación de peligro.

### **d) Análisis de las condiciones para el funcionamiento del circuito de control**

La tensión de la red 110V de AC alimentará el LOGO, mientras que para las entradas, salidas, luces pilotos, pirómetro la tensión será de 220V de AC.

El selector de tres posiciones puede ubicar al circuito en condición manual, automático o apagado. Con el selector de tres posiciones ubicado en neutro, los ventiladores y la válvula de tres vías no podrán accionarse.

Con el selector de tres posiciones en manual, la condición de activación es; primero se prenderá los ventiladores para luego activar la válvula de tres vías, sin tener como restricción el tiempo de calentamiento del aceite térmico. En esta posición no se podrá prender el caldero de aceite térmico. Para el desactivado, primero se apagará la válvula de tres vías y luego se apagarán los ventiladores. Con el selector de tres posiciones en automático, el caldero podrá activarse y desactivarse sin ninguna restricción, además de un tiempo definido para el calentamiento del aceite térmico y alcance su temperatura de trabajo. Trascurrido el tiempo de calentamiento del aceite térmico se activará tanto los ventiladores como la válvula de tres vías, pero con las condiciones ya antes descritas en modo manual, (Anexo 8).

La termocupla tipo J junto con el pirómetro controlarán la temperatura manteniéndola estable en condiciones de trabajo.

#### **2.16.7.2 Sistema de control y fuerza para Tinas.**

##### **a) Determinar las salidas a ser utilizadas en el sistema de mando**

Se utilizará una salida integrada en el Controlador Lógico Programable LOGO!, la misma que es tipo relé, la cual está fijada con la letra “Q” seguido con el número 1.

**Q1:** envía una señal al posicionador electroneumático que pone en condiciones de accionamiento a la válvula de tres vías.

##### **b) Definir las entradas a ser utilizadas para el sistema de control**

Se utilizará las cinco entradas integradas en el controlador lógico programable LOGO. Las cuales dos primeras corresponderán a un selector de tres posiciones (automático-neutro-manual), mientras que las otras tres corresponderán al encendido-apagado de la válvula de tres vías y señal del pirómetro de la tina, que serán identificadas con la letra “I” acompañadas de un número del 1 al 5 que nos indicara su orden.

Selector de tres posiciones:

**I1:** Selector de tres posiciones en Automático.

**0:** Posición Neutro.

**I2:** Selector de tres posiciones en Manual.

**I3:** Pulsador de Encendido Válvulas de Tres Vías

**I4:** Pulsador de Apagado Válvulas de Tres Vías.

**I5:** Regulador Programable (Pirómetro), activará y desactivará el ventilador automáticamente.

### **c) Definición de elementos de maniobra**

Ya definidos anteriormente cada uno de ellos.

### **d) Análisis de las condiciones para el funcionamiento del circuito de control**

La alimentación del LOGO, entradas, salidas, luces pilotos, pirómetro la tensión será de 110V y 220V de AC respectivamente.

Con el selector de tres posiciones se puede ubicar al circuito en condición de manual, automático o apagado.

Si el selector de tres posiciones está en posición de apagado la válvula de tres vías no podrá ser accionada.

Si el selector de tres posiciones está en manual se podrá activar y desactivar la válvula de tres vías, sin tener como restricción el tiempo de calentamiento del aceite térmico. En esta posición no se podrá prender el caldero de aceite térmico. En esta posición se da el mantenimiento correspondiente al sistema.

Al momento de la puesta en marcha y con el selector de tres posiciones en automático, el caldero podrá activarse y desactivarse sin ninguna condición, además de un tiempo de calentamiento para que aceite térmico alcance su temperatura de trabajo. Después de haber transcurrido este tiempo de calentamiento del aceite térmico se activarán automáticamente la válvula de tres vías, las cuales después podrán ser activas y desactivas sin ninguna condición, (Anexo 9).

La termocupla junto con el pirómetro controlarán la temperatura manteniéndola estable en condiciones de trabajo.

## Capítulo 3

### **Análisis de Costos, Conclusiones y Recomendaciones**

#### **3.1 Costos del sistema de calentamiento.**

En esta parte se describe el costo de los componentes principales del sistema de calentamiento por aceite térmico, para lo cual se toma como referencia los precios en el mercado del país, en el mes de noviembre del año 2016, los cuales se detallan de la siguiente manera:

Costo de la caldera para aceite térmico.

Costo del intercambiador de calor.

Costo del aceite térmico.

Costo de tubería.

Costo aislamiento térmico de la tubería.

Costo de los tanques.

Costo del sistema eléctrico y de control.

Costo elaboración del proyecto.

##### **3.1.1 Costo de la caldera para aceite térmico**

En este costo se involucra todo lo relacionado a los componentes de la caldera, como cuerpo de caldera, quemador, bomba principal de la caldera, armario eléctrico, seguridades, elementos de conexión de la bomba con el cuerpo de la caldera, fluido térmico bidón de 200 litros.

##### **3.1.2 Costo del intercambiador de calor.**

Este costo es el que tendría el intercambiado de calor tipo manifold, dentro de este rubro constan los valores de material y mano de obra, ya que se realizó la cotización de la fabricación del intercambiador.

##### **3.1.3 Costo del aceite térmico**

Es el costo que tiene un bidón de aceite térmico multiplicado por el volumen total que necesitaría el sistema de calentamiento.

##### **3.1.4 Costo de tubería**

Este costo es el que tendría todo el sistema principal de calentamiento, que comprende la tubería de entrada y retorno del aceite térmico.

##### **3.1.5 Costo aislamiento térmico de la tubería**

Es el costo que tendría aislar el total de la tubería principal de calentamiento, de entrada y retorno.

### 3.1.6 Costo de los tanques

En este costo están incluido material y mano obra ya que se realizó la cotización de la fabricación de los tanques.

### 3.1.7 Costo del sistema eléctrico y de control

Incluye el costo de materiales, elementos, equipos, diseño, programación, los precios son referenciales.

### 3.1.8 Costo elaboración del proyecto

Un tecnólogo electromecánico para el diseño de un nuevo sistema, tiene como funciones analizar, investigar y desarrollar el nuevo diseño. En base al tiempo y valor de remuneración se obtiene el costo total de la elaboración del proyecto.

## 3.2 Detalle de costos

**Tabla 3.1. Caldera de fluido térmico GFT – 130/40/V2 y componentes**

<b>CARACTERISTICAS</b>
Cuerpo caldera
Quemador
Bomba principal caldera
Armario eléctrico
Bomba reversible de llenado y vaciado
Válvula de seguridad
Válvula de interrupción
Filtro colector de impurezas
Válvula de compuerta
Válvulas de esfera
Transmisor para presión diferencial
Transmisor para presión máxima
Manómetro
Sonda de temperatura PT-100
Sonda de temperatura tipo J
Termopozo
Fluido térmico bidón 200 litros
<b>Costo total \$64800</b>

**Nota.** El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de RETENA S.A.  
Anexo 10

**Tabla 3.2. Intercambiador de calor**

Denominación	Cantidad	Costo	Total
Intercambiador tina de desengrase	1	\$ 7.180	\$ 7.180
Intercambiador tina de fosfato	1	\$ 4.300	\$ 4.300
Intercambiador hornos de curado	4	\$ 4.600	\$ 18.400
<b>Valor total</b>			<b>\$ 29.880</b>

**Nota.** El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de ACETERM Anexo 11

**Tabla 3.3. Aceite térmico en bidón de 200 litros**

Denominación	Cantidad	costo	total
Aceite mineral	11	\$ 292	\$ 3.214
<b>Valor total</b>			<b>\$ 3.214</b>

**Nota. Fuente:** <http://www.fluidotermico.com>

**Tabla 3.4. Tubería**

Denominación	Cantidad	Costo	Total
Tubería principal	60 m	\$ 115 m	\$ 6.900
<b>Valor total</b>			<b>\$ 6.900</b>

**Nota.** El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de ACETERM Anexo 12

**Tabla 3.5. Aislamiento térmico**

Denominación	Cantidad	Costo	Total
Aislante térmico para tubería	60 m	\$ 35 m	\$ 2.100
<b>Valor total</b>			<b>\$ 2.100</b>

**Nota.** El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de ATYMI CIA. LTDA Anexo 13

**Tabla 3.6. Tanques**

Denominación	Cantidad	Costo	Total
Tanque de almacenamiento aceite térmico	1	\$ 4.200	\$ 4.200
Tanque de expansión	1	\$ 3.400	\$ 3.400
Desgasificador	1	\$ 850	\$ 850
<b>Valor total</b>			<b>\$ 8.450</b>

**Nota.** El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de INGEMAQ Anexo 14



Tabla 3.7. Válvula de tres vías

Denominación	Cantidad	Costo	Total
Válvula tres vías	6	\$ 3500	\$ 21000
<b>Valor total</b>			<b>\$ 21000</b>

Nota. El valor que se encuentra en la tabla es el valor referencial de RETENA S.A  
Anexo 15

Tabla 3.8. Sistema eléctrico y control

Denominación	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Termocupla tipo J	6	\$ 6,50	\$ 39,00
Control de temperatura (pirometro)	6	\$ 66,30	\$ 397,80
Tableros de control	6	\$ 45,00	\$ 270,00
Selector de tres posiciones	6	\$ 2,85	\$ 17,10
Pulsadores de emergencia	7	\$ 7,54	\$ 52,78
Luces piloto	10	\$ 1,05	\$ 10,50
Pulsador NA	20	\$ 2,90	\$ 58,00
LOGO! 230 RC	2	\$ 239,70	\$ 479,40
LOGO! DM16 230R	4	\$ 178,30	\$ 713,20
Automático P.I.A 2P, Fase-Neutro, 10 A	4	\$ 9,59	\$ 38,36
Automático P.I.A 3 Fases, 20 amperios.	9	\$ 39,00	\$ 351,00
Automático P.I.A Bipolar fase 1-fase 2, 20 amperios.	6	\$ 11,20	\$ 67,20
Relé térmico o Guardamotor, de 13-18 amperios.	8	\$ 77,93	\$ 623,44
Contactador trifásico, 18 amperios.	9	\$ 17,51	\$ 157,59
Contactador 2 polos Q3, 15 amperios.	6	\$ 19,52	\$ 117,12
Terminales tipo U	200	\$ 0,04	\$ 8,00
Terminales tipo puntilla	200	\$ 0,02	\$ 4,00
Cable # 14 AWG rollo	3	\$ 25,00	\$ 75,00
Cable # 12 AWG rollo	3	\$ 27,00	\$ 81,00
<b>Valor Total.</b>			<b>\$ 3.560,49</b>

Nota. Fuente: [http://www.schneider-electric.com.pe/documents/local/Lista\\_P\\_2014.pdf](http://www.schneider-electric.com.pe/documents/local/Lista_P_2014.pdf)

**Tabla 3.9 Costo elaboración del proyecto**

Denominación	Costo hora	Nº horas
Tecnólogo Electromecánico	\$ 5,08	800
<b>Total</b>	<b>\$ 4.064</b>	

**Tabla 3.10. Costo total del sistema de calentamiento por aceite térmico**

COMPONENTES DEL NUEVO DISEÑO	
Caldera de fluido térmico y sus componentes	\$ 64.800,00
Intercambiadores de calor	\$ 29.880,00
Aceite térmico	\$ 3.214,00
Tubería	\$ 6.900,00
Aislamiento	\$ 2.100,00
Tanques	\$ 8.450,00
Válvulas de tres vías	\$ 21.000,00
Sistema de control	\$ 3.560,49
Elaboración del proyecto	\$ 4.064
<b>Costo total de los componentes</b>	<b>\$ 143.968,49</b>

### 3.3 Análisis de costos del sistema de calentamiento

En esta sección se realiza un análisis de costo del sistema actual versus el nuevo diseño del sistema de calentamiento por aceite térmico, este análisis se enfoca en el consumo de combustible, mantenimientos preventivos y correctivos tanto para tinas como para hornos.

#### 3.3.1 Consumo de combustible del sistema actual

El sistema actual funciona con seis quemadores, dos quemadores en tinas y cuatro quemadores en hornos, teniendo como consecuencia el consumo excesivo de combustible.

**Tabla 3.11. Consumo de combustible puesta en marcha de hornos y tinas del sistema actual**

CONSUMO DE DIESEL AL AÑO PARA PUESTA EN MARCHA.				
TIPO DE MAQUINARIA	COMBUSTIBLE QUE UTILIZA	TOTAL COMBUSTIBLE/MES (gal)	VALOR COMBUSTIBLE c/gal = 1,89\$	TOTAL DE COMBUSTIBLE/AÑO
Desengrase	DIESEL 2	150	\$ 283,50	\$ 3.402,00
Fosfato	DIESEL 2	150	\$ 283,50	\$ 3.402,00
Horno Secado	DIESEL 2	90	\$ 170,10	\$ 2.041,20
Horno 1	DIESEL 2	90	\$ 170,10	\$ 2.041,20
Horno 2	DIESEL 2	90	\$ 170,10	\$ 2.041,20
Horno 3	DIESEL 2	90	\$ 170,10	\$ 2.041,20
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO MES</b>		<b>660 gal</b>	<b>\$ 1.247,40</b>	
			<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL AÑO</b>	<b>\$ 14.968,80</b>

**Tabla 3.12. Consumo de combustible para el funcionamiento normal de hornos y tinas del sistema actual**

<b>CONSUMO DE DIESEL AL AÑO PARA EL FUNCIONAMIENTO NORMAL.</b>				
<b>TIPO DE MAQUINARIA</b>	<b>COMBUSTIBLE QUE UTILIZA LA MAQUINARIA</b>	<b>TOTAL COMBUSTIBLE/MES (gal)</b>	<b>VALOR COMBUSTIBLE C/gal = 1,89\$</b>	<b>TOTAL DE COMBUSTIBLE/AÑO</b>
Desengrase	DIESEL 2	252	\$ 476,28	\$ 5.715,36
Fosfato	DIESEL 2	216	\$ 408,24	\$ 4.898,88
Horno Secado	DIESEL 2	748,8	\$ 1.415,23	\$ 16.982,78
Horno 1	DIESEL 2	748,8	\$ 1.415,23	\$ 16.982,78
Horno 2	DIESEL 2	748,8	\$ 1.415,23	\$ 16.982,78
Horno 3	DIESEL 2	748,8	\$ 1.415,23	\$ 16.982,78
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL MES</b>		<b>3463,2 gal</b>	<b>\$ 6.545,45</b>	
			<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL AÑO</b>	<b>\$ 78.545,38</b>

<b>COSTO TOTAL CONSUMO DE COMBUSTIBLE/AÑO SISTEMA ACTUAL</b>	<b>\$ 93.514,18</b>
--	---------------------

### 3.3.2 Mantenimiento del sistema actual

En el sistema actual involucra el costo de mantenimiento para cada quemador y cámara de combustión los cuales son los que más reciben mayor mantenimiento.

**Tabla 3.13. Costo total en mantenimiento preventivo y correctivo de hornos del sistema actual**

<b>COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE HORNOS DEL SISTEMA ACTUAL.</b>					
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>GASTOS EN REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN HORAS TRABAJADAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>total al año por los 4 hornos</b>	<b>Descripción</b>	<b>valor total al año en repuestos para 4 hornos</b>	<b>Descripción</b>	<b>total al año por los 4 hornos</b>
limpieza motor monofásico del quemador C/U	\$ 2.102,40	reparación total quemador	\$ 2.365,00	reparación total quemador	\$ 365,00
limpieza motor trifásico del ventilador C/U	\$ 4.204,80	cambio kid de reparación motor-quemador	\$ 869,20	cambio kid de reparación motor-quemador	\$ 87,60

Continuación Tabla 3.13

verificación y limpieza de los controles de mando C/U	\$ 1.401,60	arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	\$ 1.018,40	arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	\$ 58,40
verificación estado bandas, poleas motor ventiladores, estado del motor del quemador C/U	\$ 175,20	arreglo y/o reparación cámara de combustión	\$ 1.802,24	arreglo y/o reparación cámara de combustión	\$ 233,60
	\$ 7.884,00		\$ 6.054,84		\$ 744,60

<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS Y CORRECTIVOS</b>	<b>\$ 14.683,44</b>
--	---------------------

Tabla 3.14. Costo total en mantenimiento preventivo y correctivo de tinas del sistema actual

COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA TINAS DEL SISTEMA ACTUAL					
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		GASTOS EN REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN HORAS TRABAJADAS	
Descripción	total al año para ambas tinas	Descripción	valor total al año en repuestos para ambas tinas	Descripción	total al año para ambas tinas
limpieza motor monofásico del quemador C/U	\$ 1.051,20	reparación total quemador	\$ 1.182,50	reparación total quemador	\$ 182,50
chequeo del químico C/U	\$ 2.102,40	cambio kid de reparación motor-quemador	\$ 1.034,60	cambio kid de reparación motor-quemador	\$ 73,00
mantenimiento de tuberías de recirculación	\$ 350,40	arreglo y/o reparación cámara de combustión	\$ 0,00	arreglo y/o reparación cámara de combustión	\$ 0,00
mantenimiento preventivo bomba tina de fosfato	\$ 87,60				
	\$ 3.591,60		\$ 2.217,10		\$ 255,50

<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS</b>	<b>\$ 6.064,20</b>
--	--------------------

### 3.3.3 Consumo de combustible del nuevo sistema

Se toma como referencia los tiempos que permanecen en funcionamiento la maquinaria del sistema actual, considerando que pueden ser menores, ya que este nuevo diseño tiene un sistema de calentamiento de lazo cerrado. Donde la temperatura no se disipa tan rápidamente.

**Tabla 3.15. Consumo de combustible con el nuevo diseño para puesta en marcha.**

SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE HORNOS Y TINAS CON EL NUEVO DISEÑO PARA LA PUESTA EN MARCHA						
TIPO DE MAQUINARIA	COMBUSTIBLE QUE UTILIZA LA MAQUINARIA	TIEMPO QUE PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO TODA LA MAQUINARIA.		CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZA CADA MAQUINARIA (gal)	COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE
		horas/día (A)	días/mes (B)			
TODO EL SISTEMA (TINAS Y HORNOS)	DIESEL 2	1	4	total combustible/mes (Y = A * B * X)	valor combustible c/gal = 1,03 \$	\$ 1.750,18
				141,6 gal	35,4	\$ 145,85

Tabla 3.16. Consumo de combustible con el nuevo diseño para el funcionamiento normal.

SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE HORNOS Y TINAS CON EL NUEVO DISEÑO.							
TIPO DE MAQUINARIA	COMBUSTIBLE QUE UTILIZA LA MAQUINARIA	TIEMPO QUE PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO LA MAQUINARIA		CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZA CADA MAQUINARIA (gal)		COMBUSTIBLE	
		horas/día (A)	días/mes (B)	gal/hora (X)	total combustible/mes (Y = A * B * X)		valor combustible c/gal = 1,03 \$
Desengrase	DIESEL 2	7	24	2,75	462	\$ 475,86	TOTAL DE COMBUSTIBLE/ AÑO \$ 5.710,32
Fosfato	DIESEL 2	6	24	0,38	54,72	\$ 56,36	\$ 676,34
Horno Secado	DIESEL 2	16	24	0,83	318,72	\$ 328,28	\$ 3.939,38
Horno 1	DIESEL 2	16	24	0,83	318,72	\$ 328,28	\$ 3.939,38
Horno 2	DIESEL 2	16	24	0,83	318,72	\$ 328,28	\$ 3.939,38
Horno 3	DIESEL 2	16	24	0,83	318,72	\$ 328,28	\$ 3.939,38
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL MES</b>				<b>1791,6 gal</b>		<b>\$ 1.845,35</b>	
<b>TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO AL AÑO</b>							<b>\$ 22.144,18</b>

<b>CONSUMO DE DIESEL AL AÑO DEL NUEVO DISEÑO PARA LA PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO NORMAL DE HORNOS Y TINAS</b>	<b>\$ 23.894,35</b>
---	---------------------

El valor económico que ahorrará la empresa es del 53,11% anual en comparación con el valor total del sistema actual

**Tabla 3.17 Ahorro económico en combustible.**

<b>AHORRO DE COMBUSTIBLE</b>		
Consumo de combustible sistema actual al año.	<b>49478,4 gal</b>	<b>\$ 93.514,18</b>
Consumo de combustible nuevo diseño al año.	<b>23198,4 gal</b>	<b>\$ 23.894,35</b>
Ahorro en combustible/año.		<b>\$ 69.619,83</b>
Porcentaje equivalente en ahorro de combustible.		<b>53%</b>

El porcentaje en ahorro de combustible al año es del 53% en comparación con el sistema actual, por lo tanto por el ahorro de combustible se aplicará el subsidio para las empresas, este subsidio representa un valor del combustible de 1,037 dólares el galón.

### 3.3.4 Mantenimiento del nuevo sistema.

En el nuevo sistema se ahorrará, gastos de mantenimientos preventivos y correctivos de hornos y tinas, tanto en quemadores y cámaras de combustión.

**Tabla 3.18. Costo en mantenimiento preventivo y correctivo para hornos con el nuevo diseño.**

<b>COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO HORNO NUEVO DISEÑO.</b>					
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>GASTOS EN REPUESTOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN HORAS TRABAJADAS</b>	
Descripción	total al año por los 4 hornos	Descripción	valor total al año en repuestos para 4 hornos	Descripción	total al año por los 4 hornos
limpieza motor monofásico del quemador C/U	<b>NO APLICA</b>	reparación total quemador	<b>NO APLICA</b>	reparación total quemador	<b>NO APLICA</b>
limpieza motor trifásico del ventilador C/U	\$ 4.204,80	cambio kid de reparación motor-quemador	<b>NO APLICA</b>	cambio kid de reparación motor-quemador	<b>NO APLICA</b>
verificación y limpieza de los controles de mando C/U	\$ 1.401,60	arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	\$ 1.018,40	arreglo y/o reparación motor y blower ventilador	\$ 58,40
verificación estado bandas, poleas motor ventiladores, estado del motor del quemador C/U	\$ 175,20	arreglo y/o reparación cámara de combustión	<b>NO APLICA</b>	arreglo y/o reparación cámara de combustión	<b>NO APLICA</b>
	<b>\$ 5.781,60</b>		<b>\$ 1.018,40</b>		<b>\$ 58,40</b>

## Continuación tabla 3.18

<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS CON EL NUEVO DISEÑO</b>	<b>\$ 6.858,40</b>
--	--------------------

Tabla 3.19. Costo en mantenimiento preventivo y correctivo para tinas con el nuevo diseño.

<b>COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO TINAS NUEVO DISEÑO.</b>					
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>GASTOS EN REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN HORAS TRABAJADAS</b>	
Descripción	total al año para ambas tinas	Descripción	valor total al año en repuestos para ambas tinas	Descripción	total al año para ambas tinas
chequeo del químico C/U	\$ 2.102,40	cambio kid de reparación motor-quemador	NO APLICA	cambio kid de reparación motor-quemador	NO APLICA
mantenimiento de tuberías de recirculación	\$ 350,40	arreglo y/o reparación cámara de combustión	NO APLICA	arreglo y/o reparación cámara de combustión	NO APLICA
mantenimiento preventivo bomba tina de fosfato	\$ 87,60				
	\$ 2.540,40		\$ 0,00		\$ 0,00

<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS CON EL NUEVO DISEÑO.</b>	<b>\$ 2.540,40</b>
---	--------------------

## 3.3.5 Análisis global del sistema actual versus nuevo diseño.

En el análisis global se analizan todos los gastos de mantenimientos y consumo de combustible entre el sistema actual y el nuevo diseño.

Tabla 3.20 Costo total en mantenimientos y consumo de combustible con el sistema actual

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTOS Y CONSUMO DIESEL DEL SISTEMA ACTUAL</b>	
Costo de mantenimiento preventivo para los hornos	\$ 7.884,00
Costo de mantenimiento correctivo de horas trabajadas para los hornos	\$ 744,60
Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo hornos	\$ 6.054,84
Costo de mantenimiento preventivo para ambas tinas	\$ 3.591,60
Costo de mantenimiento correctivo de horas trabajadas para ambas tinas	\$ 255,50



**Continuación tabla 3.20**

Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo para ambas tinas	\$ 2.217,10
Costo total consumo de combustible al año del sistema actual	\$ 93.514,18
<b>TOTALES</b>	<b>\$ 114.261,82</b>

**Tabla 3.21 Costo total en mantenimiento y consumo de combustible con el nuevo diseño.**

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTOS Y CONSUMO DIESEL CON EL NUEVO DISEÑO</b>	
Costo de mantenimiento preventivo para los hornos	\$ 5.781,60
Costo de mantenimiento correctivo de horas trabajadas para los hornos	\$ 58,40
Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo hornos	\$ 1.018,40
Costo de mantenimiento preventivo para ambas tinas	\$ 2.540,40
Costo de mantenimiento correctivo de horas trabajadas para ambas tinas	\$ 0,00
Gastos en repuestos para el mantenimiento correctivo para ambas tinas	\$ 0,00
Consumo de diésel al año del nuevo diseño para la puesta en marcha y funcionamiento normal de hornos y tinas	\$ 23.894,35
<b>TOTALES</b>	<b>\$ 33.293,15</b>

**Tabla 3.22 Ahorro económico del nuevo diseño**

<b>AHORRO ECONOMICO DEL NUEVO DISEÑO</b>	
Costo de mantenimientos y consumo de combustible del sistema actual	\$ 114.261,82
Costo de mantenimientos y consumo de combustible del nuevo diseño	\$ 33.293,15
Ahorro sistema actual VS nuevo diseño	\$ 80.968,67
Porcentaje de ahorro en mantenimientos y consumo de combustible/sistema actual VS nuevo diseño	71%

**3.3.6 Evaluación financiera del proyecto.**

La evaluación financiera sintetiza numéricamente todos los aspectos desarrollados en un plan de negocios. Además de elaborar un registro de todos los ingresos y egresos que se espera que produzca el proyecto y ordenarlos en forma cronológica. Se utilizara el método del VAN y TIR, los cuales son indicadores financieros que miden los flujos de los futuros ingresos y egresos, para posteriormente determinar si existe alguna ganancia.

**3.3.6.1 Factibilidad del proyecto**

Con el estado de resultados **tabla 3.23**, se obtendrá tanto los ingresos como los egresos del nuevo

diseño, que ayudan al desarrollo del flujo de beneficio neto **tabla 3.24**, y estimando un tiempo de recuperación de la inversión a 4 años se podrá determinar si el proyecto es viable o no.

**Tabla 3.23 Ingresos y egresos con el nuevo diseño.**

ESTADO DE RESULTADOS DEL NUEVO DISEÑO.			
INGRESOS		EGRESOS	
Ingresos por ahorro de diésel	\$ 69.619,83	Gastos en diésel	\$ 23.894,35
Ingresos por ahorro de mantenimiento	\$ 11.348,84	Gastos en mantenimiento	\$ 9.398,80
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 80.968,67</b>	<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 33.293,15</b>

**Tabla 3.24 Detalle de flujo de caja.**

DETALLE DE FLUJO DE CAJA					
Flujo de ingresos (+)		Flujo de egresos (-)		Flujo beneficio neto	
	A		B		A-B
Año	Valor	Año	Valor	Año	Valor
1	\$ 80.968,67	1	\$ 33.293,15	1	\$ 47.675,52
2	\$ 80.968,67	2	\$ 33.293,15	2	\$ 47.675,52
3	\$ 80.968,67	3	\$ 33.293,15	3	\$ 47.675,52
4	\$ 80.968,67	4	\$ 33.293,15	4	\$ 47.675,52
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 323.874,68</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 133.172,60</b>		

**a. Método financiero VAN (valor actual neto).**

Nos indica que:

Si  $VAN > 0$   **ES RENTABLE** hacer el negocio.

Si  $VAN = 0$   **ES INDIFERENTE** hacer el negocio.

Si  $VAN < 0$   **NO ES RENTABLE** hacer el negocio

**Definición matemática.**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = \frac{F_{t1}}{(1+k)} + \frac{F_{t2}}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_{tn-1}}{(1+k)^{t-1}} + \frac{F_{tn}}{(1+k)^t} \quad (2-14)$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial.

$F_t$ : Flujo de beneficio neto.

k: Tasa de descuento o costo de oportunidad (COK), dada por la tasa de interés del mercado para poder tener rentabilidad y retorno del capital, igual al 7,17%.

t: Tiempo estimado de recuperación de la inversión.

Con los datos encontrados del flujo de beneficio neto **tabla 3.24**, y con la ayuda del Excel se podrá obtener el valor del VAN.

Formulación de datos:

$$I_0 = \$ 143968,49$$

$$F_{t1} = \$ 47675,52$$

$$F_{t2} = \$ 47675,52$$

$$F_{t3} = \$ 47675,52$$

$$F_{t4} = \$ 47675,52$$

$$k = 7,17\% \text{ (COK)}$$

$$t = 4 \text{ años}$$

Obteniendo un VAN= \$16900,75.

#### **b. Método financiero TIR (tasa interna de retorno)**

Nos indica que:

Si  $TIR > COK$   **ES RENTABLE** hacer el negocio.

Si  $TIR = COK$   **ES INDIFERENTE** hacer el negocio.

Si  $TIR < COK$   **NO ES RENTABLE** hacer el negocio

#### **Definición matemática.**

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = \frac{F_{t1}}{(1+TIR)} + \frac{F_{t2}}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_{tn-1}}{(1+TIR)^{t-1}} + \frac{F_{tn}}{(1+TIR)^t} \quad (2-15)$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial.

$F_t$ : Flujo de beneficio neto.

TIR = Tasa interna de retorno

t: Tiempo estimado de recuperación de la inversión.

Con los datos de flujo de beneficio neto, formulación de datos y ayuda del Excel, se obtiene un

TIR= 12 %

El VAN y TIR encontrados nos indica que el proyecto es viable y que la inversión se recupera en cuatro años. El VAN obtenido, indica que se obtendrá \$16900,75 adicionales hoy si se lleva a cabo el proyecto. Los cálculos anteriores se basan solo en ingresos y egresos tanto de diésel y mantenimiento, sin tomar en consideración las ganancias que se podrá obtener por aumento de producción.

### **3.4 Conclusiones y recomendaciones**

#### **3.4.1 Conclusiones.**

- Con el nuevo diseño del intercambiador de calor tipo manifold el calor transmitido hacia el exterior es uniforme ya que cada tubo transmite un determinado valor de energía considerando una eficiencia de alrededor del 90%.
- Con el nuevo diseño la reducción del consumo de combustible será alrededor del 47% menos en comparación al sistema actual, reduciendo en el mismo valor las emisiones de gases.
- En base al análisis de costos el mantenimiento preventivo y correctivo se reduciría en un 54% representando una ganancia para la empresa.
- Con el nuevo diseño de calentamiento se disminuirá los tiempos de paro por mantenimiento correctivo, producidos por fallas en los quemadores tanto de las tinas como en la de los hornos, logrando de esta manera optimizar el proceso.
- Este diseño estará provisto de un solo quemador a diferencia del actual sistema que cuenta con seis quemadores, el quemador con el que contará el sistema será el que viene con la caldera para aceite térmico.
- La caldera para aceite térmico estará ubicada en una zona segura donde no habrá contacto con las personas que transitan por el lugar además las tuberías estarán aisladas para evitar accidentes de trabajo.
- Con el nuevo diseño, los volúmenes ocupados por las cámaras de combustión en tinas y hornos serán retirados, aprovechando el espacio con más material a trabajar, tomando en consideración que se podrá ocupar un porcentaje más de la energía que entrega la caldera, sin alterar la potencia que se ocupa para la puesta en marcha.

### 3.4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar tubería de acero inoxidable para el sistema principal de tuberías e intercambiadores de calor.
- Es recomendable que este sistema de calentamiento cuente con un tanque de depósito para el aceite térmico, cuando se requiera realizar un mantenimiento del sistema.
- Se recomienda que el sistema cuente con un tanque de expansión ya que el aceite térmico se dilata a altas temperaturas.
- En lo referente al sistema de tuberías este debe ser soldado en su totalidad a excepción de las uniones con los elementos tales como bombas y elementos de medición su unión se lo realizara mediante bridas.
- Las uniones y empaques deben ser resistentes al aceite y a las temperaturas de trabajo.
- La tubería de conexión del tanque de expansión al sistema, no tiene que ser aislada para asegurar la presencia de aceite frío en el tanque.
- El tanque de expansión debe estar ubicado a una altura superior de los otros componentes que forman el sistema.
- Para la selección del aceite térmico se debe tener en cuenta características como son el alcance térmico de uso, temperatura de película, coeficiente de expansión térmica, capacidad de bombeo.

## Bibliografía

- Holman, J.P. (1999). *Transferencia de calor*. México DF, México: Continental.
- Incropera, F. y Dewitt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. México DF, México: Prentice Hall.
- Kern, D. (1999). *Procesos de transferencia de calor*. Ciudad de México: Continental.
- Chapman, A. (1987). *Transmisión del calor*. Ediciones Interciencia.
- Jaramillo, O. A. (2007). *Intercambiadores de calor*. México: s.e.
- WATLOW, Catalogo. (s.f.). *Thermal component reference guide*. Recuperado 12 julio del 2016, de <http://www.watlow.com/resources-and-support/Technical-Library/Catalogs>
- Calderas de fluido térmico. (s. f.). Recuperado el 15 septiembre 2016, de [http://www.piroblocmexico.com.mx/wp-content/uploads/2013/07/caldera\\_fluido\\_termico.pdf](http://www.piroblocmexico.com.mx/wp-content/uploads/2013/07/caldera_fluido_termico.pdf)
- Medidas y espesores de pared de tubería de línea. (s.f.). Recuperado 11 de octubre del 2016, de <https://es.scribd.com/doc/38033276/4-Espesores-ANSI-B3610>
- FIBERGLAS. Aislamiento para tubería. (s.f.). Recuperado el 20 de octubre del 2016, de <http://www2.owenscorning.com/worldwide/mexico/pdfs/TUBERIA.pdf>
- Rebollo, D. (2014). Transferencia de calor y materia. Recuperado el 21 de octubre del 2016 de <https://sites.google.com/site/tcmdefiunsi/tema-7>
- Gonzales, D. (2002). Intercambiadores de calor tipos generales y aplicaciones. Recuperado el 23 de octubre del 2016 de <https://fransp.files.wordpress.com/2013/07/intercambiadores-de-calor-tipos-generales-y-aplicaciones.pdf>
- SIEMENS. Manual LOGO. (06/2003). Recuperado el 23 de octubre del 2016 de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)
- POWERMASTER. Aceite térmico. (s.f.). Recuperado el 25 de octubre del 2016 de <http://www.powermaster.com.mx/www/informacion/aceite.html>
- Sustitución de central térmica en una fábrica de refinado de aceite y envasado. (s.f.). Recuperado el 27 de octubre del 2016 de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4305/fichero/Cap%C3%ADtulo+4+-+Dise%C3%B1o+de+la+instalaci%C3%B3n.pdf>

## ANEXO 1. Guía para el cálculo de energía requerida para tinajas y hornos.

## Application Guide

### Reference Data

#### Physical Properties of Solids, Liquids and Gases

Continued

Material	Density lb./ft <sup>3</sup>	Specific Heat Btu lb.-°F	*Thermal Conductivity Btu-in hr.-ft <sup>2</sup> -°F	Melting Point °F (Lowest)	Latent Heat of Fusion Btu/lb.	Thermal Expansion in/in°F X10 <sup>-6</sup>
Monel® 400	551	0.11	151	2370		6.4
Muntz Metal (60% Cu, 40% Zn)	523	0.096	852	1680		11.5
Nickel 200	554	0.11	468	2615	1335.8	7.4
Nichrome (80% Ni, 20% Cr)	524	0.11	104.4	2550	7.3	7.8
Platinum	1338	0.32	492	3225	49	4.9
Potassium	750	0.058	720	146	26.2	4.6
Rhodium	776	0.059	636	3570	90	4.7
Silicon	14.5	0.162	600	2570	709	4.2
Silver	655	0.057	2904	1760	38	10.8
Sodium	60	0.295	972	207	49.5	39
Solder (50% Sn, 50% Pb)	552	0.040	336	420	17	13.1
Solder (60% Sn, 40% Pb)	540	0.045	355	375	28	13.3
Steel, Mild Carbon	490	0.12	456	2760		6.7
Steel, Stainless 304, 316, 321	500	0.12	105.6	2550		9.6
Steel, Stainless 430	475	0.11	150	2650		6.0
Tantalum	1036	0.036	372	5425	74.8	3.6
Tin	455	0.056	432	450	26.1	13.0
Titanium	283	0.126	111.6	3035	156.9	4.7
Tungsten	1200	0.032	1130	6170	79	2.5
Type Metal (85% Pb, 15% Sb)	670	0.040	180	500	14	
Uranium	1170	0.028	193.2	3075	22.5	7.4
Zinc	445	0.095	112	787	43.3	22.1
Zirconium	400	0.066	145	3350	108	3.2

\* At or near room temperature

To convert to kg/m<sup>3</sup> multiply lb/ft<sup>3</sup> by 16.02

To convert to kJ/kg multiply Btu/lb by 2.326

To convert to kJ/kg-°C multiply Btu/lb-°F by 4.187

To convert to W/m-°C multiply Btu-in/hr-ft<sup>2</sup>-°F by 0.1442Monel® is a registered trademark of the  
Special Metals Corporation.

# W A T L O W

## Applications Guide

### Reference Data

#### Physical Properties of Solids, Liquids and Gases

Continued

#### Properties of Gases—Ref. 136

Substance	*Density lb./ft <sup>3</sup>	*Specific Heat at Constant Pressure Btu/lb. - °F	*Thermal Conductivity Btu-in. hr.-ft <sup>2</sup> -°F
Acetylene	0.073	0.35	0.129
Air	0.076	0.240	0.18
Alcohol, Ethyl (Vapor)		0.4534	
Alcohol, Methyl (Vapor)		0.4580	
Ammonia	0.044	0.523	0.16
Argon	0.103	0.124	0.12
Butane	0.1623		0.0876
Butylene	0.148		
Carbon Dioxide	0.113	0.199	0.12
Carbon Monoxide	0.078	0.248	0.18
Chlorine	0.184	0.115	0.06
Chloroform		0.1441	0.046
Chloromethane	0.1309	0.24	0.0636
Dichlorodifluoromethane (F-12)	0.329	0.143	0.058
Ethyl Chloride	0.1703		0.066
Ethylene	0.0728	0.40	0.1212
Ethyl Ether		0.4380	0.0924
Helium	0.0104	1.25	1.10
Hydrochloric Acid	0.0946	0.191	
Hydrogen	0.0056	3.43	0.13
Hydrogen Sulfide	0.096	0.2451	0.091
Methane	0.0447	0.60	0.21
Nitric Oxide	0.0779	0.231	0.1656
Nitrogen	0.075	0.249	0.19
Nitrous Oxide	0.1143	0.221	0.1056
Oxygen	0.082	0.218	0.18
Sulfur Dioxide	0.179	0.155	0.07
Water Vapor (212°F)	0.0372	0.482	0.16

Reference Data

#### Properties of Air\*—Ref. 137

Temperature (°F)	Specific Heat (Btu/lb.-°F)	Density (lb./ft <sup>3</sup> )	Temperature (°F)	Specific Heat (Btu/lb.-°F)	Density (lb./ft <sup>3</sup> )
0	0.240	0.086	600	0.252	0.037
50	0.240	0.078	650	0.253	0.036
100	0.240	0.071	700	0.254	0.034
150	0.241	0.065	750	0.256	0.033
200	0.242	0.060	800	0.257	0.032
250	0.243	0.056	850	0.258	0.030
300	0.244	0.052	900	0.260	0.029
350	0.245	0.049	950	0.261	0.028
400	0.247	0.046	1000	0.262	0.027
450	0.248	0.043	1050	0.264	0.026
500	0.249	0.041	1100	0.265	0.025
550	0.250	0.039	1150	0.266	0.025
			1200	0.267	0.024

\* At 60°F and atmospheric pressure (14.7 psia)

To convert to kg/m<sup>3</sup> multiply lb./ft<sup>3</sup> by 16.02

To convert to kJ/kg multiply Btu/lb by 2.326

To convert to kJ/kg-°C multiply

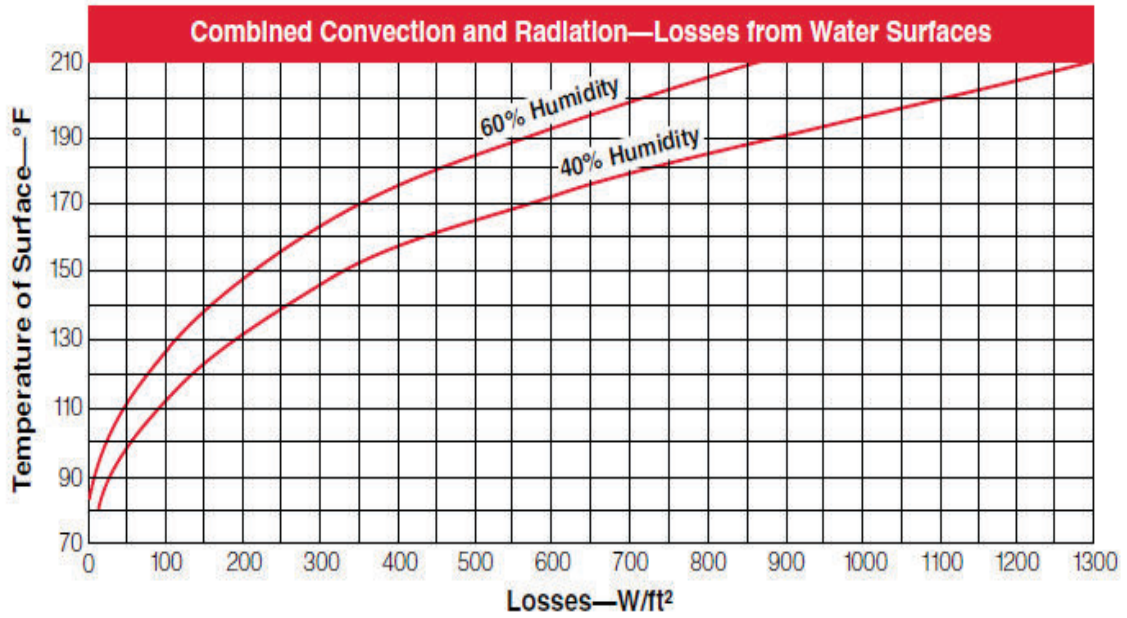
Btu/lb-°F by 4.187

To convert to W/m-°C multiply

BTU-in/hr-ft<sup>2</sup>-°F by 0.1442



Ref. 14



## Application Guide

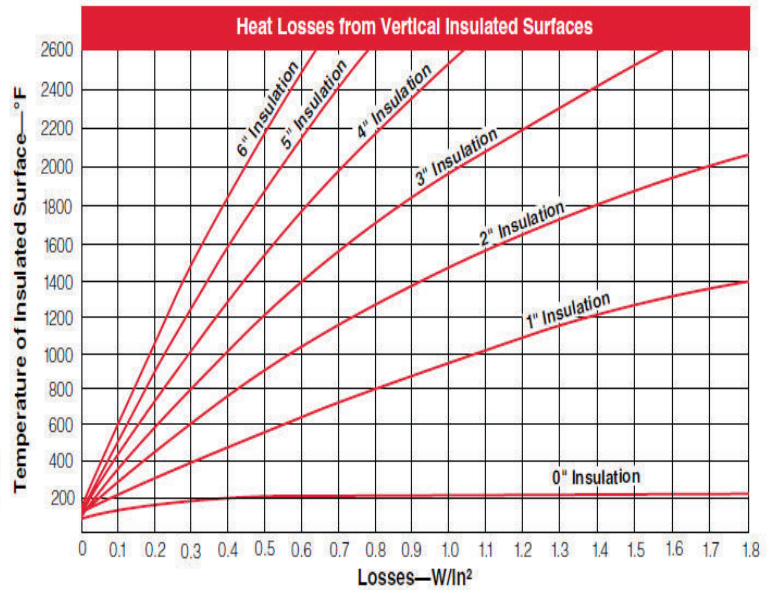
### Electric Heaters

#### Heat Loss Factors and Graphs

Continued

1. Based upon combined natural convection and radiation losses into 70°F environment.
2. Insulation characteristics  
 $k = 0.67$  @ 200°F  
 $k = 0.83$  @ 1000°F.
3. For molded ceramic fiber products and packed or tightly packed insulation, losses will be lower than values shown.  
 For 2 or 3 inches Insulation multiply by 0.84  
 For 4 or 5 inches Insulation multiply by 0.81  
 For 6 inches Insulation multiply by 0.79

Ref. 12



## DENSIDAD DEL AGUA.

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

## CALOR ESPECÍFICO DEL AGUA

**Calor específico del agua entre 0 °C y 100 °C**

[www.vaxasoft.com](http://www.vaxasoft.com)

Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico	
	<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg		<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg		<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg
<b>0</b> (hielo)	1,960	0,468	<b>34</b>	4,178	0,999	<b>68</b>	4,189	1,001
<b>0</b>	4,217	1,008	<b>35</b>	4,178	0,999	<b>69</b>	4,189	1,001
<b>1</b>	4,213	1,007	<b>36</b>	4,178	0,999	<b>70</b>	4,190	1,001
<b>2</b>	4,210	1,006	<b>37</b>	4,178	0,999	<b>71</b>	4,190	1,001
<b>3</b>	4,207	1,005	<b>38</b>	4,178	0,999	<b>72</b>	4,191	1,002
<b>4</b>	4,205	1,005	<b>39</b>	4,179	0,999	<b>73</b>	4,192	1,002
<b>5</b>	4,202	1,004	<b>40</b>	4,179	0,999	<b>74</b>	4,192	1,002
<b>6</b>	4,200	1,004	<b>41</b>	4,179	0,999	<b>75</b>	4,193	1,002
<b>7</b>	4,198	1,003	<b>42</b>	4,179	0,999	<b>76</b>	4,194	1,002
<b>8</b>	4,196	1,003	<b>43</b>	4,179	0,999	<b>77</b>	4,194	1,002
<b>9</b>	4,194	1,002	<b>44</b>	4,179	0,999	<b>78</b>	4,195	1,003
<b>10</b>	4,192	1,002	<b>45</b>	4,180	0,999	<b>79</b>	4,196	1,003
<b>11</b>	4,191	1,002	<b>46</b>	4,180	0,999	<b>80</b>	4,196	1,003
<b>12</b>	4,189	1,001	<b>47</b>	4,180	0,999	<b>81</b>	4,197	1,003
<b>13</b>	4,188	1,001	<b>48</b>	4,180	0,999	<b>82</b>	4,198	1,003
<b>14</b>	4,187	1,001	<b>49</b>	4,181	0,999	<b>83</b>	4,199	1,004
<b>15</b>	4,186	1,000	<b>50</b>	4,181	0,999	<b>84</b>	4,200	1,004
<b>16</b>	4,185	1,000	<b>51</b>	4,181	0,999	<b>85</b>	4,200	1,004
<b>17</b>	4,184	1,000	<b>52</b>	4,182	1,000	<b>86</b>	4,201	1,004
<b>18</b>	4,183	1,000	<b>53</b>	4,182	1,000	<b>87</b>	4,202	1,004
<b>19</b>	4,182	1,000	<b>54</b>	4,182	1,000	<b>88</b>	4,203	1,005
<b>20</b>	4,182	1,000	<b>55</b>	4,183	1,000	<b>89</b>	4,204	1,005
<b>21</b>	4,181	0,999	<b>56</b>	4,183	1,000	<b>90</b>	4,205	1,005
<b>22</b>	4,181	0,999	<b>57</b>	4,183	1,000	<b>91</b>	4,206	1,005
<b>23</b>	4,180	0,999	<b>58</b>	4,184	1,000	<b>92</b>	4,207	1,005
<b>24</b>	4,180	0,999	<b>59</b>	4,184	1,000	<b>93</b>	4,208	1,006
<b>25</b>	4,180	0,999	<b>60</b>	4,185	1,000	<b>94</b>	4,209	1,006
<b>26</b>	4,179	0,999	<b>61</b>	4,185	1,000	<b>95</b>	4,210	1,006
<b>27</b>	4,179	0,999	<b>62</b>	4,186	1,000	<b>96</b>	4,211	1,006
<b>28</b>	4,179	0,999	<b>63</b>	4,186	1,000	<b>97</b>	4,212	1,007
<b>29</b>	4,179	0,999	<b>64</b>	4,187	1,001	<b>98</b>	4,213	1,007
<b>30</b>	4,178	0,999	<b>65</b>	4,187	1,001	<b>99</b>	4,214	1,007
<b>31</b>	4,178	0,999	<b>66</b>	4,188	1,001	<b>100</b>	4,216	1,008
<b>32</b>	4,178	0,999	<b>67</b>	4,188	1,001	<b>100 (gas)</b>	2,080	0,497
<b>33</b>	4,178	0,999						

## Anexo 2. Caldera para aceite térmico



### CALDERAS DE FLUIDO TÉRMICO

#### CALDERAS LÍNEA GFT

Programa de fabricación standard  
para combustibles  
líquidos y gaseosos



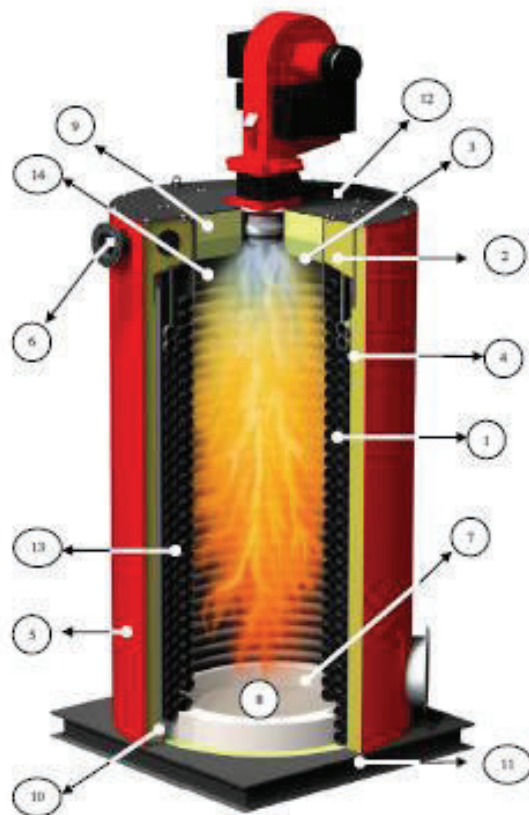
#### Modelos especiales para:

- Ejecución horizontal
- Diferenciales térmicos específicos
- Lavandería industrial
- Aplicaciones concretas
- Comunicación con PC
- Temperatura de servicio hasta 400 ° C
- Combustible glicerina
- Puertas frontal y dorsal abatibles para limpieza
- Otras presiones de servicio

#### Características

- Códigos de diseño: AD-MERKBLÄTTER, DIN4754, EN-13445, ASME
- Marcado CE
- Presión de diseño : 9 bar
- Presión máx. de servicio : 7 bar
- Temperatura de diseño: 400° C
- Temperatura máx. de servicio: 350° C
- Número de serpentines : 2
- Pasos efectivos de humos: 3
- Rendimiento térmico: 87 - 91%
- Calidad material de serpentines: St 35.8.1, BS 3059 , s/DIN 17175



**Esquema caldera fluido térmico**


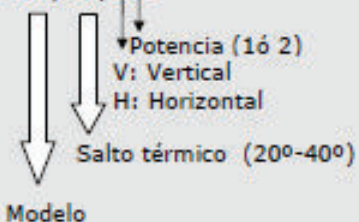
- 1 Serpentin interior
- 2 Tapa serpentines
- 3 Tapa cámara de combustión
- 4 Envoltente interior
- 5 Envoltente exterior
- 6 Bridas de conexionado
- 7 Base cámara de combustión
- 8 Aislamiento de la base
- 9 Fibra cerámica Tritón-Kaowool
- 10 Aislamiento
- 11 Perfiles UPN
- 12 Tapa de la caldera
- 13 Serpentin exterior
- 14 Cierre cámara de combustión

Modelo	Potencia calorífica	
	Kcal/h	kW
GFT-010/xx/x1	100000	116
GFT-010/xx/x2	150000	175
GFT-020/xx/x1	200000	233
GFT-020/xx/x2	300000	350
GFT-040/xx/x1	400000	465
GFT-040/xx/x2	500000	580
GFT-060/xx/x1	750000	870
GFT-060/xx/x2	850000	990
GFT-090/xx/x1	1000000	1160
GFT-090/xx/x2	1200000	1395
GFT-130/xx/x1	1400000	1625
GFT-130/xx/x2	1600000	1860
GFT-170/xx/x2	2000000	2325
GFT-230/xx/x2	2500000	2905
GFT-300/xx/x2	3000000	3488
GFT-400/xx/x2	4000000	4651
GFT-500/xx/x2	5000000	5814
GFT-600/xx/x2	6000000	6977

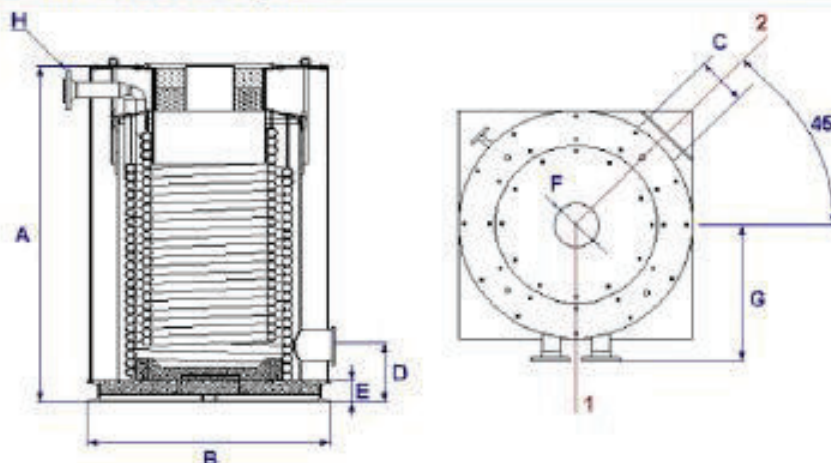
### Código de pedido

Ejemplo:

GFT-020/xx/xx



### Características Principales

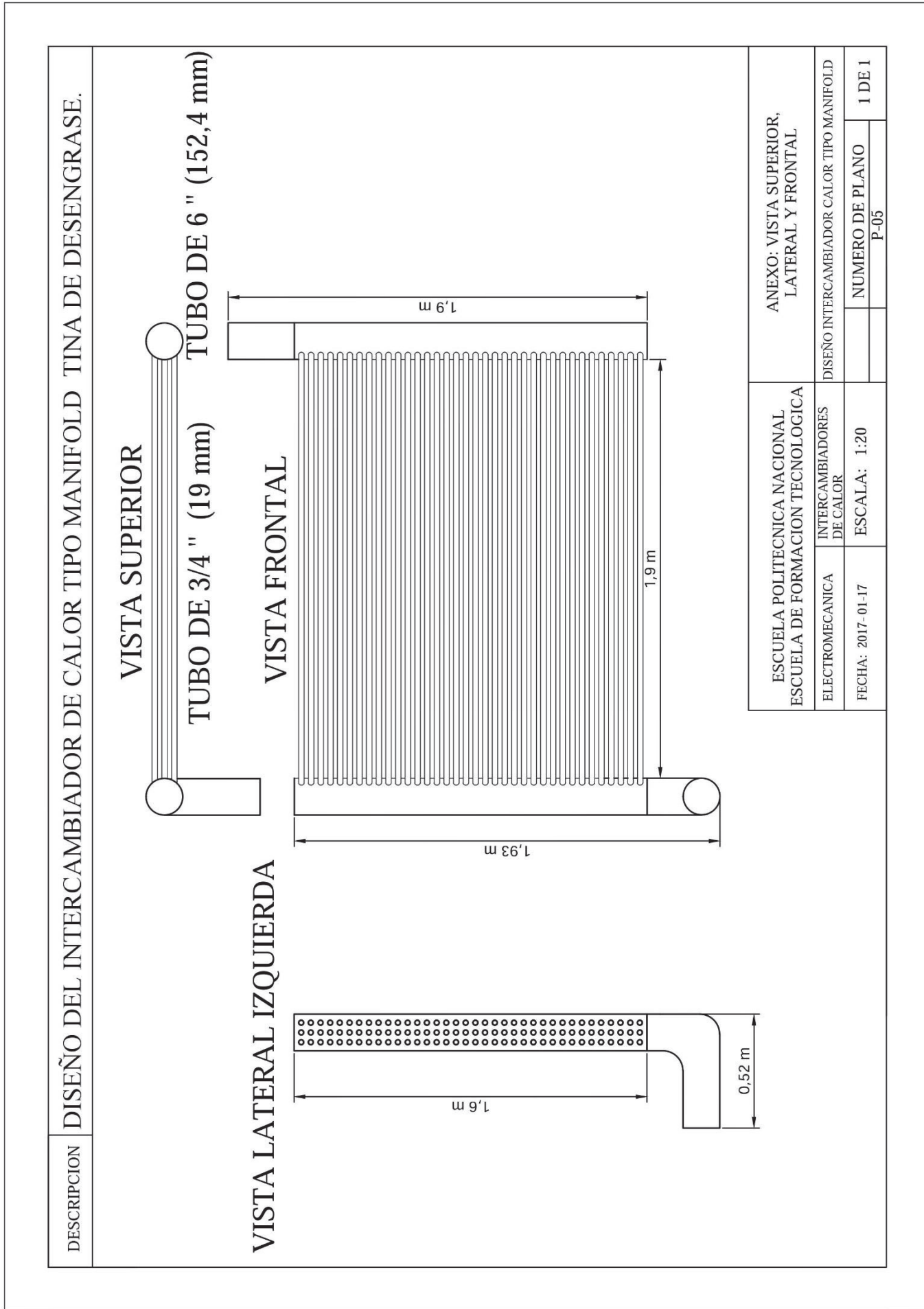


MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	Peso	Capacidad
GFT-010	1320	840	200	175	64	200	425	48.3	650	53
GFT-020	1630	1020	250	250	84	275	625	76.1	940	91
GFT-040	2130	1240	300	300	104	275	720	88.9	1200	168
GFT-060	2660	1450	320	350	125	275	820	114.2	1950	506
GFT-090	3180	1660	400	400	145	275	945	139.7	3900	761
GFT-130	3208	1990	450	450	165	275	1120	165.1	5800	1086
GFT-170	3800	2140	500	500	185	275	1215	165.1	8600	1316
GFT-230	4050	2350	500	500	185	275	1320	219.1	10500	1420
GFT-300	4698	2493	520	550	165	275	1395	219.1	14000	1800
	(mm)								(Kg)	(Litros)

P.I. La Ferrería, c/ del Vapor 46 08110 MONTCADA I REIXAC - Barcelona  
 E-mail: [comercial@pirobloc.com](mailto:comercial@pirobloc.com) <http://www.pirobloc.com>  
 Tel. 00 34 935 650 210 - Fax 00 34 935 650 211

(PT-GFT / v.1) 092006

Anexo 3. Diseño intercambiador de calor tipo Manifold tina desengrase.

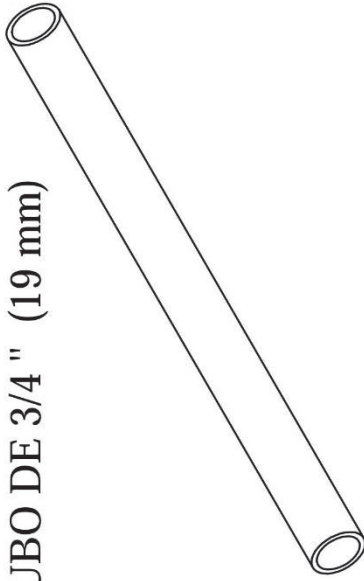




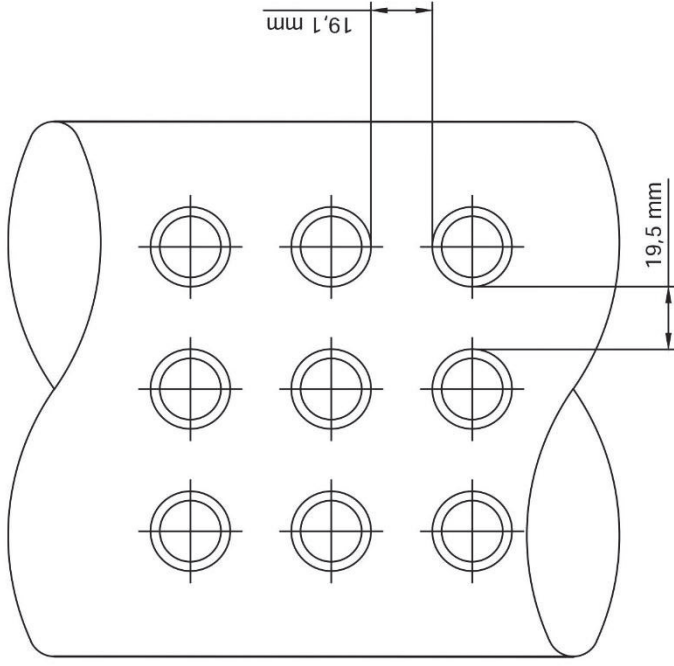
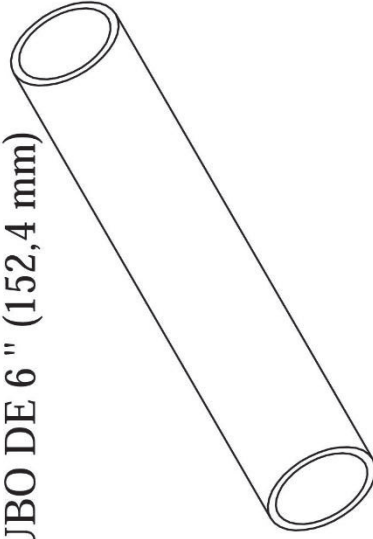
DESCRIPCION **DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DE DESENGRASE.**

ARREGLO DE TUBERIAS 3/4 TIPO CUADRADO EN TUBERIA DE 6 " (152,4 mm).

**TUBO DE 3/4 " (19 mm)**



**TUBO DE 6 " (152,4 mm)**

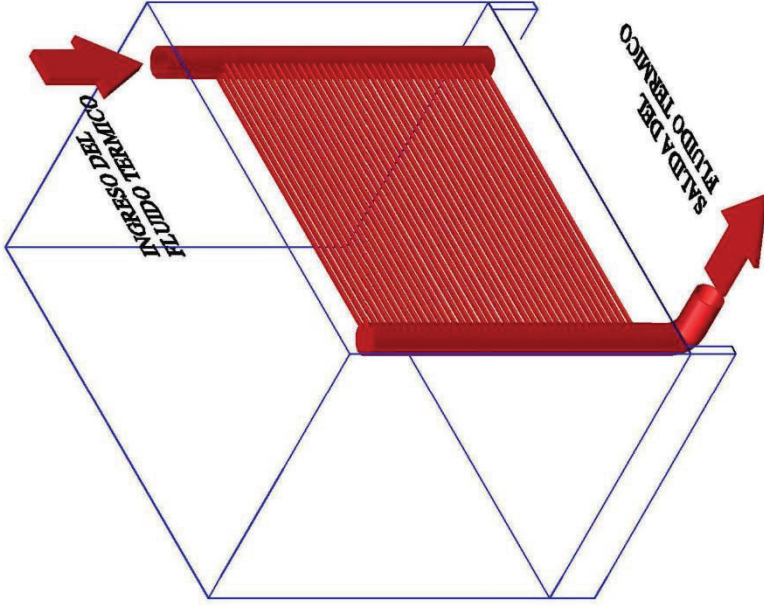


NOTA: LAS TUBERIAS DE UN 3/4 " (19 mm), TIENE UN ARREGLO CUADRADO DE 108 TUBOS DISTRIBUIDOS UNIFORMEMENTE CON UN PITCH=30,93 mm EN EL TUBO DE 6" (152,4 mm).

NOTA: LOS TUBOS SON DE ACERO INOXIDABLE 304, CEDULA 40 Y SUS JUNTAS SERAN SOLDADAS CON ELECTRODO 308.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO: ARREGLO DE TUBERIA DE 3/4 (19 mm)	
ELECTROMECANICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:5	NUMERO DE PLANO	1 DE 2
		P-05	

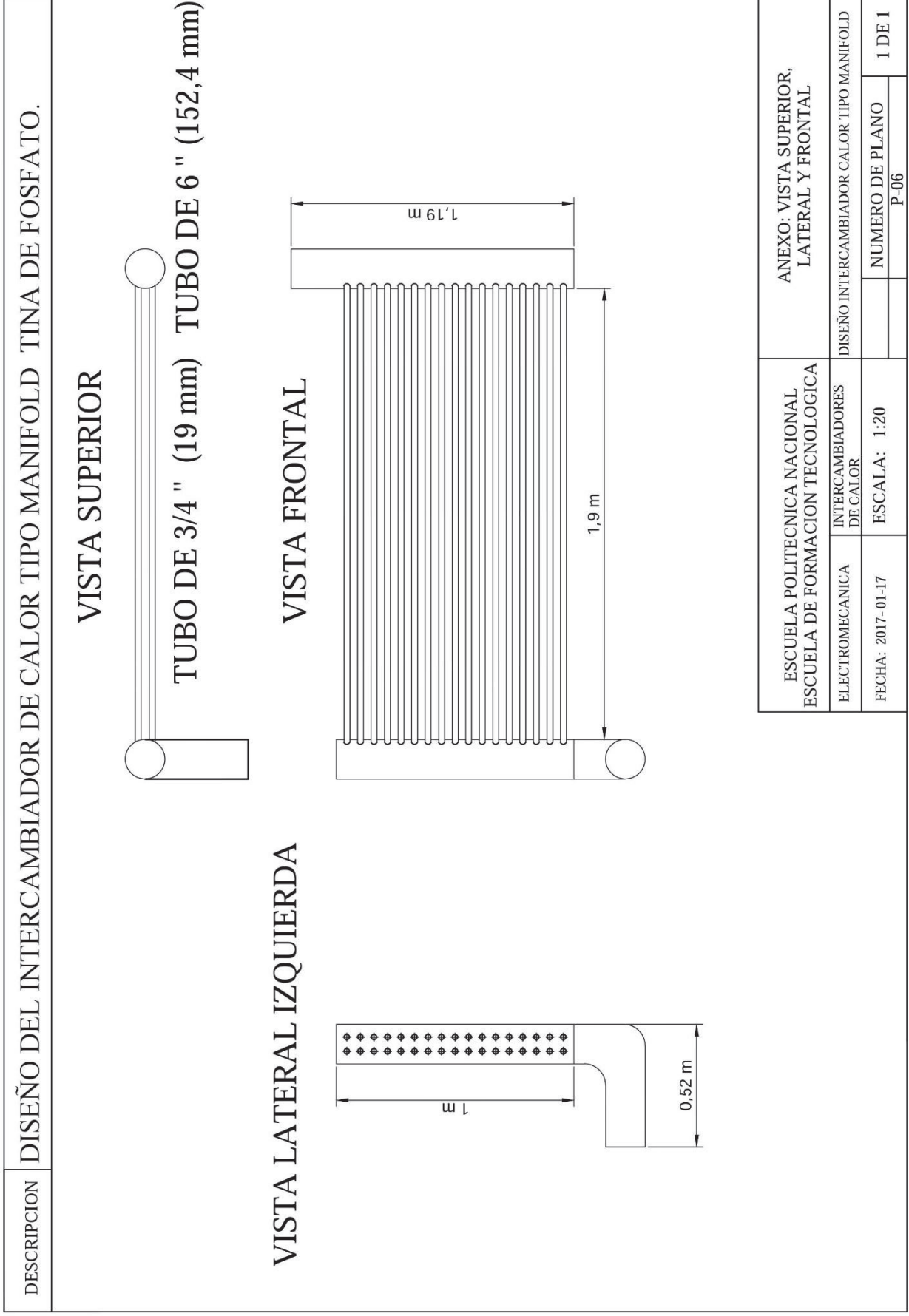
DESCRIPCION DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DE DESENGRASE.



TINA DE DESENGRASE CON SU RESPECTIVO INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD, COLOCADO INTERNAMENTE EN LA PARED LATERAL DE LA TINA.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO: INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DESENGRASE	
ELECTROMECHANICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017- 01-17	ESCALA: 1:20	NUMERO DE PLANO	1 DE 3
		P-05	

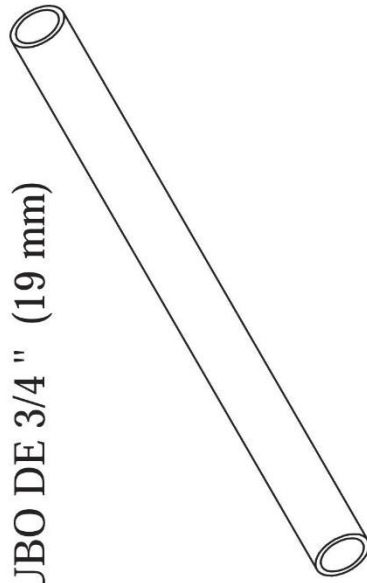
Anexo 4. Diseño intercambiador de calor tipo Manifold tina fosfato.



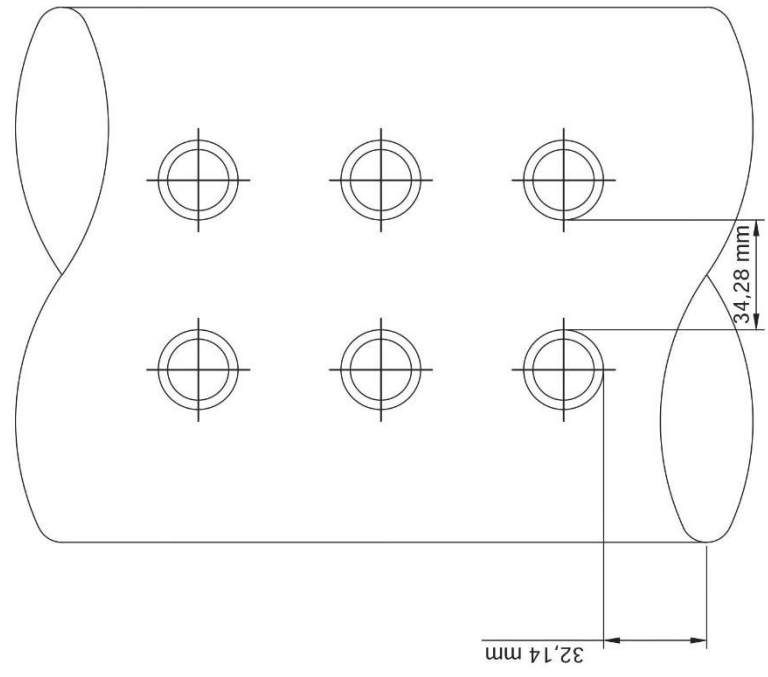
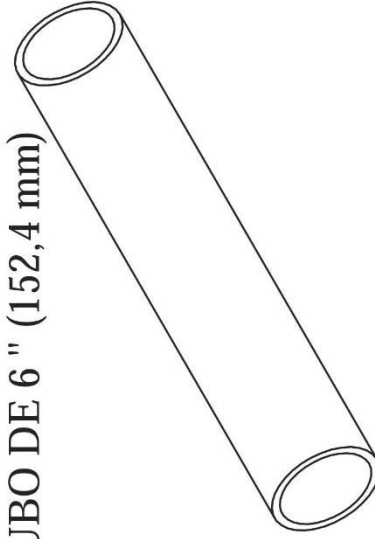
**DESCRIPCION** DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DE FOSFATO.

ARREGLO DE TUBERIAS 3/4 TIPO CUADRADO EN TUBERIA DE 6" (152,4 mm).

**TUBO DE 3/4" (19 mm)**



**TUBO DE 6" (152,4 mm)**

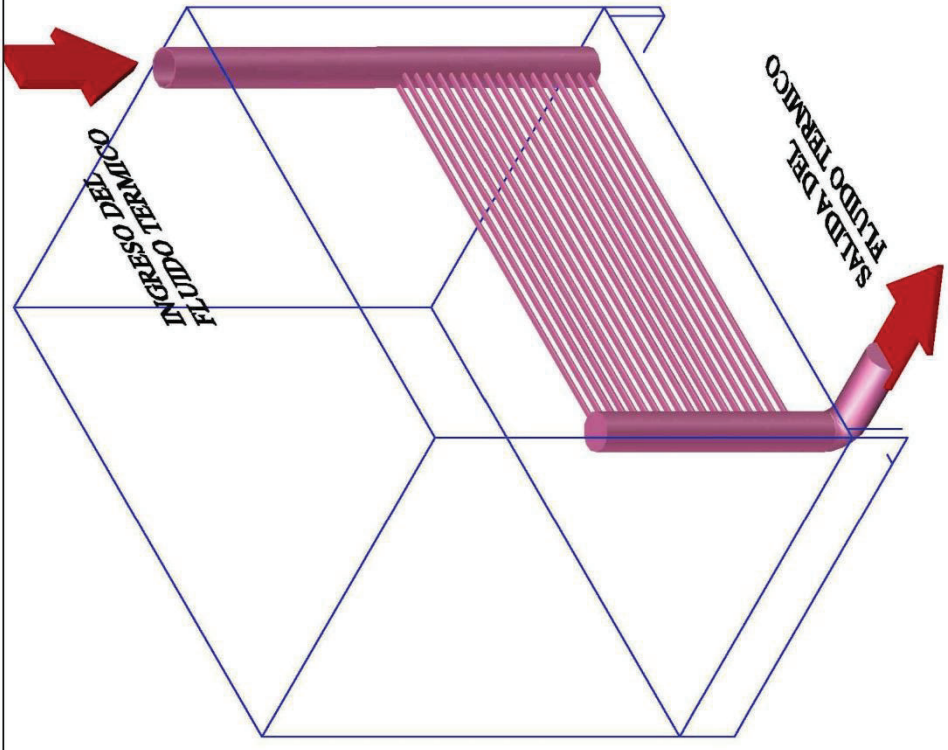


NOTA: LAS TUBERIAS DE UN 3/4" (19 mm), TIENE UN ARREGLO CUADRADO DE 34 TUBOS DISTRIBUIDOS UNIFORMEMENTE CON UN PITCH=30,93 mm EN UN TUBO DE 6" (152,4 mm).

NOTA: LOS TUBOS SON DE ACERO INOXIDABLE 304, CEDULA 40 Y SUS JUNTAS SERAN SOLDADAS CON ELECTRODO 308.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO: ARREGLO DE TUBERIA DE 3/4 (19 mm)	
ELECTROMECANICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:2	NUMERO DE PLANO	1 DE 2
		P-06	

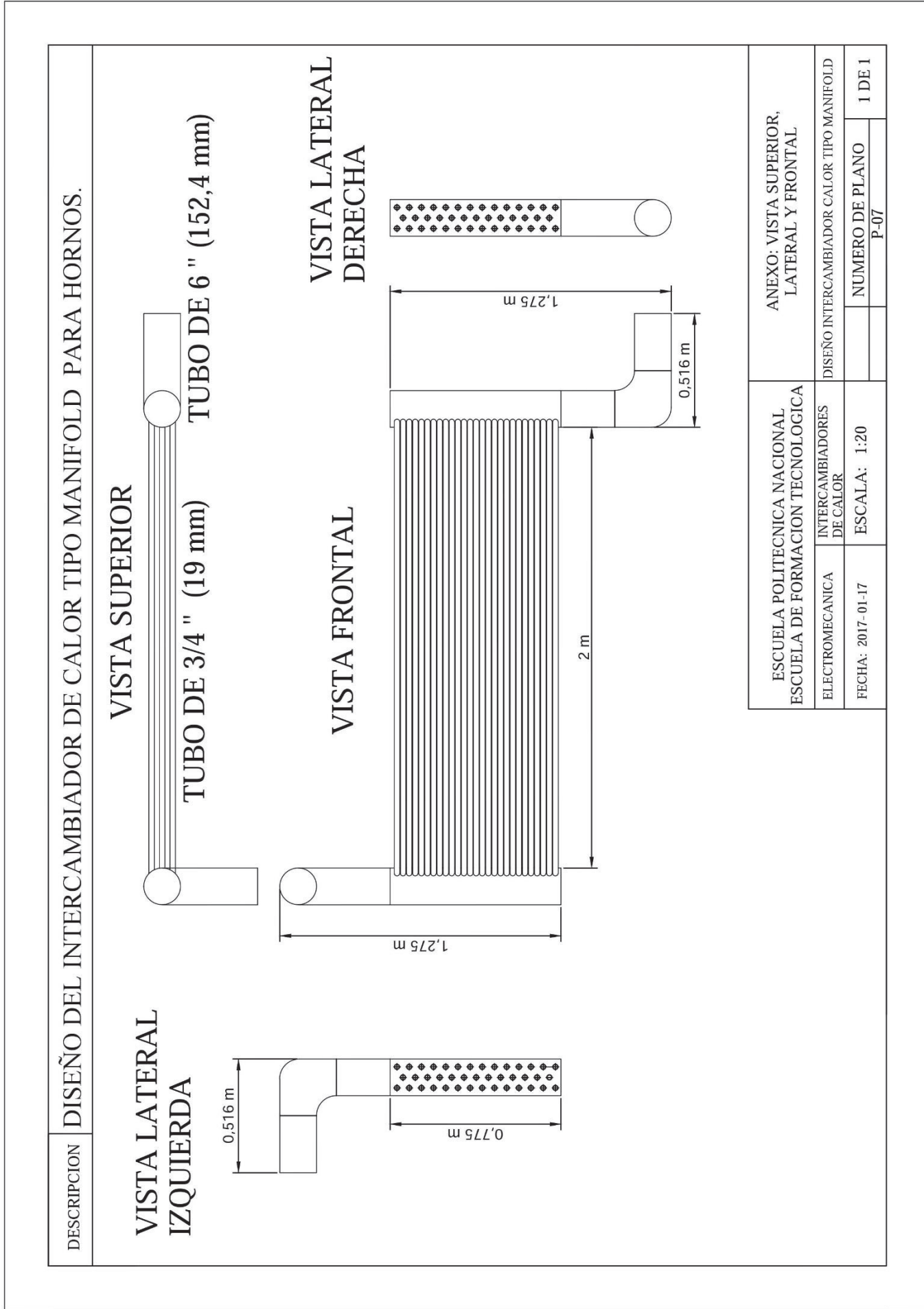
DESCRIPCION DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DE FOSFATO.



TINA DE FOSFATO CON SU RESPECTIVO INTERCABIAADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD, COLOCADO INTERNAMENTE EN LA PARED LATERAL DE LA TINA.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO: INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD TINA DE FOSFATO.	
ELECTROMECANICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017- 01-17	ESCALA: 1:1	NUMERO DE PLANO	1 DE 3
		P-06	

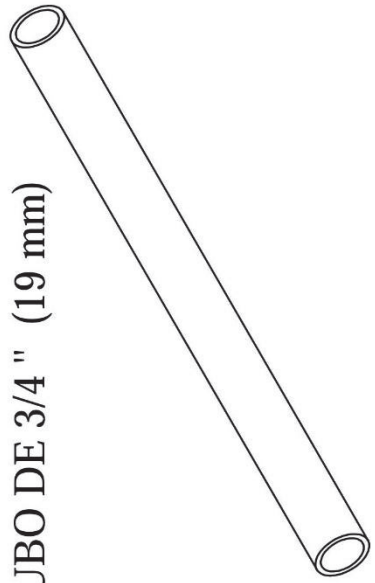
Anexo 5. Diseño intercambiador de calor tipo Manifold para hornos.



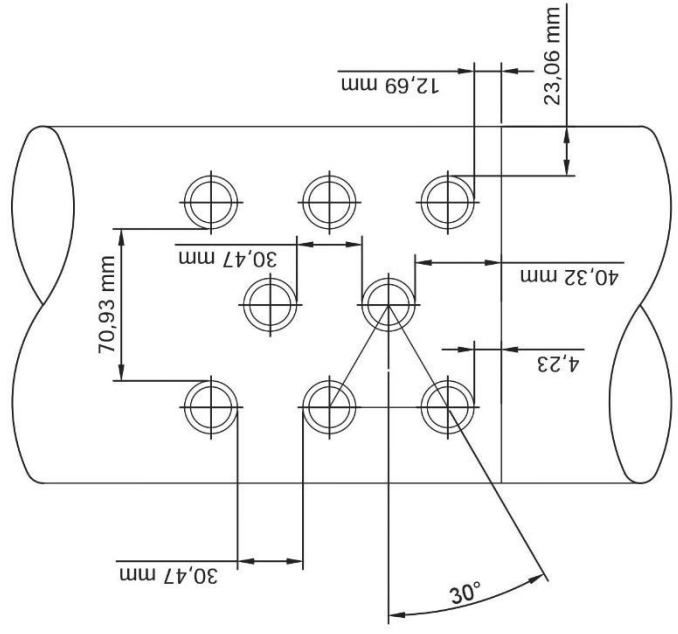
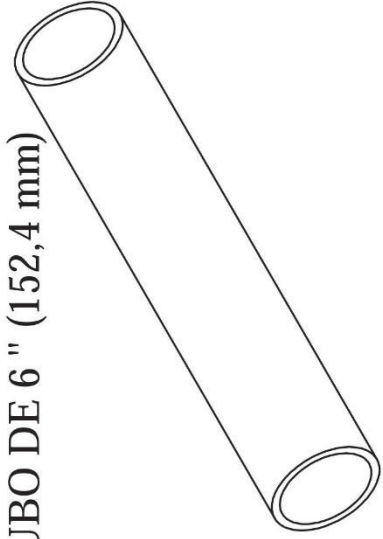
DESCRIPCION **DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD PARA HORNOS.**

ARREGLO DE TUBERIAS 3/4 TIPO TRIANGULAR CON ANGULO DE 30° EN TUBERIA DE 6" (152,4 mm).

**TUBO DE 3/4" (19 mm)**



**TUBO DE 6" (152,4 mm)**

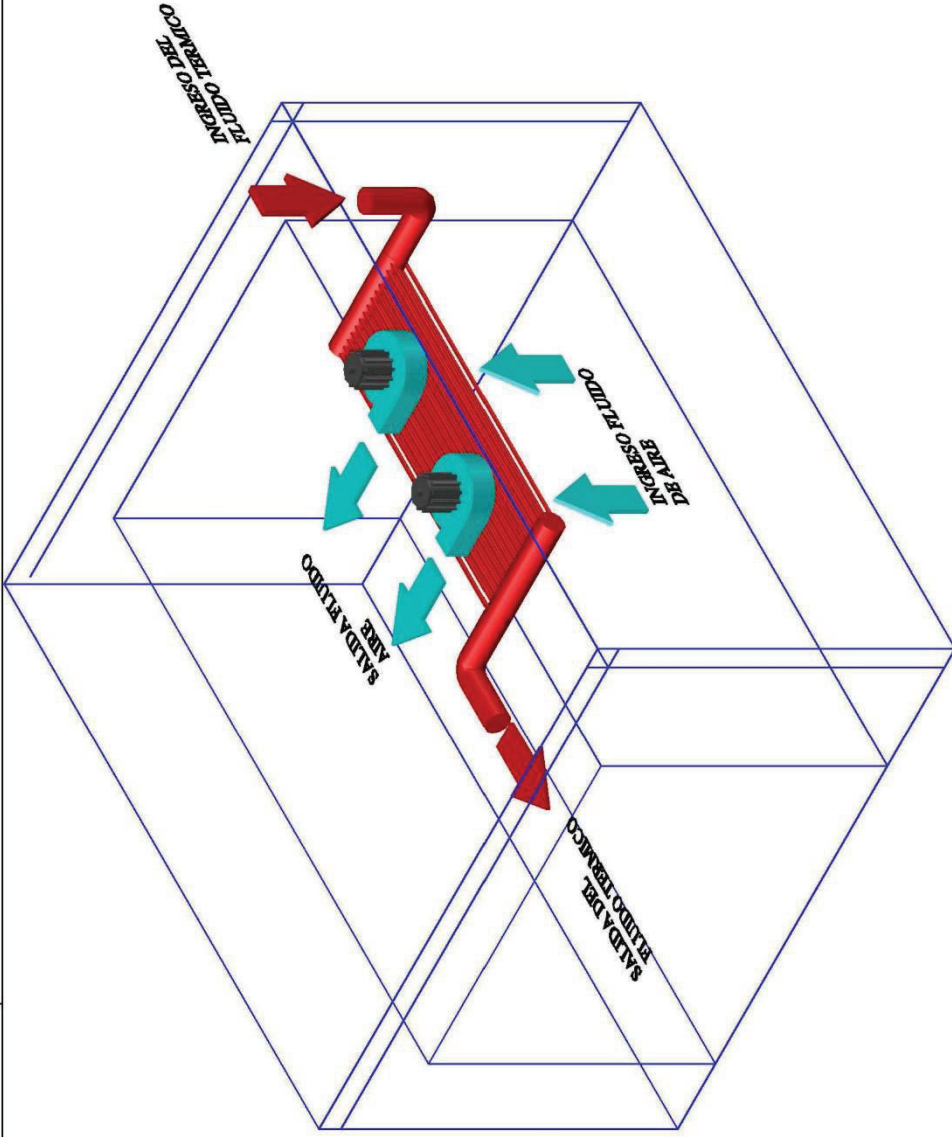


NOTA: LAS TUBERIAS DE UN 3/4" (19 mm), TIENE UN ARREGLO TRIANGULAR DE 50 TUBOS DISTRIBUIDOS UNIFORMEMENTE CON UN ANGULO DE 30° EN UN TUBO DE 6" (152,4 mm).

NOTA: LOS TUBOS SON DE ACERO INOXIDABLE 304, CEDULA 40 Y SUS JUNTAS SERAN SOLDADAS CON ELECTRODO 308.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO: ARREGLO DE TUBERIA DE 3/4 (19 mm)	
ELECTROMECANICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:3	NUMERO DE PLANO	1 DE 2
		P-07	

DESCRIPCION DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD PARA HORNOS.



HORNO DE PINTURA, CON SU RESPECTIVO INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD, COLOCADO ADECUADAMENTE EN LA ZONA DE CALENTAMIENTO DEL HORNO.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA		ANEXO: INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO MANIFOLD PARA HORNOS.	
ELECTROMECÁNICA	INTERCAMBIADORES DE CALOR	DISEÑO INTERCAMBIADOR CALOR TIPO MANIFOLD	
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:20	NUMERO DE PLANO	1 DE 3
		P-07	





Anexos 7. Aislante térmico

**Espesores Recomendados**  
**Aislamiento para Tubería Fibreglas®**  
**Tuberías Calientes Ta= 25 °C (77 °F)<sup>1</sup>**

TEMP. OPERACION		HASTA 65°C (150°F)				HASTA 121°C (250°F)				HASTA 177°C (350°F)				HASTA 232°C (450°F)					
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.	
pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F
1/2	12.7	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	104.0
3/4	19.1	1	25.4	8.95	8.60	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	42.2	108.0
1	25.4	1	25.4	9.28	8.92	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.03	34.2	93.5	1	25.4	45.2	43.45	40.6	105.0
1 1/2	38.0	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1	25.4	46.5	44.70	36.8	98.2
2	51.0	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1	25.4	53.0	50.95	37.1	98.7
3	76.0	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	98.2	1	25.4	70.3	67.58	38.3	101.0
4	102.0	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	98.6	2	50.8	69.7	67.01	35.7	96.2
6	152.0	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	64.03	34.3	93.8	2	50.8	94.4	90.75	36.6	97.8
8	203.0	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	77.29	34.3	93.8	2	50.8	116.0	111.52	37	98.6
10	254.0	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	90.56	34.2	93.9	2	50.8	137.0	131.71	37.1	98.7
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	39.03	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	104.79	34.4	93.9	2	50.8	158.0	151.90	37.3	99.1
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	44.99	29.2	84.6	2	50.8	99.0	95.18	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	143.24	35.6	96.1
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	50.76	29.3	84.7	2	50.8	110.0	105.75	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	160.55	35.8	96.4
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	56.53	29.1	84.4	2	50.8	124.0	119.21	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	177.85	35.9	96.7
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	62.39	29.3	84.8	2	50.8	136.0	130.75	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	195.16	36.1	96.9
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	73.93	29.4	84.9	2	50.8	161.0	154.78	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	229.77	36.2	97.2
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	77.87	29.3	84.8	2	50.8	170.4	163.82	33.1	91.5	2 1/2	63.5	254.7	244.86	36.2	97.2
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	83.54	29.3	84.8	2	50.8	182.5	175.45	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	261.01	36.2	97.2
30	762.0	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	156.70	31.8	89.2	3	76.0	250.0	240.34	34.7	94.4

TEMP. OPERACION		HASTA 287°C (550°F)				HASTA 343°C (650°F)				HASTA 399°C (750°F)				HASTA 454°C (850°F)					
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.	
pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h.ft	W/m	°C	°F
1/2	12.7	2	50.8	67.0	64.41	44.4	112.0	2	50.8	82.2	79.02	44.4	112.0	2	50.8	110.00	105.75	50	122.0
3/4	19.1	2	50.8	77.7	74.70	47.2	117.0	2	50.8	93.6	89.98	46.7	116.0	2	50.8	126.00	121.13	52.8	127.0
1	25.4	2	50.8	72.5	69.70	44.1	106.0	2	50.8	100.7	96.81	46.1	115.0	2 1/2	63.5	142.00	137.29	46.7	116.0
1 1/2	38.0	2	50.8	83.9	80.66	40.6	105.0	2	50.8	116.6	112.10	45.6	114.0	2 1/2	63.5	142.00	136.51	46.7	116.0
2	51.0	2	50.8	102.0	98.06	43.3	110.0	2 1/2	63.5	142.1	136.61	49.4	121.0	3	76.0	169.00	162.47	50.6	123.0
3	76.0	2	50.8	134.0	128.82	45.6	114.0	2 1/2	63.5	161.5	155.26	47.2	117.0	3	76.0	194.00	186.51	48.3	119.0
4	102.0	2	50.8	159.4	153.24	46.7	116.0	2 1/2	63.5	191.1	183.72	48.3	119.0	3	76.0	225.00	216.31	49.4	121.0
6	152.0	2 1/2	63.5	184.0	176.89	43.9	111.0	3	76.0	224.4	215.73	46.1	115.0	3	76.0	302.00	290.33	52.2	126.0
8	203.0	2 1/2	63.5	217.0	208.62	43.9	111.0	3	76.0	164.7	158.34	46.1	115.0	3 1/2	89.0	319.00	306.68	66.7	120.0
10	254.0	2 1/2	63.5	264.0	253.80	45.0	113.0	3	76.0	319.5	307.16	47.8	118.0	4	102.0	383.00	368.20	50	122.0
12	304.0	2 1/2	63.5	304.0	292.26	45.6	114.0	3	76.0	366.6	352.44	48.3	119.0	4	102.0	438.00	421.08	50.6	123.0
14	356.0	3	76.0	293.0	281.68	43.3	110.0	3	76.0	406.8	391.08	49.4	121.0	4	102.0	483.00	464.34	51.7	125.0
16	406.0	3	76.0	328.0	315.33	43.9	111.0	3 1/2	89.0	401.1	385.60	46.1	115.0	4	102.0	472.00	453.77	48.3	119.0
18	457.0	3	76.0	362.0	348.02	43.9	111.0	3 1/2	89.0	443.0	425.89	46.7	116.0	4	102.0	520.00	499.91	48.9	120.0
20	508.0	3 1/2	89.0	349.0	335.52	41.7	107.0	4	102.0	484.7	465.98	47.2	117.0	4	102.0	568.00	546.06	48.9	120.0
24	610.0	3 1/2	89.0	409.0	393.20	41.7	107.0	4	102.0	494.4	475.30	44.4	109.0	4	102.0	664.00	638.35	50.6	122.0
26	660.0	3 1/2	89.0	434.0	417.23	41.7	107.0	4	102.0	538.9	518.08	42.8	108.0	4	102.0	724.00	696.03	50.6	123.0
28	711.0	3 1/2	89.0	464.0	446.07	42.2	108.0	4	102.0	575.1	552.88	45.0	113.0	4	102.0	773.00	743.14	50.6	123.0
30	762.0	4	102.0	432.0	415.31	40.0	104.0	4 1/2	114.3	559.0	537.40	43.3	110.0	4 1/2	114.3	751.00	721.99	48.3	119.0

E.R.: ESPESOR RECOMENDADO  
 T.S.: TEMPERATURA DE SUPERFICIE APROXIMADA

P.C.: PÉRDIDA DE CALOR  
 Ta.: TEMPERATURA AMBIENTE

\* Estos valores son una referencia para cálculos específicos con los valores indicados. Para mayor información, favor de consultar a su representante de ventas, que con gusto responderá a todas sus preguntas.

**Espesores Recomendados  
Aislamiento para Tubería Fiberglas®  
Tuberías Frías Ta = 25 °C (77 °F)<sup>2</sup>**

Humedad relativa 80%

TEMP. OPERACION DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	112.22°C (10°F)				-6.66°C (20°F)				-1.11°C (30°F)				4.44°C (40°F)				10°C (50°F)						
	E.S.		P.C.		T.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		
	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	
1/2	12.7	1	25.4	5.9	5.67	21.9	71.5	4.90	22.3	73.0	4.13	22.8	73.0	4.13	22.8	73.0	4.13	22.8	73.0	4.13	22.8	73.0	
3/4	19.1	1 1/2	38.0	5.6	5.38	22.8	73.1	5.88	23.1	73.1	5.1	4.90	22.3	72.2	1	25.4	5.1	4.90	22.3	72.2	1	25.4	
1	25.4	1 1/2	38.0	6.1	5.86	22.9	73.2	6.3	6.06	22.2	72	1	25.4	5.3	5.10	22.7	72.8	1	25.4	4.2	4.04	23.1	73.6
1 1/2	38.0	1 1/2	38.0	7.6	7.31	22.6	72.7	8.36	22.6	72.6	1 1/2	38.0	6.5	6.54	22.4	72.3	1	25.4	5.4	5.19	22.9	73.2	
2	51.0	1 1/2	38.0	8.7	8.36	22.6	72.6	9.52	22.9	73.2	1	25.4	8.0	7.69	22.3	72.1	1	25.4	6.4	6.15	22.8	73.0	
3	76.0	1 1/2	38.0	11.5	11.06	22.3	72.1	13.08	22.5	72.5	1	25.4	10.8	10.38	22	71.6	1	25.4	4.3	4.13	24.2	75.6	
4	102.0	1 1/2	38.0	13.9	13.36	22.1	71.8	15.44	22.5	72.5	1	25.4	13.0	12.50	21.9	71.5	1	25.4	10.3	9.90	22.6	72.6	
6	152.0	1 1/2	38.0	19.7	18.94	21.8	71.2	21.2	22.2	72.0	1 1/2	38.0	14.0	13.46	22.7	72.8	1	25.4	15.2	14.61	22.2	72.0	
8	203.0	1 1/2	38.0	23.8	22.88	21.8	71.2	25.8	22.2	72.0	1 1/2	38.0	16.9	16.25	22.7	72.8	1	25.4	19.0	18.27	22.2	71.9	
10	254.0	1 1/2	38.0	27.9	26.82	21.8	71.2	30.4	22.2	72.0	1 1/2	38.0	19.8	19.04	22.7	72.8	1	25.4	24.5	23.55	21.9	71.4	
12	304.0	1 1/2	38.0	32.4	31.15	21.8	71.2	35.1	22.2	72.0	1 1/2	38.0	23.0	22.11	22.6	72.7	1	25.4	28.5	27.51	22.2	72.0	
14	356.0	2	50.8	38.4	36.9	22.3	72.2	42.1	22.2	72.0	1 1/2	38.0	26.5	25.48	22.4	72.4	1	25.4	31.0	29.80	21.8	71.3	
16	406.0	2	50.8	44.1	42.4	22.3	72.1	48.1	22.2	72.0	1 1/2	38.0	30.0	28.84	22.4	72.3	1	25.4	35.1	33.74	21.8	71.3	
18	457.0	2	50.8	49.8	47.9	22.3	72.1	53.8	22.2	72.0	1 1/2	38.0	33.6	32.30	22.4	72.3	1	25.4	39.2	37.69	21.8	71.3	
20	508.0	2	50.8	55.6	53.5	22.3	72.1	59.5	22.2	72.0	1 1/2	38.0	37.2	35.88	22.4	72.3	1	25.4	43.3	41.63	21.8	71.2	
24	610.0	2	50.8	66.3	63.9	22.3	72.1	70.2	22.2	72.0	1 1/2	38.0	44.3	42.59	21.9	71.4	1 1/2	38.0	48.5	46.51	21.8	71.2	
26	660.0	2	50.8	72.1	69.5	22.3	72.1	76.1	22.2	72.0	1 1/2	38.0	48.8	46.55	21.9	71.4	1 1/2	38.0	52.9	50.47	21.8	71.2	
28	711.0	2	50.8	78.0	75.2	22.3	72.1	82.0	22.2	72.0	1 1/2	38.0	53.3	51.16	21.9	71.4	1 1/2	38.0	57.7	55.31	21.9	71.4	
30	762.0	2	50.8	83.8	80.9	22.3	72.1	88.0	22.2	72.0	1 1/2	38.0	58.3	57.01	21.9	71.4	1 1/2	38.0	62.8	60.43	21.8	71.2	

Humedad relativa 90%

TEMP. OPERACION DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	112.22°C (10°F)				-6.66°C (20°F)				-1.11°C (30°F)				4.44°C (40°F)				10°C (50°F)												
	E.S.		P.C.		T.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.								
	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.							
1/2	12.7	1	25.4	3.7	3.56	24.1	75.3	3.0	2.88	24.0	75.2	2.7	2.60	23.9	75.0	2.7	2.60	23.9	75.0	2.7	2.60	23.9	75.0						
3/4	19.1	1 1/2	38.0	4.2	4.04	23.9	75.1	3.6	3.46	24.1	75.3	3.5	3.38	23.8	74.9	3.2	3.08	23.7	74.7	3.2	3.08	23.7	74.7						
1	25.4	1 1/2	38.0	4.7	4.52	23.8	74.8	4.1	3.94	23.9	75.1	3.7	3.56	23.9	75.0	4.2	4.04	23.1	73.6	4.2	4.04	23.1	73.6						
1 1/2	38.0	3	76.0	5.0	4.81	24.0	75.2	4.5	4.32	23.9	75.1	4.5	4.33	23.9	75.0	2	50.8	3.4	3.27	24.1	75.4	3.2	3.08	23.9	75.1				
2	51.0	3	76.0	6.0	5.77	23.6	74.9	5.6	5.38	23.4	74.2	2	50.0	4.5	4.30	23.7	74.6	4.2	4.04	23.9	75.1	4.2	4.04	23.9	75.0				
3	76.0	3	76.0	7.5	7.21	23.7	74.6	6.5	6.25	24.1	75.3	2 1/2	63.5	6.0	5.77	23.8	74.9	2	50.8	5.4	5.19	23.8	74.8	2	50.8	5.19	23.8	74.8	
4	102.0	3 1/2	89.0	8.0	7.69	23.8	74.9	7.5	7.21	23.8	74.9	2 1/2	63.5	7.1	6.83	23.8	74.8	2	50.8	6.5	6.25	23.7	74.7	2	50.8	6.5	6.25	23.7	74.7
6	152.0	3 1/2	89.0	10.3	9.90	23.7	74.7	10.0	9.61	23.7	74.6	3	76.0	8.3	7.98	23.9	75.0	2 1/2	63.5	7.5	7.21	23.9	75.0	2	50.8	8.0	7.69	24.0	75.2
8	203.0	4	102.0	12.4	11.92	23.7	74.6	12.1	11.61	23.8	74.9	3 1/2	89.0	9.8	9.42	23.9	75.0	2 1/2	63.5	8.8	8.46	23.9	75.0	2	50.8	9.3	8.94	23.9	75.1
10	254.0	4	102.0	14.8	14.31	23.8	74.8	14.5	14.01	23.8	74.8	3	76.0	11.8	11.34	23.8	74.8	2 1/2	63.5	10.7	10.29	23.8	74.9	2	50.8	10.8	10.38	23.8	75.0
12	304.0	4	102.0	16.5	15.86	23.7	74.7	16.2	15.56	23.7	74.6	3 1/2	89.0	13.4	12.81	23.8	74.8	2 1/2	63.5	12.4	11.92	23.8	74.9	2	50.8	12.2	11.73	23.8	74.9
14	356.0	4	102.0	18.3	17.59	23.7	74.6	18.0	17.30	23.8	74.9	3	76.0	15.0	14.42	23.7	74.7	2 1/2	63.5	13.8	13.27	23.7	74.7	2	50.8	13.7	13.17	23.8	74.8
16	406.0	4	102.0	20.1	19.29	23.8	74.8	19.8	19.10	23.8	74.9	3 1/2	89.0	16.8	16.15	23.7	74.6	2 1/2	63.5	15.5	14.90	23.7	74.7	2	50.8	15.3	14.71	23.8	74.8
18	457.0	4 1/2	114.3	21.6	20.81	23.8	74.8	21.3	20.52	23.8	74.9	4	102.0	18.3	17.53	23.8	74.9	3 1/2	89.0	17.2	16.54	23.7	74.7	2	50.8	17.1	16.41	23.8	74.8
20	508.0	4 1/2	114.3	23.0	22.19	23.8	74.8	22.7	21.90	23.8	74.9	4	102.0	19.8	19.01	23.8	74.9	3 1/2	89.0	18.9	18.17	23.7	74.6	2	50.8	18.8	18.04	23.8	74.8
24	610.0	4 1/2	114.3	24.0	23.07	23.7	74.7	23.7	22.88	23.8	74.8	4	102.0	21.1	20.19	23.8	74.9	3 1/2	89.0	20.2	19.26	23.7	74.6	2	50.8	19.8	19.04	23.8	74.8
26	660.0	4 1/2	114.3	25.4	24.42	23.7	74.7	25.1	24.13	23.8	74.8	4	102.0	22.4	21.53	23.8	74.9	3 1/2	89.0	21.5	20.62	23.7	74.6	2	50.8	21.0	20.19	23.8	74.8
28	711.0	4 1/2	114.3	27.1	26.05	23.7	74.7	26.8	25.71	23.7	74.7	4	102.0	25.7	24.71	23.7	74.7	3 1/2	89.0	23.9	22.98	23.8	74.8	2	50.8	22.5	21.63	23.8	74.8
30	762.0	4 1/2	114.3	29.1	27.98	23.7	74.6	28.8	27.62	23.8	74.8	4	102.0	28.8	27.62	23.8	74.8	3 1/2	89.0	25.6	24.61	23.8	74.6	2	50.8	24.4	23.46	23.7	74.7

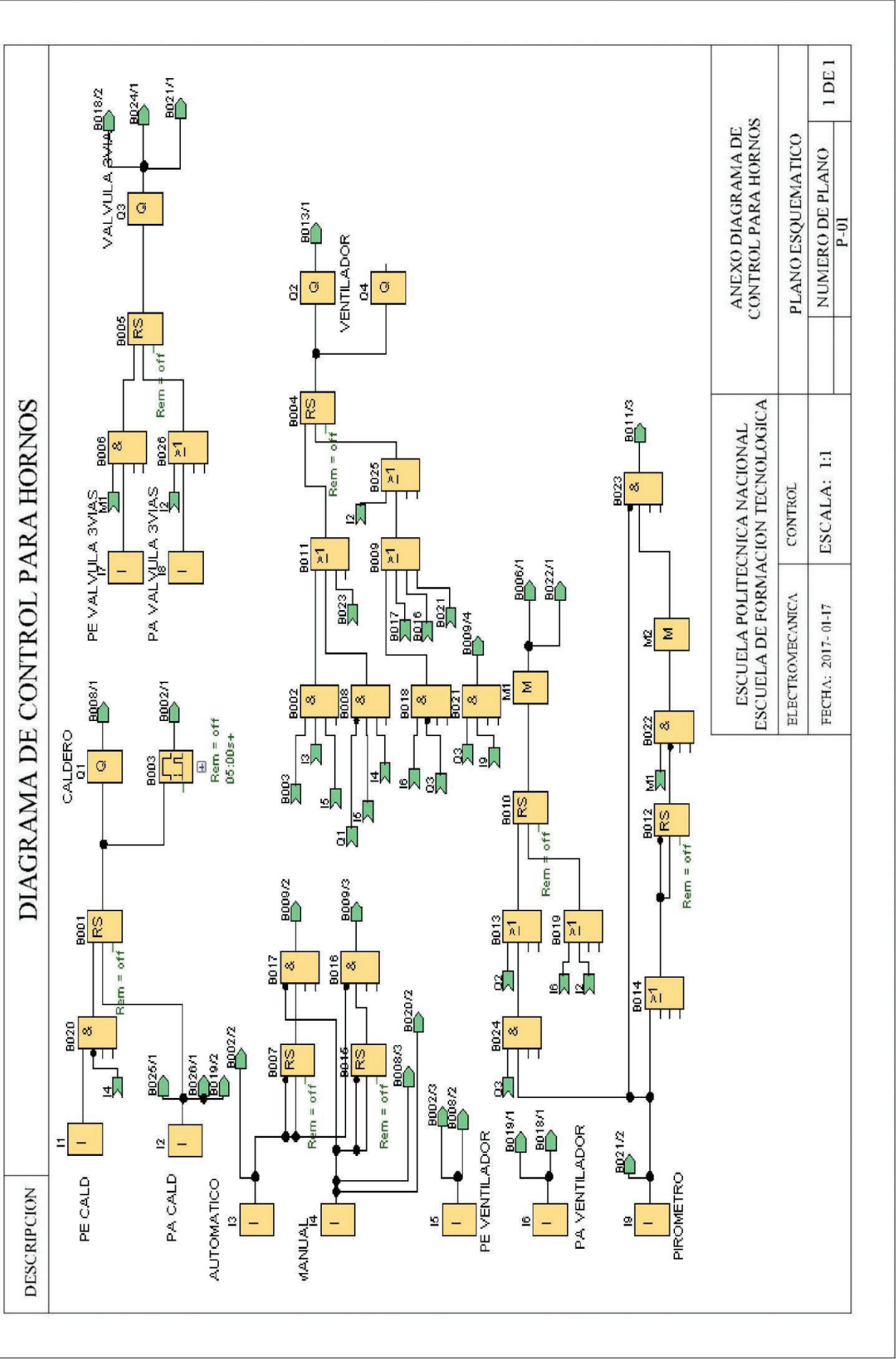
<sup>2</sup> Estos valores son una referencia para cálculos específicos con los valores indicados. Para mayor información, favor de consultar a su representante de ventas, que con gusto responderá a todas sus preguntas.



**Aislamiento para Tubería**

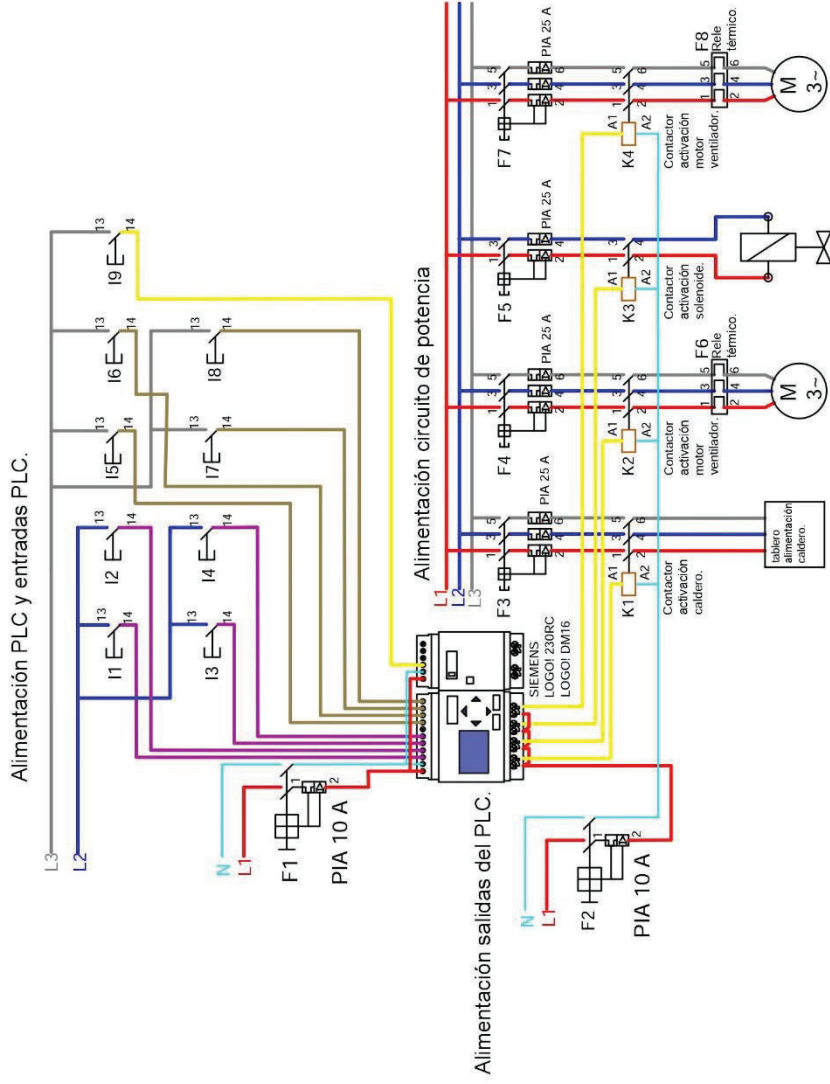


Anexo 8. Diagrama de control y fuerza horno



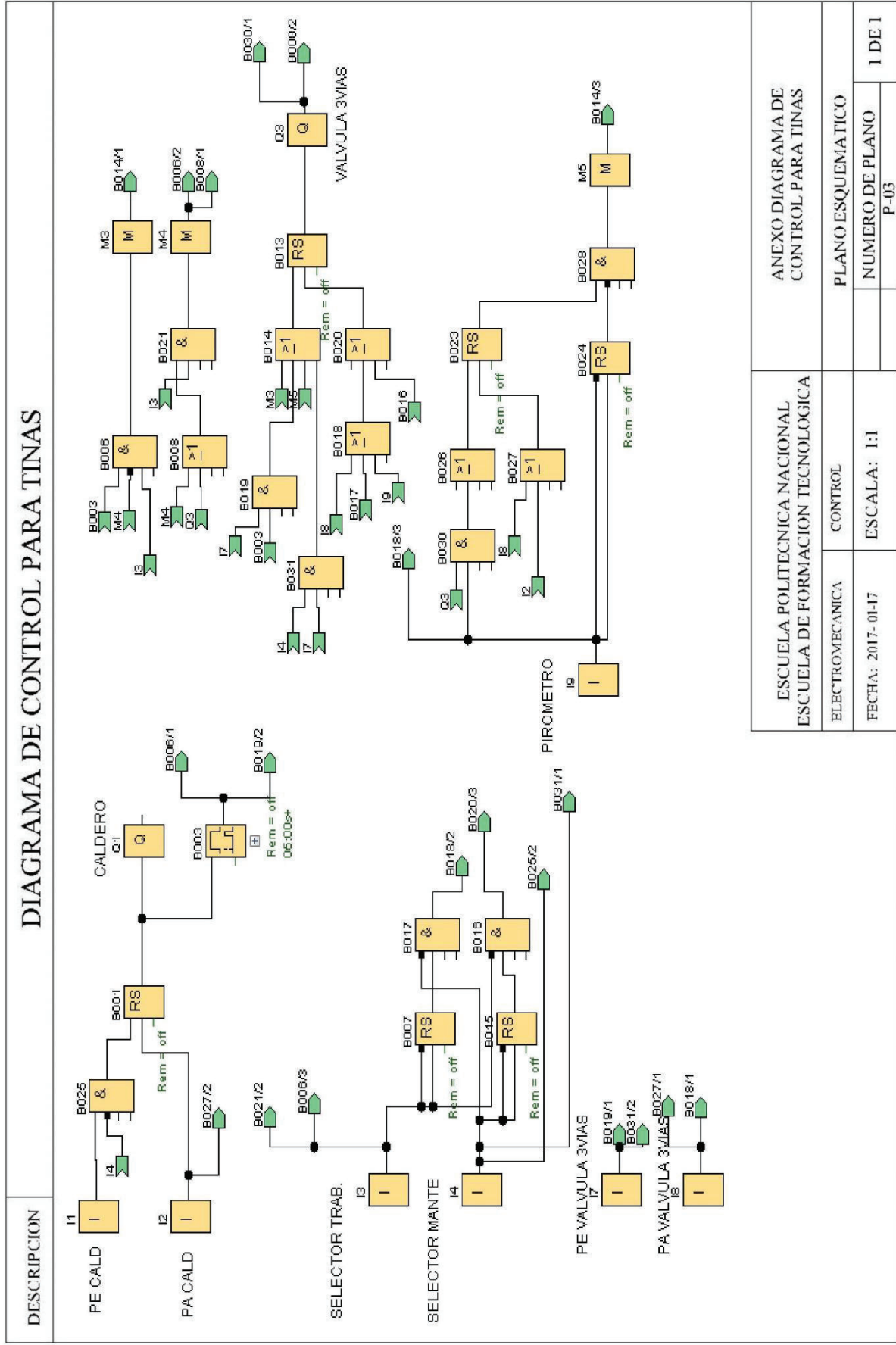
# DIAGRAMA DE FUERZA PARA HORNOS

DESCRIPCION



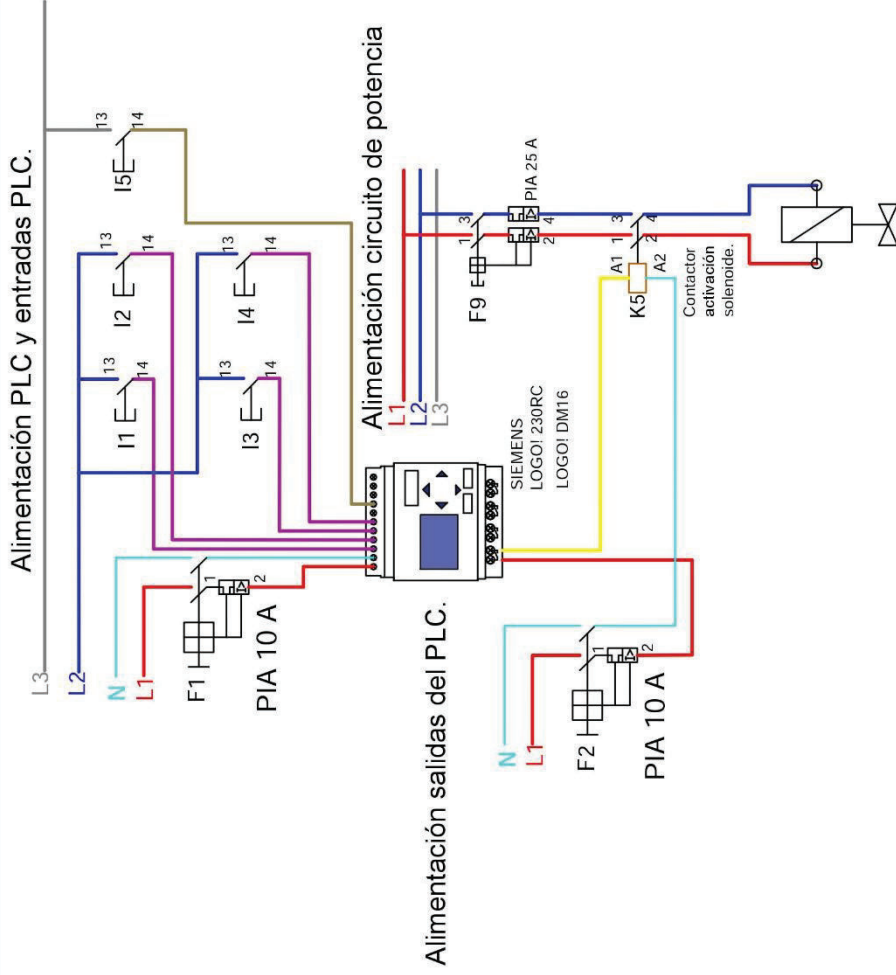
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA		ANEXO DIAGRAMA DE FUERZA PARA HORNOS	
ELECTROMECANICA	CONTROL	PLANO ESQUEMATICO	
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:1	NUMERO DE PLANO	1 DE 1
		P-02	

Anexo 9. Diagrama de control y fuerza tinas



DESCRIPCION

## DIAGRAMA DE FUERZA PARA TINAS



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA

ANEXO DIAGRAMA DE  
FUERZA PARA TINAS

ELECTROMECANICA	CONTROL	PLANO ELECTRICO
FECHA: 2017-01-17	ESCALA: 1:1	NUMERO DE PLANO P-04

1 DE 1

## Anexos 10. Detalle de costos de la caldera de aceite fluido térmico.

# PIROBLOC

PIROBLOC, S.A. · P.I. Santiga · Av. Castell de Barberà, 31  
08210 Barbera del Vallès (Barcelona) - ESPAÑA  
Tel. 00 34 937 189 064 · Fax 00 34 902 908 812  
E-mail: sales@pirobloc.com · www.pirobloc.com

Generadores de fluido térmico  
Calderas de vapor. Ingeniería

*efficient heating*



**ASTRA**  
At. Ing. Fernando Pons  
Gerente General

Fecha: 15/07/2016

Su ref.<sup>a</sup>

n. ref. CF/np

c.p. L001739

n. oferta: 1318371.1

Estimado Ingeniero,

De acuerdo con su solicitud de un generador de aceite térmico, nos es grato ofrecerle el siguiente suministro de:

Item 1) UNA CALDERA DE FLUIDO TÉRMICO DE 1.600.000 kcal/h

1.1) CUERPO DE CALDERA

Marca	<b>PIROBLOC</b>
Modelo	GFT-130/40/V2
Potencia	1.600.000 kcal/h (1.860 kW)
Ejecución	Vertical.
Diseñado y construido	Según EN-13445.
Homologación y marcado CE	Según Directiva Europea 97/23/CE.
Escalera y barandilla	Según UNE-EN ISO 14122 (en caso de ejecución vertical)
Presión máxima de trabajo	7 bar
Presión de prueba	16 bar
Temperatura máxima de trabajo (1)	300 °C
Rendimiento (2)	87%-91%

(1) Ejecución especial hasta 400 °C

(2) Depende de la temperatura del fluido circulante, combustible, tipo de fluido, valores orientativos:  
- 87 % a 300 °C  
- 91 % a 100 °C

Serpentines interiores fabricados con tubería de acero estirado sin soldadura, calidad St 35.8.1 / BS3059.

Radiografiado y pruebas con líquidos penetrantes del 25 % del total de las soldaduras realizadas en el cuerpo de presión.

Cuerpo aislado térmicamente y acabado con plancha de aluminio anodizado (AIMg1 H14), altamente resistente a la corrosión.



# PIROBLOC

PIROBLOC, S.A. • P.I. Santiga • Av. Castell de Barberà, 31  
08210 Barbera del Vallès (Barcelona) - ESPAÑA  
Tel. 00 34 937 189 064 • Fax 00 34 902 908 812  
E-mail: [sales@pirobloc.com](mailto:sales@pirobloc.com) • [www.pirobloc.com](http://www.pirobloc.com)

Generadores de fluido termico  
Calderas de vapor. Ingeniería

*efficient heating*



## 1.2) SEGURIDADES (solidarias y montadas en la caldera)

- 1 Transmisor para presión diferencial.
- 1 Transmisor para presión máxima.
- 2 Manómetros Ø 63, de 0-6 kg/cm2, con baño de glicerina y con sus correspondientes liras de dilatación y grifos de cierre.
- 3 Sondas de temperatura PT-100
- 1 Sonda de temperatura termopar tipo "J", FE-KO
- 4 Termopozos para sondas de temperatura.

Mano de obra de nuestro personal especializado.

## 1.3) QUEMADOR (solidario y montado en la caldera) (\*)

Marca	M. WEISHAAPT	CIB UNIGAS
Modelo	L8-Z2/D	RG93G.PR.S.ES
Combustible		Gasoleo
PCI estimado		10.100 kcal/kg
Potencia máxima	3.170 kW	4.100 kW
Potencia ventilador	4,5 kW	7,50 kW
Regulación	Modulante	Progresivo
Instalación eléctrica	Sí	Sí
Aptos para su uso hasta	2800 msnmar	
Tensión de mando	3 Ph. 220V 60 Hz	

(\*) Desmontado del cuerpo de caldera para su transporte más seguro.

## 1.4) BOMBA PRINCIPAL DE LA CALDERA

Marca	Allweiler o similar
Modelo	NTT-65-200
Caudal	83 m3/h
Altura manométrica	3,9 kg/cm2
Potencia motor	Motor WEG de 15 kW
Entrega	Sobre bancada
Temperatura de trabajo	Hasta 350 °C
Fabricación	Fundición esferoidal GS-42 según Norma DIN 24256
Cierre	Mecánico
Tensión de mando	3 Ph. 220 V 60 Hz
Instalación eléctrica	Si

# PIROBLOC

PIROBLOC, S.A. • P.I. Santiga • Av. Castell de Barberà, 31  
08210 Barbera del Vallès (Barcelona) - ESPAÑA  
Tel. 00 34 937 189 064 • Fax 00 34 902 908 812  
E-mail: [sales@pirobloc.com](mailto:sales@pirobloc.com) • [www.pirobloc.com](http://www.pirobloc.com)

Generadores de fluido termico  
Calderas de vapor. Ingeniería

*efficient heating*



## 1.5) ARMARIO ELÉCTRICO (solidario y montado en la caldera)

PLC	Télemécanique
Pantalla táctil	Schneider
Cofre	Rittal RAL 7035
Diseñado y construido	UNE-EN 60439-1 / UNE-EN 60204-1 / EN 50081
Tensión de mando	3Ph 220 V 60 Hz
Instalación eléctrica	Cableado a todos los elementos

## 1.6) ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LA BOMBA CON CUERPO DE CALDERA

1 x Válvula de seguridad PN-40, conexión por bridas DN-25. Presión máxima 7 bar.

2 x Válvulas de interrupción. Ejecución fuelle con prensaestopas de seguridad. Bridas DN-100. PN-16.

1 x Filtro colector de impurezas. Bridas DN-100. PN-16.

2 x Válvulas de compuerta para vaciado de la caldera y bomba.

1 x Bomba reversible de llenado y vaciado.

3 x Válvulas de esfera para el circuito de llenado y vaciado.

Tubería de acero estirado sin soldadura según P-235-GH, así como, accesorios, bridas de cuello, curvas, reducciones, juntas de grafito, tornillos con tuerca, etc.

Mano de obra de nuestro personal especializado.

**Costo neto con quemador M. WEISHAUPT \$ 64.800.-**

## Item 3) FLUIDO TÉRMICO

Marca	PIROBLOC HTF-BASIC
Tipo	Transmisor de calor
Continente	Bidón 200 litros
Visiten	<a href="http://www.fluidotermico.com">www.fluidotermico.com</a>

## Anexo 11. Cotización intercambiadores de calor



COTIZACION:	7567
-------------	------

miércoles, 16 de noviembre de 2016

SEÑORES: Paúl William Jaime Trujillo

RUC: 171599320-8

DIRECCIÓN:

TELÉFONO: 0998343858

ATENCIÓN:

Por medio de la presente tenemos el agrado de cotizar: **INTERCAMBIADOR DE CALOR  
TINA DE DESGASTE**

Ítem:	DETALLE	CANT	V.UNT.	TOTAL
1	Fabricación de intercambiador de calor para tina de desgaste con tubería ced-40 de diam. 3/4" en acero inox AISI 304 y tubo ced. 40 de diam 6" en acero inox AISI 304 para alimentador y salida de aceite térmico, con aplicación de soldadura con electrodo AISI 308 bajo norma, se generará prueba hidrostática según plano y geometría suministrados por el cliente	1	\$ 7.180,00	\$ 7.180,00
<b>VALORES NO INCLUYEN IVA</b>		<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 7.180,00</b>

OFERTA VALIDA: 3 días laborables

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación y 50% contra entrega

TIEMPO ESTIMADO DE ENTREGA: 8 días laborables

Ing. Jimmy Noroña.  
Gerente General Aceterm  
RUC: 1706446794001



COTIZACION:	7568
-------------	------

miércoles, 16 de noviembre de 2016

SEÑORES: Paúl William Jaime Trujillo

RUC: 171599320-8

DIRECCIÓN:

TELÉFONO: 0998343858

ATENCIÓN:

Por medio de la presente tenemos el agrado de cotizar: **INTERCAMBIADOR DE CALOR HORNOS**

Ítem:	DETALLE	CANT	V.UNT.	TOTAL
1	Fabricación de intercambiador de calor hornos con tubería ced-40 de diam. 3/4" en acero inox AISI 304 y tubo ced. 40 de diam 6" en acero inox AISI 304 para alimentador y salida de aceite térmico con aplicación de soldadura con electrodo AISI 308 bajo norma, se generará prueba hidrostática según plano y geometría suministrados por el cliente	1	\$ 4.600,00	\$ 4.600,00
<b>VALORES NO INCLUYEN IVA</b>			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 4.600,00</b>

OFERTA VALIDA: 3 días laborables

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación y 50% contra entrega

TIEMPO ESTIMADO DE ENTREGA: 8 días laborables

Ing. Jimmy Noroña.  
Gerente General Aceterm  
RUC: 1706446794001



COTIZACION:	7569
-------------	------

miércoles, 16 de noviembre de 2016

SEÑORES: Paúl William Jaime Trujillo  
 RUC: 171599320-8  
 DIRECCIÓN:  
 TELÉFONO: 0998343858

ATENCIÓN:

Por medio de la presente tenemos el agrado de cotizar: **INTERCAMBIADOR DE CALOR  
 PARA TINA DE FOSFATO**

Ítem:	DETALLE	CANT	V. UNT.	TOTAL
1	Fabricación de intercambiador de calor para tina de fosfato tubería ced-40 de diam. 3/4" en acero inox AISI 304 y tubo ced. 40 de diam 6" en acero inox AISI 304 para alimentador y salida de aceite térmico, con aplicación de soldadura con electrodo AISI 308 bajo norma, se generará prueba hidrostática según plano y geometría suministrados por el cliente.	1	\$ 4.300,00	\$ 4.300,00
<b>VALORES NO INCLUYEN IVA</b>		<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 4.300,00</b>

OFERTA VALIDA: 3 días laborables

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación y 50% contra entrega

TIEMPO ESTIMADO DE ENTREGA: 8 días laborables

Ing. Jimmy Noroña.  
 Gerente General Aceterm  
 RUC: 1706446794001

## Anexo 12. Cotización instalación sistema principal de tubería



COTIZACION	7570
------------	------

miércoles, 16 de noviembre de 2016

SEÑORES: Paúl William Jaime Trujillo

RUC: 171599320-8

DIRECCIÓN:

TELÉFONO: 0998343858

ATENCIÓN:

Por medio de la presente tenemos el agrado de cotizar: TUBERIA PRINCIPAL DE ACERO INOXIDABLE DE 6"

Ítem:	DETALLE	CANT	V. UNT.	TOTAL
1	Instalación de todo el sistema de tubería principal según planos especificados con un total de 60 mts lineales, con tubería ced.40 de diam 6" en acero inoxidable AISI 304, para alimentar todo el sistema con aceite termico, con aplicación de soldadura con electrodo AISI 308 bajo norma, se generará prueba hidrostática según plano y geometría suministrados por el cliente.	60	\$ 115 m	\$ 6.900,00
<b>VALORES NO INCLUYEN IVA</b>		<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 6.900,00</b>

OFERTA VALIDA: 3 días laborables

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación y 50% contra entrega

TIEMPO ESTIMADO DE ENTREGA: 8 días laborables

Ing. Jimmy Noroña.  
Gerente General Aceterm  
RUC: 1706446794001

**Anexo 13. Cotización aislante térmico.**

Sangolqui, 22 de noviembre del 2016

**COTIZACION.**

Estimado ingeniero de acuerdo a lo solicitado por usted le remitimos la cotización previa del aislante térmico para tubería de quince pulgadas.

Aislante térmico para tubería diámetro exterior de 15 pulgadas, con un espesor de aislante de 2 ½ pulgadas tiene un costo de 35 dólares americanos el metro.

ATYMI Aislamiento Térmico Industriales Quito  
Dirección: Autp. Sangolqui Amaguaña km 4 1/2 – Quito-Pichincha  
Teléfono: 022093928  
Fax: (02) 2093928  
Celular: 0994521711

## Anexo 14. Cotización Tanques para aceite térmico.



**INGEMAQ**  
**INGENIERIA DE MAQUINARIA**

**\*FABRICACIÓN \* IMPORTACIÓN\***

**RUC: 180709955001**

### **COTIZACION**

Estimado: Paúl Jaime

Le hacemos llegar la cotización por usted solicitada, tres tanques en acero inoxidable. Si la cotización es de su agrado podemos acordar una forma de pago del cincuenta por ciento al momento de la firma del contrato y el otro cincuenta por ciento a la entrega.

	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Tanque para 2500 litros	1	\$ 4200
Tanque para 700 litros	1	\$ 3400
Tanque para 30 litros	1	\$850
<b>Valor total</b>		<b>\$ 8450</b>

Atentamente

Ing. Marco Aldás  
 Gerente

Quito, 10 Octubre 2016

**PLANTA: AMBATO** Carlos Brito s/n. y Carlota Jaramillo  
 Telefonos. 03-2405143 Cel. 0986967472

**ALMACEN QUITO:** De las Frutillas y Av. Eloy Alfaro; Edf: Los Álamos  
 Cel: 0998315722 - 0985198009

**Correo electrónico:** [ventas@ingemaq.ec](mailto:ventas@ingemaq.ec)

**Pagina web:** [www.ingemaq.ec](http://www.ingemaq.ec)



## Anexo 15. Cotización válvulas de tres vías

**PIROBLOC**  
 PIROBLOC, S.A. • P.I. Santiga • Av. Castell de Barberà, 31  
 08210 Barbera del Vallès (Barcelona) • ESPAÑA  
 Tel. 00 34 937 189 064 • Fax 00 34 902 908 812  
 E-mail: [sales@pirobloc.com](mailto:sales@pirobloc.com) • [www.pirobloc.com](http://www.pirobloc.com)

Generadores de fluido termico  
 Calderas de vapor. Ingeniería

*efficient heating*



**ASTRA**  
 At. Ing. Fernando Pons  
 Gerente General

Fecha: 15/07/2016

Su ref.ª

n. ref. CF/np

c.p. L00 1740

n. oferta: 1318371.2

Estimado Ingeniero,

De acuerdo con su solicitud de una Valvula de control Fisher GX de 3 vías y sistema de actuador.

Item 1) VALVULA DE CONTROL FISHER GX DE 3 VÍAS Y SISTEMA ACTUADOR.

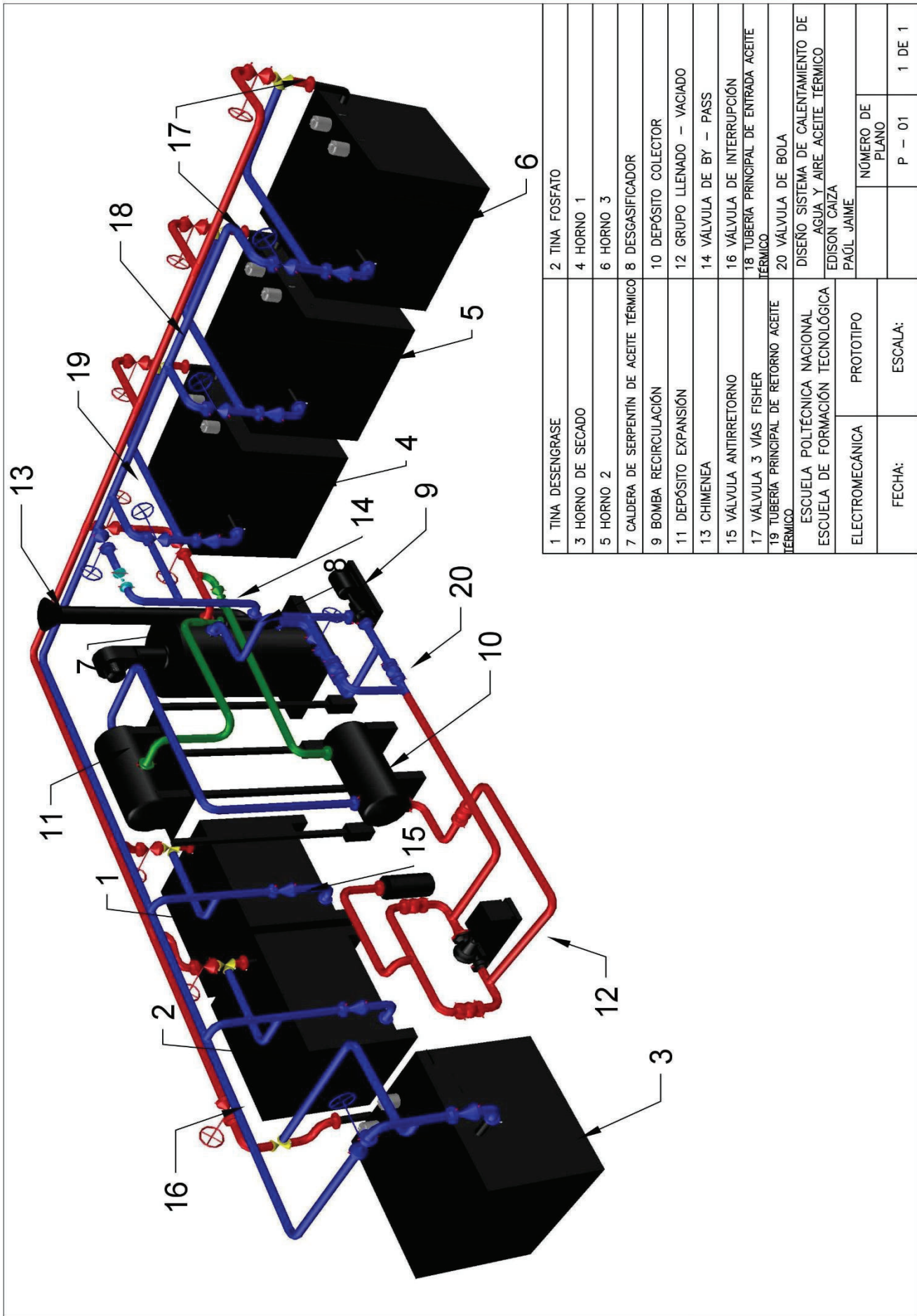
**Características:**

<b>Marca</b>	Valvula de control para aceite termico, altas temperaturas Fisher GX de 3 vias.
<b>Modelo</b>	D103305X0ES.
<b>Voltaje</b>	220V 60 HZ
<b>Presión</b>	PN 10 / 16 / 25 / 40 según EN 1092-1
<b>Intalación</b>	SI
<b>Manual</b>	SI
<b>Actuador</b>	Controlador de valvula digital DVC2000 FIELVUE.

**COSTO NETO**

**\$ 3500**

Diseño sistema de calentamiento de Agua y Aire mediante Aceite Térmico.



1 TINA DESENGRASE	2 TINA FOSFATO	
3 HORNO DE SECADO	4 HORNO 1	
5 HORNO 2	6 HORNO 3	
7 CALDERA DE SERPENTIN DE ACEITE TÉRMICO	8 DESGASIFICADOR	
9 BOMBA RECIRCULACIÓN	10 DEPÓSITO COLECTOR	
11 DEPÓSITO EXPANSIÓN	12 GRUPO LLENADO – VACIADO	
13 CHIMENEA	14 VÁLVULA DE BY – PASS	
15 VÁLVULA ANTIRRETORNO	16 VÁLVULA DE INTERRUPCIÓN	
17 VÁLVULA 3 VÍAS FISHER	18 TUBERÍA PRINCIPAL DE ENTRADA ACEITE TÉRMICO	
19 TUBERÍA PRINCIPAL DE RETORNO ACEITE TÉRMICO	20 VÁLVULA DE BOLA	
DISEÑO SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA Y AIRE ACEITE TÉRMICO		
EDISON CAIZA		
PAÚL JAIME		
ELECTROMECÁNICA	PROTOTIPO	NÚMERO DE PLANO
FECHA:	ESCALA:	P – 01
		1 DE 1