

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Cálculo, evaluación, montaje y puesta en marcha de una torre de  
enfriamiento a emplearse en un horno de inducción de fusión de  
metales”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

**Raúl Omar Quito Sánchez**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2007**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios. A mis padres, padrinos, profesores, familiares y amigos, por su sacrificio, paciencia, consejo y apoyo entregado. A la ESPOL y su personal, por las facilidades brindadas. Al Ing. Francisco Andrade por su acertada dirección. Al Ing. Jorge Duque por su consejo oportuno y, especialmente, al Ing. Ignacio Wiesner y a todo su personal por la colaboración y facilidades prestadas para el desarrollo de esta tesis.

## DEDICATORIA

A mi padre Sr. Ángel Raúl Quito, a mi madre Sra. María Antonieta Sánchez, a mi padrino Sr. José Rigoberto Guillermo, a mi madrina Sra. Rosa Guadalupe Quito, A mis sobrinos Josselyn, O'neill, Kyle y venideros. Adicionalmente, a mis familiares y seres queridos que de alguna forma colaboraron y se sacrificaron por mi bienestar.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Francisco Andrade S.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ignacio Wiesner F.  
VOCAL

---

Ing. Jorge Duque R.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

---

Sr. Raúl Omar Quito Sánchez

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en dar una solución real a la necesidad, actual y futura, de enfriamiento del horno de inducción que se encuentra trabajando en INTRAMET.

En el capítulo uno, planteo el problema, explicando sus componentes; a continuación, doy una clasificación de las torres de enfriamiento, con sus características; finalmente, basado en las limitaciones existentes, doy las especificaciones de la torre de enfriamiento requerida.

El capítulo dos trata del desarrollo de los cálculos y las ecuaciones necesarias para la solución del problema planteado. Además se determinan las condiciones en las que trabajaba el sistema inicial, para luego, basado en ello y los requerimientos a plena carga, seleccionar la torre de enfriamiento, bombas, tuberías y por ende accesorios, tanto para el sistema principal como para el auxiliar. Finalmente, se da la selección de una motobomba que opere en el caso de darse una falla en el suministro eléctrico

El capítulo tres detalla el montaje de la torre comprada en el mercado local y, la instalación tanto del sistema principal y como la del sistema auxiliar de enfriamiento.

En el capítulo cuatro realizo una evaluación técnica y económica del funcionamiento del horno de inducción. La evaluación ambiental, debido a su complejidad, se realiza a grandes rasgos; se evidencia la necesidad de un estudio minucioso del impacto ambiental y el manejo de sus desechos.

En el capítulo cinco doy las conclusiones a las que llego como consecuencia del trabajo realizado. Además doy recomendaciones para que se implemente un proceso de mejora continua.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
1.1. Definición del problema.....	3
1.1.1. Descripción del sistema de refrigeración inicial.....	6
1.1.2. Esquema del sistema de refrigeración inicial.....	14
1.1.3. Especificaciones del horno de inducción de fusión de metales.....	16
1.2. Clasificación de las torre de enfriamiento.....	20



1.2.1. Torres de circulación natural.....	21
1.2.1.1. Torres atmosféricas.....	21
1.2.1.2. Torres de tiro natural.....	22
1.2.2. Torres de tiro mecánico.....	23
1.2.2.1. Torres de tiro forzado.....	24
1.2.2.2. Torres de tiro inducido.....	26
1.3. Especificación del tipo de torre de enfriamiento a usarse.....	29

## CAPÍTULO 2

2. CÁLCULOS.....	32
2.1. Cálculo y selección de la torre requerida en función a la capacidad total del horno.....	39
2.2. Cálculo y selección del sistema de tuberías requerido para la torre de enfriamiento.....	62
2.3. Cálculo y selección de la bomba para torre de enfriamiento.....	67
2.4. Cálculo de un sistema de refrigeración auxiliar.....	77
2.5. Cálculo y selección de la bomba para contingencia.....	87

## CAPÍTULO 3

3. MONTAJE DE LA TORRE Y SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO.....	93
3.1. Consideraciones relacionadas al montaje.....	93

3.1.1. Torre de enfriamiento a instalar.....	93
3.1.2. Tuberías y accesorios.....	98
3.1.3. Bombas de agua.....	101
3.1.4. Sistema de refrigeración auxiliar.....	103
3.2. Lista de materiales y equipos requeridos para el montaje.....	104
3.3. Diagramas de distribución de tuberías, válvulas e instrumentación.....	107
3.4. Diagrama de Gantt y ejecución del montaje.....	108
3.5. Costos.....	122

#### CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL HORNO DE INDUCCIÓN.....	124
--	-----

#### CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	151
5.2. Recomendaciones.....	153

#### APÉNDICES

#### BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

A	Amperio
Btu	Unidad térmica inglesa
ca	Aire frío
cP	Centipoise
cy	Ciclos
cw	Agua fría
CTI	Cooling Tower Institute (Instituto de Torres de Enfriamiento)
Ec.	Ecuación
E.E.	Energía Eléctrica
Fig.	Figura
GPM	Galones por minuto
ha	Aire caliente
hr	Hora
hw	Agua caliente
Hz	Hertz
ia	Aire que ingresa
Inducc.	Inducción
J	Joul
kcal	Kilocaloría
kJ	KiloJoul
km/h	Kilómetro por hora
kw	Kilowatt
kwh	Kilowatt-hora
lb	Libra
mm	Milímetro
m/s	Metro por segundo
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
oa	Aire que sale
Pa s	Pascal-segundo
psi	Libra por pulgada cuadrada
Re	Número de Reynolds
SCR	Tiristores
V	Voltios

## INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Fuente de poder y cubas basculantes.....	7
Figura 1.2	Puerta 1, con instalación modificada.....	8
Figura 1.3	Puerta 2, con instalación modificada.....	9
Figura 1.4	Instalación de bloque de tiristores (SCR).....	10
Figura 1.5	Manguera, SCR y disipadores .....	10
Figura 1.6	SCR antiguo y actual .....	10
Figura 1.7	Instalación de la puerta 3.....	11
Figura 1.8	Instalación del circuito de puertas 4 y 5.....	12
Figura 1.9	Disposición de equipos al inicio.....	13
Figura 1.10	Esquema del sistema de refrigeración inicial.....	14
Figura 1.11	Diagramas del sistema inicial.....	15
Figura 1.12	Horno de inducción sin núcleo.....	16
Figura 1.13	Partes de un horno de inducción sin núcleo.....	17
Figura 1.14	Bobina de la cuba B.....	19
Figura 1.15	Conectores (1" N.T.P.) de cuba B.....	19
Figura 1.16	Clasificación de las torres de enfriamiento.....	20
Figura 1.17	Torre de enfriamiento de tiro forzado.....	25
Figura 1.18	Torre de flujo a contracorriente y tiro inducido.....	27
Figura 1.19	Torre de flujo cruzado y tiro inducido.....	29
Figura 1.20	Apariencia general de la torre requerida.....	31
Figura 2.1	Relaciones de agua y aire de una torre a contra flujo.....	33
Figura 2.2	Representación gráfica de $KaV/L$ , usando la Ec.14.....	38
Figura 2.3	Rendimiento de torre, a 100% del caudal de diseño.....	40
Figura 2.4	Rendimiento de torre, a 67% del caudal de diseño.....	41
Figura 2.5	Diagrama del sistema inicial modificado.....	42
Figura 2.6	Diagrama del sistema completo.....	43
Figura 2.7	Calor transferido hacia y desde el agua de enfriamiento.....	44
Figura 2.8	Flujo másico de agua, entrante y saliente.....	44
Figura 2.9	Caudal usado, según condensadores en serie.....	55
Figura 2.10	Calor disipado vs. Potencia usada.....	58
Figura 2.11	Características del diseño de la torre a usar.....	59
Figura 2.12	Características del diseño de la torre a usar, continuación.....	60
Figura 2.13	Intensidad máxima a la que trabajará la bomba # 3.....	63
Figura 2.14	Pérdidas de cabezal del sistema completo.....	74
Figura 2.15	Curvas L vs. H de las bombas y el sistema completo.....	75

Figura 2.16	Vistas del intercambiador usado.....	80
Figura 2.17	Distribución interior de cada banco de tubos.....	81
Figura 2.18	Factor de corrección para el intercambiador usado.....	83
Figura 2.19	Curva de rendimiento de la bomba HONDA WX10K1.....	89
Figura 2.20	Punto de operación en contingencia.....	89
Figura 2.21	Bomba HONDA modelo WX10.....	90
Figura 3.1	Torre ya presentada, en el sitio de trabajo.....	94
Figura 3.2	Torre completa con escalera desmontable.....	95
Figura 3.3	Ingreso de datos al programa HDJDU-CC2.3.....	96
Figura 3.4	Resultados del programa HDJDU-CC2.3.....	97
Figura 3.5	Estado inicial de la tubería disponible.....	98
Figura 3.6	Tubería después de la limpieza química.....	98
Figura 3.7	Tubería de succión para agua de enfriamiento.....	101
Figura 3.8	Diagrama de Gantt.....	109
Figura 3.9	Perno de expansión colocado para anclar la torre.....	115
Figura 3.10	Ejecución del plano 29.....	116
Figura 3.11	Sistema inicial a desmontar.....	117
Figura 3.12	Ejecución del plano número 30.....	118
Figura 3.13	Ejecución del plano número 31 y 32.....	119
Figura 3.14	Antes y después de implementar el plano 33.....	120
Figura 4.1	Curvas según orientación de los álabes de un ventilador.....	127
Figura 4.2	Curvas típicas de un ventilador axial.....	127
Figura 4.3	Crisol después de realizar una fundición.....	146
Figura 4.4	Polvo presente en el filtro de la torre.....	148
Figura 4.5	Contaminación del agua de la tina colectora.....	150

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Matriz de decisión para tipo de torre.....	30
Tabla 2	Temperaturas de bulbo húmedo.....	39
Tabla 3	Datos de energía eléctrica, inicial, usada en bombas.....	46
Tabla 4	Pérdida de voltaje en las mangueras de poder.....	47
Tabla 5	Valores de $f_T$ .....	50
Tabla 6	Iteraciones para el caudal inicial circulante en la bobina.....	53
Tabla 7	Iteraciones del caudal inicial circulante en la fuente.....	53
Tabla 8	Parámetros de operación del sistema inicial.....	54
Tabla 9	Sistema modificado, al 40% de la capacidad del horno.....	57
Tabla 10	Sistema modificado, al 60% de la capacidad del horno.....	57
Tabla 11	Sistema modificado, al 70% de la capacidad del horno.....	57
Tabla 12	Asunciones para las condiciones límite.....	58
Tabla 13	Distribución calculada del caudal del sistema final.....	64
Tabla 14	Distribución, asumida, del caudal del sistema final.....	64
Tabla 15	Velocidades recomendadas para el transporte de agua.....	65
Tabla 16	Velocidad del agua en tuberías de cédula 40.....	65
Tabla 17	Tuberías requeridas para el sistema modificado.....	66
Tabla 18	Rugosidad absoluta en mm.....	70
Tabla 19	Caudales requeridos para graficar la curva del sistema.....	71
Tabla 20	Valores de $k$ para curvas y codos de $90^\circ$ .....	72
Tabla 21	Cálculos de pérdida de cabezal del sistema completo.....	73
Tabla 22	Datos para seleccionar la bomba requerida.....	75
Tabla 23	Características de la bomba para usarse con la torre.....	76
Tabla 24	Datos para las curvas H vs. L de la bomba y el sistema.....	78
Tabla 25	Datos de temperaturas a 2 horas de operación inicial.....	79
Tabla 26	Caudal que circulaba inicialmente.....	82
Tabla 27	Calor disipado inicialmente en cada cuerpo del radiador.....	83
Tabla 28	Factor de forma para 1 cuerpo de cada radiador.....	84
Tabla 29	Coefficiente global de transferencia de calor inicial.....	84
Tabla 30	Datos de temperaturas, asumidas, en operación auxiliar.....	85
Tabla 31	Factor de forma basado en el uso de los radiadores.....	85
Tabla 32	Coefficiente global, según disposición de radiadores.....	86
Tabla 33	Tuberías requeridas para el 2 <sup>do</sup> sistema modificado.....	87
Tabla 34	Curva del sistema operando en contingencia.....	88
Tabla 35	Características de motobomba para contingencia.....	92

Tabla 36	Espacio mínimo entre tuberías.....	99
Tabla 37	Separaciones de apoyos para tuberías.....	100
Tabla 38	Lista de equipos y herramientas.....	104
Tabla 39	Instrumentación, mangueras, tuberías y válvulas.....	105
Tabla 40	Bombas de agua y accesorios, salvo válvulas.....	106
Tabla 41	Datos usados en el diagrama de Gantt.....	108
Tabla 42	Costos de materiales, 1ª parte.....	111
Tabla 43	Costos de materiales, 2ª parte.....	112
Tabla 44	Costos de materiales, 3ª parte.....	113
Tabla 45	Costos de mano de obra.....	122
Tabla 46	Costos totales del montaje.....	123
Tabla 47	Placa de la torre instalada.....	125
Tabla 48	Torre operando al 70% de la capacidad del horno.....	125
Tabla 49	Placa de la torre seleccionada.....	126
Tabla 50	Rendimiento de la fuente.....	130
Tabla 51	Torres AMCOT disponibles en el exterior.....	134
Tabla 52	Comparación entre ventilador montado y seleccionado.....	135
Tabla 53	Comparación entre la bomba 3 montada y seleccionada.....	135
Tabla 54	Costo de energía, fundiendo en la cuba B.....	137
Tabla 55	Costo del enfriamiento del crisol, en dólares.....	139
Tabla 56	Ingresos por la fundición en cuba B.....	142
Tabla 57	Egresos por sueldos, en la empresa.....	142
Tabla 58	Egresos anuales, usando la cuba B.....	143
Tabla 59	Costo de los montajes, incluido IVA.....	144














## INDICE DE PLANOS









Plano 1	Planta de la distribución planificada de INTRAMET
Plano 2	Planta de los principales elementos involucrados en la instalación
Plano 3	Perspectiva de los equipos usados en la instalación inicial
Plano 4	Vista frontal de la fuente de poder
Plano 5	Vistas laterales de la fuente de poder
Plano 6	Rotulado y señalización de la fuente de poder
Plano 7	Distribución interna de los elemento de la fuente de poder
Plano 8	Vista frontal de cuba basculante
Plano 9	Vista lateral derecha de la cuba basculante
Plano 10	Vista superior de la cuba basculante
Plano 11	Instalación interna inicial de la puerta 1, de la fuente de poder
Plano 12	Instalación interna final de la puerta 1, de la fuente de poder
Plano 13	Instalación interna inicial de la puerta 2, de la fuente de poder
Plano 14	Instalación interna final de la puerta 2, de la fuente de poder
Plano 15	Instalación de bloque de tiristores
Plano 16	Instalación interna de la puerta 3, de la fuente de poder
Plano 17	Instalación interna inicial de la puerta 4, de la fuente de poder
Plano 18	Instalación interna final de la puerta 4, de la fuente de poder
Plano 19	Instalación interna inicial de la puerta 5, de la fuente de poder
Plano 20	Instalación interna final de la puerta 5, de la fuente de poder
Plano 21	Vista frontal del equipo usado inicialmente para enfriar el agua
Plano 22	Vista superior del equipo usado inicialmente para enfriar el agua
Plano 23	Sección C-C del equipo usado inicialmente para enfriar el agua
Plano 24	Perspectiva de la instalación externa inicial
Plano 25	Perspectiva de la instalación externa modificada, primera parte
Plano 26	Perspectiva de la instalación externa modificada, segunda parte
Plano 27	Disposición de las conexiones de agua, en la torre
Plano 28	Disposición de las conexiones de agua realizadas a la torre
Plano 29	Instalación, provisional, para llenado, purga/vaciado de la torre
Plano 30	Instalación de la bomba de la torre y sus tuberías, primera parte
Plano 31	Instalación de la bomba de la torre y sus tuberías, segunda parte
Plano 32	Instalación de la bomba de la torre y sus tuberías, tercera parte
Plano 33	Instalación del sistema auxiliar y de contingencia



## SIMBOLOGÍA

A	Área transversal de la tubería
a	Área de transferencia equivalente por unidad de volumen
$C_w$	Calor específico del agua
d	Diferencial
f	Coefficiente de fricción de Darcy
$\rho$	Densidad
D	Diámetro de tubería
$\phi$	Diámetro
~	Fase eléctrica
°C	Grado Celsius
°F	Grado Fahrenheit
°K	Grado Kelvin
e	Rugosidad absoluta dada en milímetros
G	Flujo másico de aire
H	Cabezal hidráulico total
h	Entalpía
$h_w$	Entalpía de la mezcla gaseosa a la temperatura del agua
$h_a$	Entalpía de la mezcla gaseosa a la temperatura de bulbo húmedo
$h_l$	Pérdida de cabezal hidráulico
$h_{ia}$	Entalpía de mezcla gaseosa que ingresa a la torre a la temperatura de bulbo húmedo
$h_{oa}$	Entalpía de mezcla gaseosa que sale de la torre a la temperatura de bulbo húmedo
$h_f$	Pérdida de cabezal hidráulico, por fricción
$h_{red \#1}$	Pérdida de cabezal hidráulico, por fricción en la red número 1
L	Flujo másico de agua
l	Longitud de tubería, dada en metros
K	Coefficiente total de transferencia de calor, de la torre
P	Potencia
Q	Calor total transferido en la torre de enfriamiento
S	Área de transferencia, característica de la torre de enfriamiento
U	Coefficiente total de transferencia de calor, del radiador

$\dot{m}$	Flujo másico
"	Pulgada
q	Flujo de calor
v	Velocidad promedio del agua en la tubería
V	Volumen efectivo, característica de la torre de enfriamiento
Z	Diferencia de niveles, entre el punto más alto y la succión
$t_{hw}$	Temperatura de agua caliente que entra a la torre
$t_{cw}$	Temperatura del agua enfriada
$t_{wb}$	Temperatura de bulbo húmedo, del aire entrante
$t_w$	Temperatura del agua en contacto con el relleno de la torre
$\omega$	Velocidad de rotación del impulsor
$\varphi$	Angulo de fase de la carga eléctrica
$\eta$	Rendimiento
$\mu$	Viscosidad absoluta, en centipoises
$\Delta p$	Variación de presión
$\Delta t$	Variación de temperatura
$\Delta z$	Variación de nivel
$\Sigma$	Sumatoria de...
	Bomba centrífuga
	Codo roscado estándar
	Conector poder-agua
	Continúa a la derecha
	Continúa a la izquierda
	Corte de línea
	Cruce de mangueras, no se conectan entre ellas
	Extremo de una cañería de cobre
	Neplo de 3/8", de cobre, soldado a la tubería
	Neplo de 1/2", de cobre, soldado a la tubería
	Nivel del piso, tubería, manguera o equipo referido
	Reducción concéntrica roscada
	Simetría respecto al eje dado

	Tapón hembra
	Te roscada estándar
	Unión-conector de neplo convencional a manguera
	Unión universal
	Unión roscada
	Válvula de compuerta
	Válvula de bola
	Válvula de retención

## INTRODUCCIÓN

A nivel industrial y gubernamental, existe un creciente interés en reducir el impacto ambiental. Las empresas enfrentan el problema de minimizar sus costos, mantener su competitividad, e implementar un proceso de mejora continua que cumpla con las reglamentaciones ambientales existentes.

Un método para lograr la fundición de metales, con bajo impacto ambiental, consiste en la utilización de un horno de inducción de media frecuencia; este equipo requiere, para su operación adecuada, el suministro estable de energía eléctrica y agua de enfriamiento, acordes a su diseño.

En Guayaquil, la empresa WIESNER INOX, que labora en las instalaciones de INTRAMET, está dedicada a la fundición de piezas y partes metálicas en aleaciones ferrosas (especialmente acero inoxidable) y no ferrosas. Uno de sus equipos es un horno de inducción.

Debido a que su sistema de enfriamiento estaba subdimensionado, se requería aprovechar la reparación y repotenciación de la fuente de poder del horno, para implementar una solución al sistema de enfriamiento, que permita trabajar al equipo a plena carga y sin problemas. Con ello se pasaría a operar del 50% inicial, al 100% de su capacidad de diseño.

El objetivo principal de esta tesis es garantizar un suministro de agua de enfriamiento que cumpla con los requerimientos del horno. Adicional, a la modificación del sistema inicial para usarlo en caso de fallar el principal.

Se desea que el sistema de enfriamiento sea capaz de garantizar la operación de la bobina de inducción del horno, sin que ésta se deteriore por calentamiento excesivo, cuando falle el sistema, o cuando haya un corte de energía.

El objetivo final es dar pautas para una mejora continua del sistema de agua de enfriamiento.

Como la reparación del horno, no estaba bien definida, no se sabía cuánto tiempo se iba a emplear. Entonces, se implementó una solución funcional y de rápido montaje, modificando al sistema existente, para luego completarlo con la instalación de una torre de enfriamiento de agua. Posteriormente se darían las recomendaciones para su funcionamiento adecuado y las pautas para su mejora continua, basado en lo expuesto anteriormente.

El proceso de cálculo, selección, montaje y puesta en operación de la torre así como la evaluación técnica, económica y ambiental del horno de inducción; a más del de modificación del sistema inicial para emergencias y apagones que se detallan en el cuerpo de esta tesis.

# CAPITULO 1

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

Dado el tema del presente trabajo, es necesario citar las características del horno, su enfriamiento, y especificar el problema existente; luego, se optará por una solución, en función de las características de las alternativas existentes. A continuación se detallan las consideraciones generales:

### 1.1 Definición del problema.

La empresa INTRAMET tiene un horno de inducción que estaba operando, de un 40% a 60% de su capacidad de diseño, con un sistema de enfriamiento deficiente. Se desea llegar al 100% de su capacidad de diseño original.

Inicialmente el sistema de refrigeración estaba constituido por un sistema único de agua de enfriamiento, éste permitía laborar al horno con el 40% de la capacidad de diseño original.

Posterior a la repotenciación parcial del horno de inducción, se incrementó su capacidad al 60%, por ello se dividió en dos circuitos al sistema de enfriamiento; uno para la fuente de poder y otro para la bobina de inducción. Adicionalmente, se incorporó a la fuente un acondicionador de aire, para enfriar el aire interior.

El sistema de refrigeración estaba subdimensionado, ya que para operar a partir del 55% de carga de diseño, se adicionaban (según la fundición) de 3 a 5 marquetas de hielo al depósito de agua fría de la fuente de poder; pese a que desde el encendido, operaba un acondicionador de aire de 18000 Btu (5.2718kwh) de capacidad.

El acondicionador de aire compensaba parcialmente los requerimientos de temperatura del aire interno de la fuente, pero aportaba problemas de condensación, que preocupaban a los encargados del mantenimiento electrónico. No debe existir condensación alguna.

La temperatura de la red de suministro de agua fría de la fuente de poder llegaba a 39°C y 10psi, en este punto peligraba la integridad de los elementos electrónicos; especialmente los tiristores que eran de tecnología antigua y se deterioraban a partir de los 38 °C.

En la bobina de inducción el agua llegaba rápidamente, a temperaturas del orden de 56°C (y aún más, según el material a fundir y la potencia empleada) a 22 psi; esto no la afectaba, pero el tiempo de enfriamiento del refractario era de 4 horas, lo que no es aceptable debido al consumo energético y control requeridos.

Del manual de operación, se desprende que el sistema de enfriamiento debe suministrar agua a una temperatura no superior a los 90°F (32,2°C), con una presión de 30psi a 60psi (2,07bar a 4.14bar).

Adicionalmente, el aire interior de la fuente no debe superar los 90 °F (32,2 °C), y 80% de humedad.

Para llegar a disponer del 100% de capacidad de diseño, es necesario reparar y calibrar la fuente de poder y a la par implementar una solución que garantice el suministro de agua de enfriamiento, dentro de los parámetros dados en el Manual de Operación; cumpliendo con la planificación existente en la empresa y la consiguiente limitación que implica su distribución física.

#### **1.1.1. Descripción del sistema de refrigeración inicial.**

La planta de la distribución planificada por la empresa INTRAMET, está en el plano 1. Para tener una mejor



visualización, se tiene en el plano 2 contiene la planta de la distribución planificada de los equipos y espacio involucrados en la instalación.

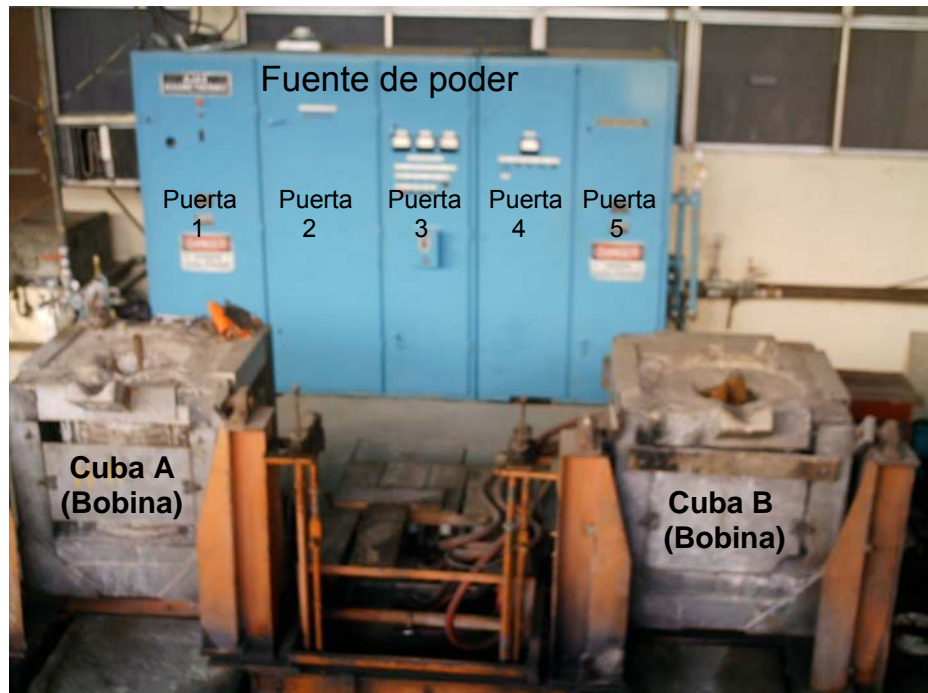
A continuación, se describirá en detalle el sistema de refrigeración inicial, que posterior a su modificación y usando una torre de enfriamiento, cumplirá con las especificaciones dadas por el manual de operación.

Primeramente debemos saber cómo se encuentra constituido el equipo a enfriar, esto se aprecia en el plano 3 y en la figura 1.1.

El equipo a enfriar se encuentra constituido por dos partes principales:

1. **La fuente de poder** (de aquí en adelante se la llamará fuente). Sus dimensiones se señalan en los planos 4 y 5. Para su señalización de mandos y distribución interna vea los planos 6 y 7. Está formada por dos circuitos, en el primero está la parte electrónica, que abarca las puertas 1, 2 y 3, el en segundo circuito se encuentran condensadores y la salida de potencia (puertas 4 y 5).
2. **La bobina de inducción** (en adelante será llamada bobina), hecha de 15 espiras de tubería de cobre de  $\varnothing 1''$

(25.4 mm) y alojada en su cuba basculante (en adelante será llamada cuba), Véase los planos 8, 9 y 10, para obtener sus dimensiones.



**FIGURA. 1.1. FUENTE DE PODER Y CUBAS BASCULANTES.**

En el plano 7 se considera una gama de elementos que no son de común conocimiento, por ello considero importante colocar a continuación, las siguientes figuras.



**FIGURA. 1.2. PUERTA 1, CON INSTALACIÓN MODIFICADA.**

En esta figura, no se ha sacado el acondicionador de aire, pero ya está modificada la instalación de agua de enfriamiento. Mejor comprensión del antes y después se dan en los planos 11 y el 12. La instalación interna final de la puerta 2 se observa en la figura 1.3, el antes y después en los planos 13 y 14.



**FIGURA. 1.3. PUERTA 2, CON INSTALACIÓN MODIFICADA.**

Los 3 bloques de tiristores son iguales, la foto de un bloque esta en la figura 1.4. El esquema detallado de su instalación está en el plano 15. No se realizó modificación alguna a su instalación, ya que los inconvenientes, se dieron por la deficiencia del caudal del agua de enfriamiento. En la figura 1.7 y el plano 16, consta la instalación de la puerta 3. Esta no fue modificada debido a que los elementos a ser enfriados no recibían carga térmica de otros que estuviesen enseriados previamente a ellos.



**FIGURA.1.4. INSTALACIÓN DE BLOQUE DE TIRISTORES (SCR).**



**FIGURA. 1.5. MANGUERA, SCR Y DISIPADORES.**



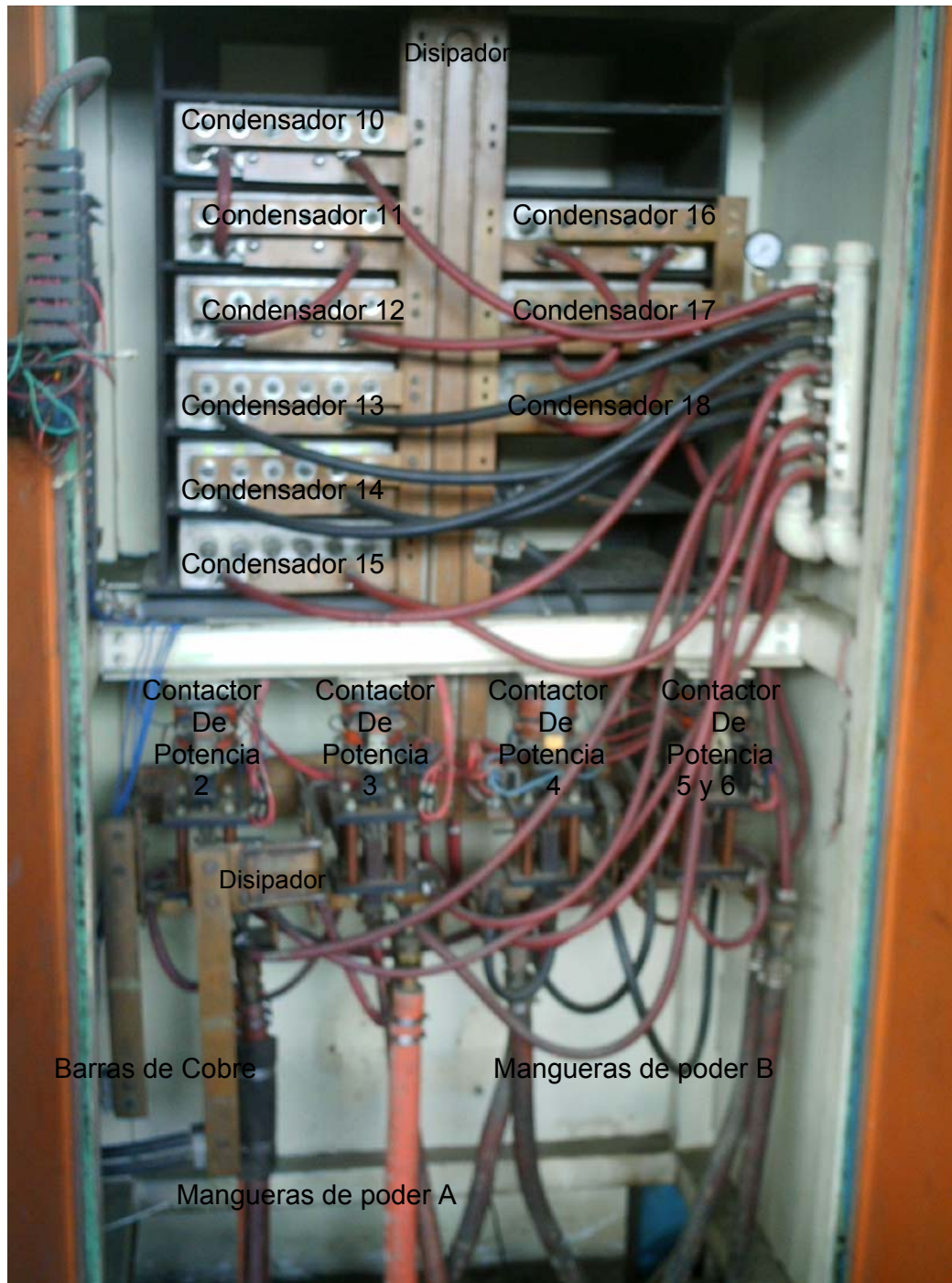
**FIGURA. 1.6. SCR ANTIGUO Y ACTUAL.**



**FIGURA. 1.7. INSTALACIÓN DE LA PUERTA 3.**

Las puertas 4 y 5 son un circuito, pero por su complejidad, se lo divide en 2. El primero, constituido por los elementos distribuidos en la puerta 4, el segundo, formado por los de la puerta 5. En ambos casos se dio la modificación a causa de que los condensadores 14 y 15 presentaban calentamiento. Véanse los planos del 17 a 20 y la figura 1.8.

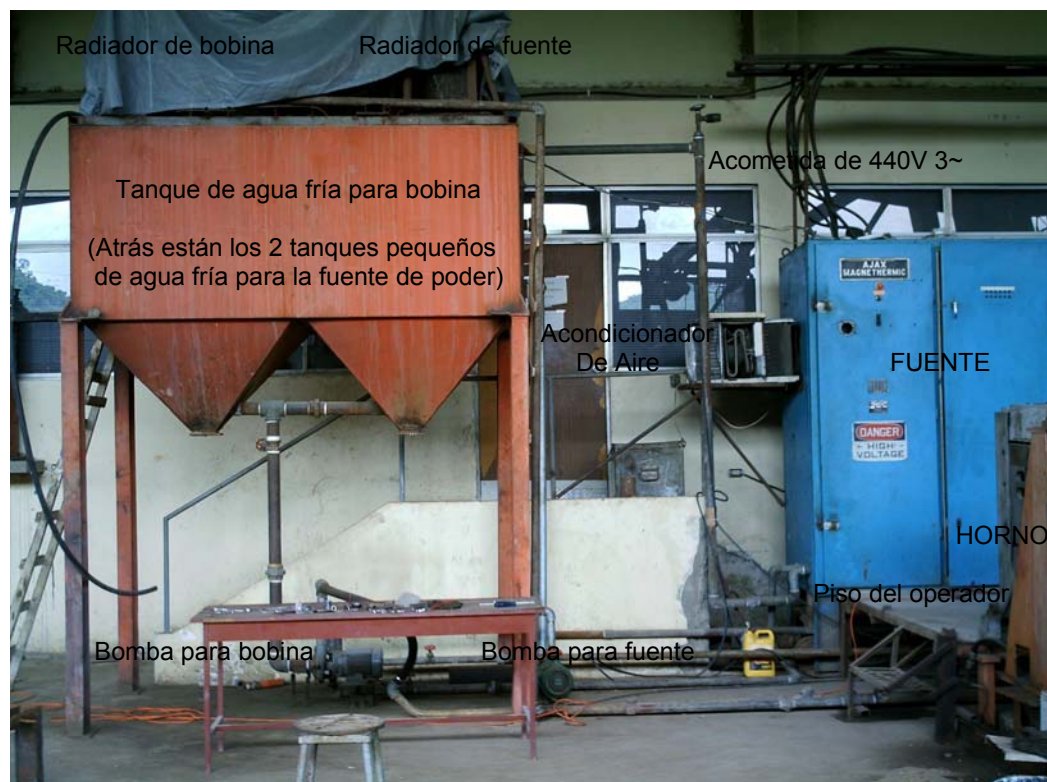




**FIGURA 1.8. INSTALACIÓN DEL CIRCUITO DE LAS PUERTAS 4 Y 5**

El sistema inicial de agua de enfriamiento, como ya se mencionó, estaba formado por 2 circuitos independientes. Ambos conformados por: reservorio (tanque) de agua fría, bomba, tuberías, carga térmica, Intercambiador de calor (radiador) y ventilador. El horno estaba en reparación, se requería implementar una solución efectiva y rápida al problema expuesto.

La siguiente figura da la condición en la que se encontraron los equipos involucrados en la instalación inicial.



**FIGURA 1.9. DISPOSICIÓN DE EQUIPOS AL INICIO.**

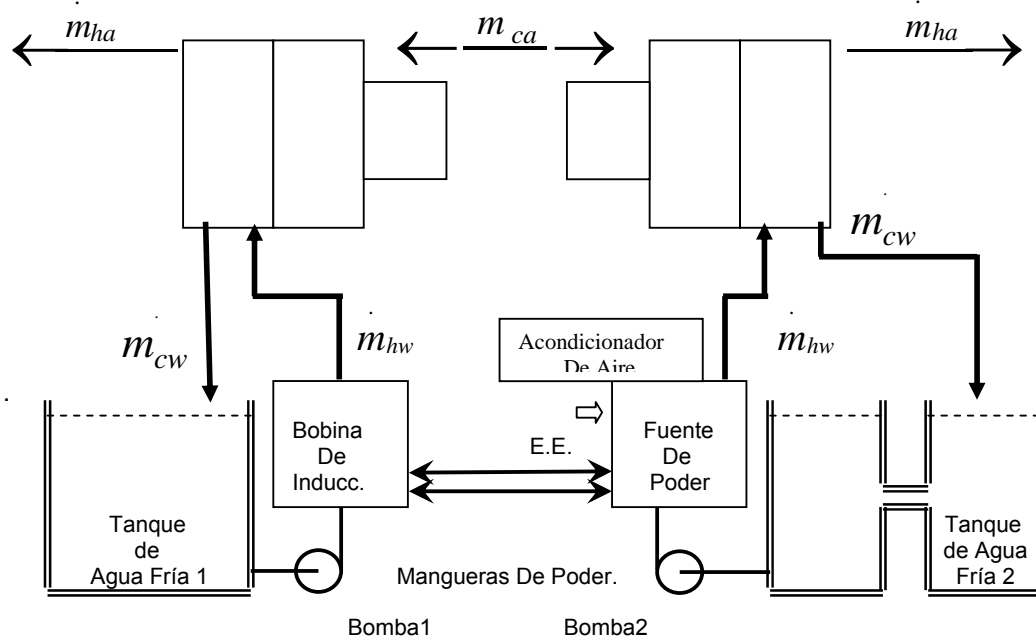


En el sistema inicial, el calor fluye de la carga térmica al agua de enfriamiento y de ésta al intercambiador (en adelante radiador), lo cual disipa el calor transferido; el agua enfriada va al depósito y mediante una bomba es suministrada a la carga térmica para completar el ciclo. Véase la figura 1.10.

En los planos 21, 22 y 23 se observan las dimensiones y vistas principales de los tanques e intercambiadores usados.

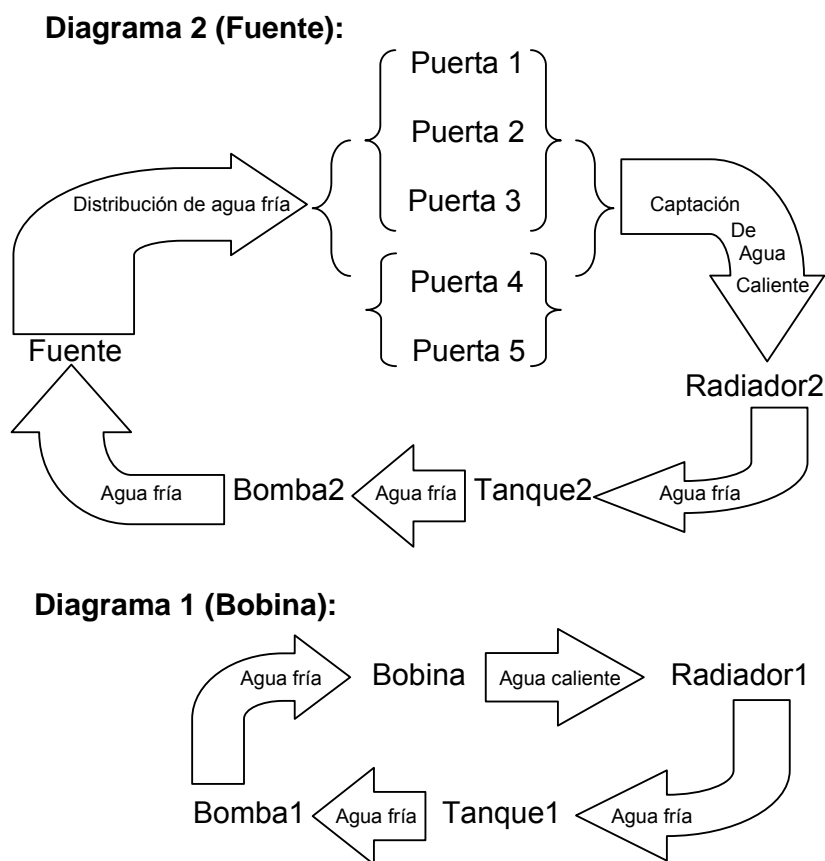
### 1.1.2. Esquema del sistema de refrigeración inicial.

En la siguiente figura y en el plano 24 se describe el Sistema de Refrigeración Inicial.



**FIGURA 1.10. ESQUEMA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INICIAL.**

Para explicar de una manera más didáctica, a los 2 subsistemas, emplearé los siguientes diagramas simplificados:



**FIGURA 1.11. DIAGRAMAS DEL SISTEMA INICIAL.**

El acondicionador de aire, no está dentro del circuito hídrico, pero se lo considerará en el análisis. Los diagramas son detallados por los planos del 17 al 20 y el general en el 24. Los planos están después de los apéndices.

### 1.1.3. Especificaciones del horno de inducción de fusión de metales.

Es un tipo de horno de inducción sin núcleo, donde la bobina de cobre encierra una capa de material refractario (sílice) alrededor de toda la longitud interior del horno. Una corriente eléctrica, a través de la bobina, crea un campo magnético que penetra al refractario y rápidamente funde el material de carga metálica. Dicha bobina usa agua de enfriamiento circulando a través de ésta. La siguiente figura da un corte se este tipo de hornos.

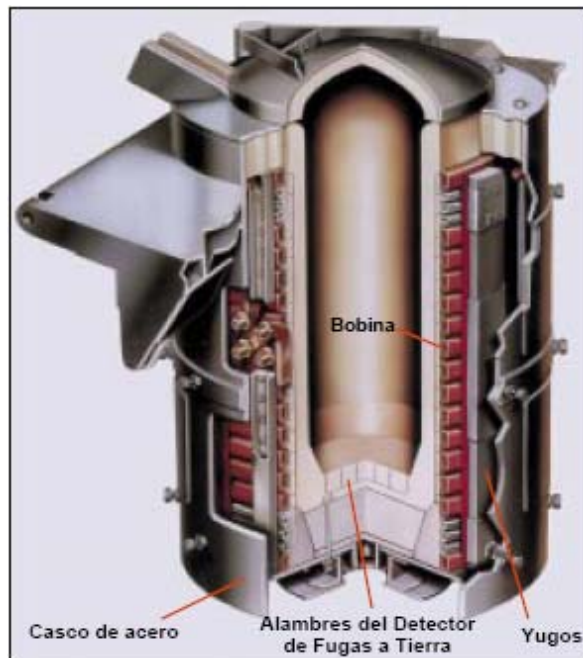
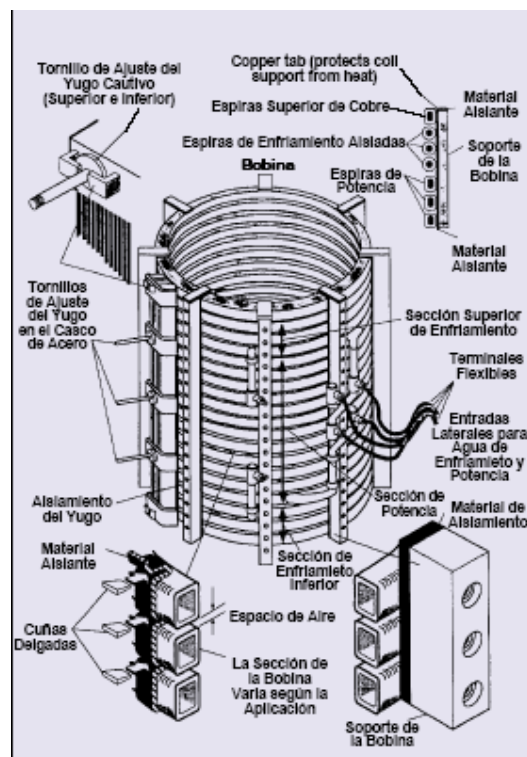


FIGURA 1.12. HORNO DE INDUCCIÓN SIN NÚCLEO.

El desglose de todas las partes que pueden poseer los hornos de este tipo se muestra en la figura 1.13.



**FIGURA 1.13. PARTES DE UN HORNO DE INDUCCIÓN SIN NÚCLEO.**

Para que funcione el horno, se requiere de una fuente que le suministre energía (Fig.1.1). Esta lo hace mediante 4 mangueras de poder, en cuyo interior están dos conductores de cobre (1/0 TWF, desnudo) enfriados por agua de la red del circuito de las puertas 4 y 5, véanse los planos 7, 17, 19 y 20. A continuación, los datos de placa:

Datos de entrada de la fuente de poder:

440V, 3~, 60Hz, 567A.

Datos de salida de la fuente de poder:

1250V, 1~, 1000Hz, 497A, 350KW.

Capacidad del horno de la cuba basculante A:

1000 lb. De aleación ferrosa.

Capacidad del horno de la cuba basculante B:

650 lb. De aleación ferrosa.

Se tienen 2 hornos de inducción que se usan, uno a la vez, según el tipo de refractario correspondiente a la fundición requerida. Cada bobina tiene 15 espiras de tubo de cobre tipo k de  $\text{Ø}1"$ ,  $\text{Ø}_{\text{exterior}}$  646 mm, altura 600 mm.

En el plano 24, se observa que el análisis fue hecho con la bobina de la cuba B dentro del sistema de enfriamiento.

En las siguientes figuras se observan las fotos de bobina y conectores de la cuba B:



**FIGURA 1.14. BOBINA DE LA CUBA B**



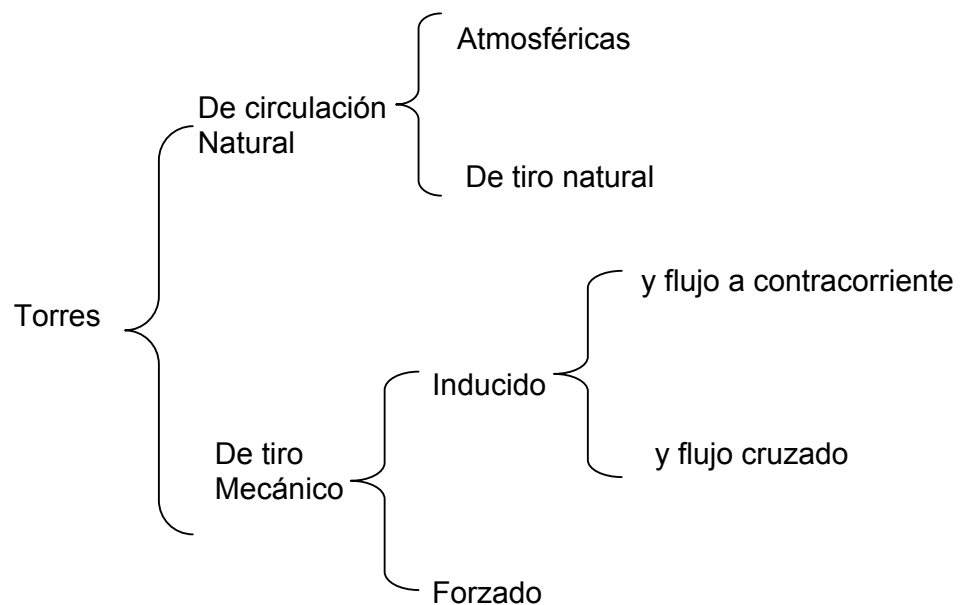
**FIGURA 1.15. CONECTORES (1" N.T.P.) DE CUBA B**

Como se puede concluir los conectores de las bobinas de inducción son iguales, Estos permiten el suministro de energía y de agua de enfriamiento por medio de la conexión de las mangueras de poder.

## 1.2. Clasificación de las torres de enfriamiento.

Los hornos industriales de inducción poseen tiristores, que deben tener una temperatura máxima de 40 °C, en funcionamiento; si se admite un gradiente de temperatura máximo de 10°C, resulta una temperatura máxima del medio de refrigeración de 30 °C.

La referencia bibliográfica 1 presenta tres alternativas para los sistemas de enfriamiento por agua. Todos usan torres de enfriamiento, por ello considero importante profundizar en su clasificación, considerando la circulación de aire en la torre de enfriamiento. La siguiente, se basa en las referencias bibliográficas 2, 3, 6, 15, 16, 17 y 18.



**FIGURA 1.16. CLASIFICACIÓN DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO.**

### **1.2.1. Torres de circulación natural**

Estas no hacen uso de ventiladores para la circulación de aire, se clasifican en:

- torres atmosféricas
- torres de tiro natural

#### **1.2.1.1. Torres atmosféricas**

Sus características son las siguientes:

1. Utilizan las corrientes de aire de la atmósfera (son de flujo cruzado).
2. Son abiertas.
3. Deben instalarse en lugares muy despejados, de forma que ningún obstáculo pueda impedir la libre circulación de aire a través de la torre.
4. Tienen un costo inicial alto debido a su gran tamaño, pero el costo de mantenimiento es reducido, al no existir partes mecánicas móviles.
5. Se debe garantizar que funcionará habitualmente expuesta a vientos de velocidades iguales o superiores a los 8 km/h.



6. Si la velocidad promedio del viento es baja, los costos fijos y de bombeo aumentan mucho en relación a una torre de tiro mecánico y no compensan el ahorro del costo de ventilación. Actualmente, las torres atmosféricas están en desuso.

#### **1.2.1.2. Torres de tiro natural**

Sus características son las siguientes:

1. El aire es inducido por una gran chimenea situada sobre el relleno.
2. La diferencia de densidades entre el aire húmedo caliente y el aire atmosférico es el principal motivo por el cual se crea el tiro de aire a través de la torre.
3. La diferencia de velocidades entre el viento circulante a nivel del suelo y el viento que circula por la parte superior de la chimenea también ayuda a establecer el flujo de aire.
4. Son altas y deben tener una sección transversal grande para facilitar el movimiento del aire ascendente.

5. Tienen bajos costos de mantenimiento y son muy indicadas para enfriar grandes caudales de agua.
6. Al igual que las torres atmosféricas, no tienen partes mecánicas.
7. La velocidad media del aire a través de la torre suele estar comprendida entre 1 y 2 m/s.
8. No es posible conseguir un valor de acercamiento pequeño y es muy difícil controlar exactamente la temperatura del agua.
9. En las torres de tiro -natural no se pueden utilizar rellenos de gran compacidad, debido a que la resistencia al flujo de aire debe ser lo más pequeña posible.
10. Estas torres son muy utilizadas en centrales térmicas; muy pocas veces son aplicables a plantas industriales debido a la fuerte inversión inicial necesaria.

### **1.2.2. Torres de tiro mecánico**

- Proporcionan un control total sobre el caudal de aire suministrado.

- Son torres compactas, con una sección transversal y una altura de bombeo pequeñas en comparación con las torres de tiro natural.
- Valores de acercamiento muy pequeños (hasta de 1 o 2 °C, aunque en la práctica acostumbra a ser de 3 o 4 °C).
- Si el ventilador se encuentra situado en la entrada de aire, el tiro es forzado.
- Cuando el ventilador se ubica en la zona de descarga del aire, se habla de tiro inducido.

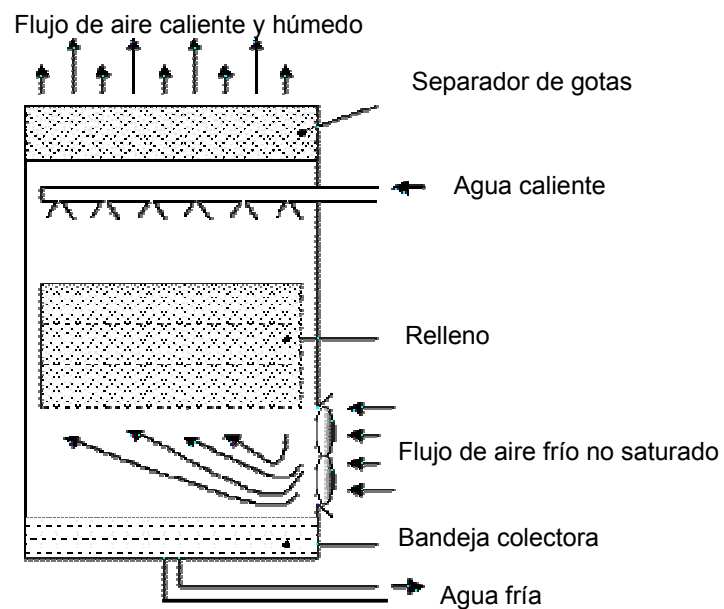
#### **1.2.2.1. Torres de tiro forzado**

Sus características son las siguientes:

- El aire se descarga a baja velocidad por la parte superior de la torre.
- Son, casi siempre, de flujo a contracorriente
- Son más eficientes que las torres de tiro inducido, puesto que la presión dinámica convertida a estática realiza un trabajo útil. El aire que se mueve es aire frío de mayor densidad que en el caso de tiro inducido.
- El ventilador trabaja con aire frío y no saturado.

- El equipo mecánico tendrá una duración mayor que en el caso de tiro inducido.
- El inconveniente radica en la posibilidad de recirculación del aire de salida hacia la zona de baja presión, creada por el ventilador en la entrada de aire.

En la siguiente figura se puede observar la distribución de sus partes constituyentes.



**FIGURA 1.17. TORRE DE ENFRIAMIENTO DE TIRO FORZADO.**

### 1.2.2.2. Torres de tiro inducido

Estas torres son de gran importancia a nivel industrial, son solución económica a los requerimientos de enfriamiento; pueden ser de dos tipos:

- De flujo a contracorriente.
- De flujo cruzado.

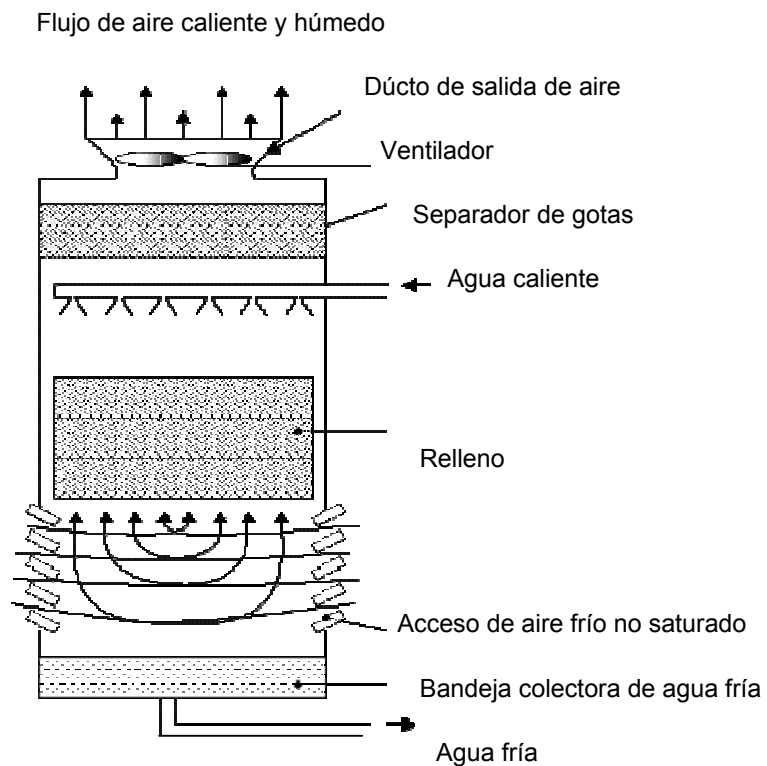
#### **Torres de tiro inducido y flujo a contracorriente**

Sus características son las siguientes:

- Tanto el agua como el aire van en la misma dirección pero en sentidos opuestos.
- El agua más fría se pone en contacto con el aire más seco, lográndose un máximo rendimiento.
- El aire puede entrar a través de una o más paredes de la torre.
- Altura de entrada de aire reducida en comparación con las de tiro inducido y flujo cruzado.

- Existe el riesgo de arrastre de suciedad y cuerpos extraños dentro de la torre debido a la velocidad de entrada de aire.
- La resistencia del aire que asciende contra el agua que cae se traduce en un aumento de la potencia de ventilación en comparación con otras torres.

En la siguiente figura se observa la distribución de las partes constituyentes de este tipo de torre.



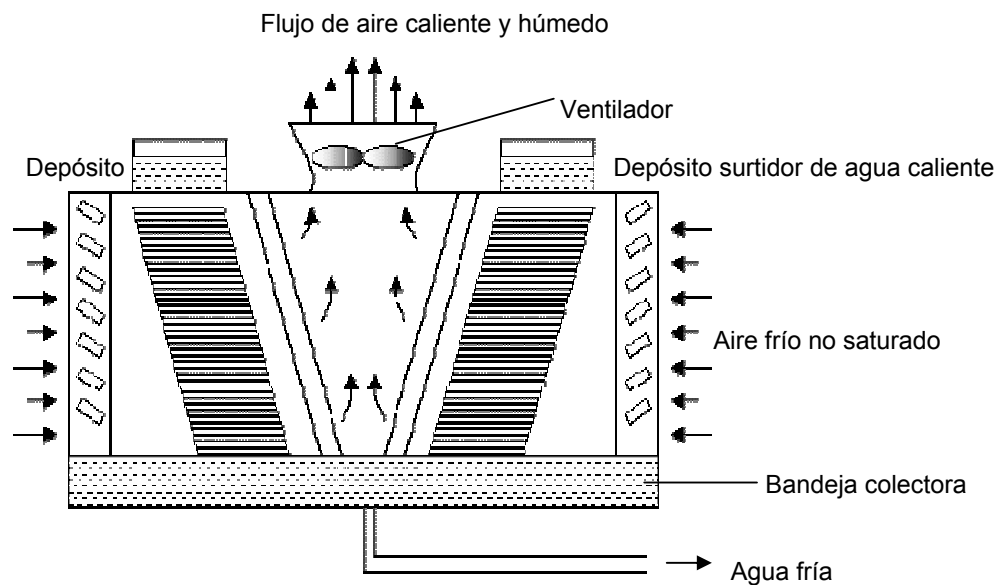
**FIGURA 1.18. TORRE A CONTRACORRIENTE Y TIRO INDUCIDO.**

### **Torres de tiro inducido y flujo cruzado.**

Sus características son las siguientes:

- El aire circula en dirección perpendicular respecto al agua que desciende.
- Tienen una altura menor que las torres de flujo a contracorriente, ya que la altura total de la torre es prácticamente igual a la del relleno. Pero su diámetro o sección transversal es relativamente mayor a las de tiro inducido y flujo a contracorriente.
- El mantenimiento de estas torres es menos complicado que en el caso de las torres a contracorriente.
- Facilidad de inspección de los distintos componentes internos de la torre.
- La principal desventaja de estas torres es que no son recomendables para aquellos casos en los que se requiera un gran salto térmico y un valor de acercamiento pequeño, puesto que ello significará más superficie transversal y más potencia de ventilación, que en el caso de una torre de flujo a contracorriente.

En la siguiente figura se observan sus partes:



**FIGURA 1.19. TORRE DE FLUJO CRUZADO Y TIRO INDUCIDO.**

### 1.3. Especificación del tipo de torre de enfriamiento a usarse.

Para seleccionar el tipo de torre de enfriamiento adecuado empleo una matriz de decisión, en la que en la primera fila pondero al costo inicial, costo de operación, tamaño compacto, facilidad de mantenimiento, y sobre todo al espacio requerido para el montaje, como las características requeridas para solucionar el problema.

Las alternativas de solución son las 5 clases de torre de enfriamiento, a las que se asignó una jerarquía del 1 al 10, en función de las características dadas en la anterior clasificación de las torres de enfriamiento.



De la sumatoria de los valores resultantes de la multiplicación de ponderación y jerarquía, de cada tipo de torre, se elegirá al tipo que posea mayor resultado.

**TABLA 1**  
**MATRIZ DE DECISIÓN PARA TIPO DE TORRE.**

Torre tipo	Costo inicial	Costo de operación	Tamaño compacto	Facilidad de mantenimiento	Área de montaje	Suma
<i>Factor de Peso</i>	0.25	0.20	0.20	0.15	0.20	1.00
Circulación Natural Atmosférica	1	8	1	6	1	
	0.25	1.6	0.2	0.9	0.2	3.15
Circulación De tiro Natural	2	8	2	6	1	
	0.5	1.6	0.2	0.9	0.2	3.4
<b>Tiro mecánico Inducido y flujo a contracorriente</b>	10	9	10	8	10	
	<b>2.5</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>	<b>1.2</b>	<b>2</b>	<b>9.5</b>
Tiro mecánico Inducido y flujo cruzado	6	8	9	7	8	
	1.5	1.6	1.8	1.05	1.6	7.55
Tiro mecánico Forzado	9	10	8	10	8	
	2.25	2	1.6	1.5	1.6	8.95

Es evidente que la mejor opción es el tipo de torre de enfriamiento de tiro mecánico y flujo a contracorriente. Esto debido a que, comparativamente, tiene menor tamaño y área de montaje requerido; aunque no posea los menores costos iniciales y de

operación, tal es el caso del tipo de torre de enfriamiento de tiro mecánico forzado. Esta es, relativamente, más difícil de limpiar, y realizar su montaje. Razón por la que se descarta.

Al momento solo podemos tener como referencia la imagen del tipo específico de torre a buscar, en la siguiente figura:



**FIGURA 1.20. APARIENCIA GENERAL DE LA TORRE REQUERIDA.**

Se conoce que el agua de enfriamiento no deberá superar los 30 °C y, mantener una presión de 30 a 60 psi (2,07 a 4.14bar); con esto y los esquemas de los planos 25 y 26, procedo a calcular los caudales y demás parámetros requeridos en el siguiente capítulo.

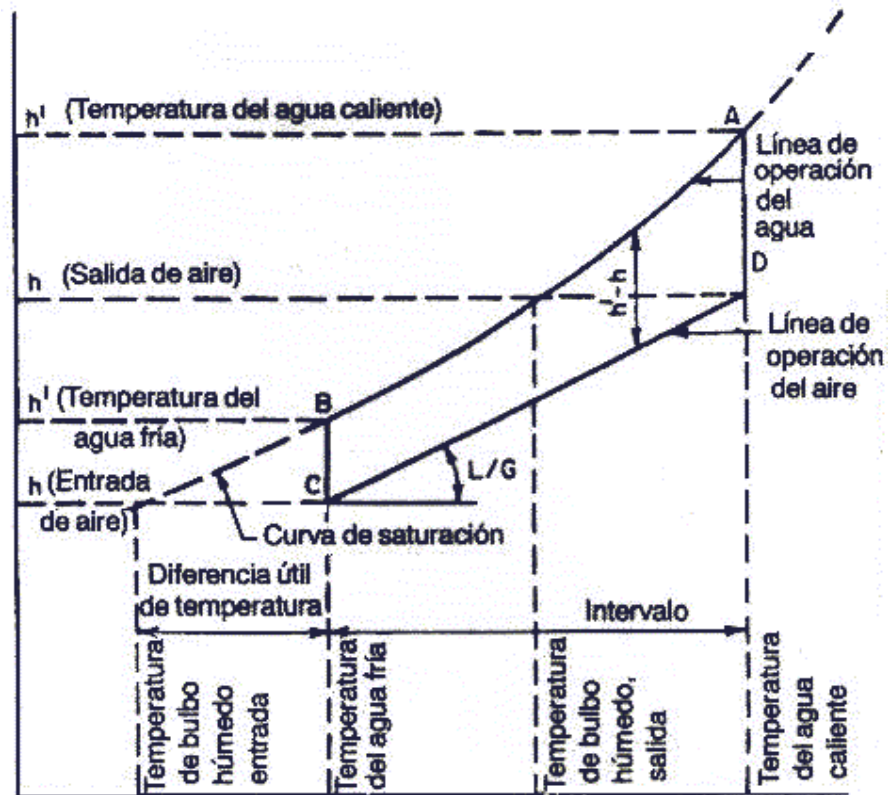
# CAPITULO 2

## 2. CÁLCULOS

Dado que, de los elementos y del equipo íntegro, no se poseen información sobre el caudal de agua de enfriamiento requerido. Lo calcularé basándome en datos de presión y temperatura, que se obtuvieron posteriormente al montaje del sistema modificado. En este se usó, provisionalmente, una bomba que estuvo disponible en el momento de la prueba de la torre adquirida en el mercado local.

La teoría del proceso de transferencia de calor en una torre de enfriamiento, es la que desarrolló el Dr. Merkel. Se basa en la diferencia del potencial de entalpía, entonces, se supone que cada partícula de agua esta rodeada por una película de aire y que la diferencia de entalpía entre la misma y el aire circundante proporciona la fuerza impulsora para el proceso de enfriamiento.

A continuación, se ilustran las relaciones del agua, aire y el potencial impulsor que existe en una torre de contra flujo.



**FIGURA 2.1. RELACIONES AGUA – AIRE, DE TORRE A CONTRAFLUJO.**

De la figura anterior: la operación del agua está representada por la línea AB y se especifica por medio de las temperaturas del agua de la torre en la entrada y salida. La línea de operación del aire inicia en C, verticalmente por debajo de B, y en un punto que tiene una entalpía correspondiente a la temperatura de entrada de bulbo húmedo. La línea BC, representa la fuerza impulsora inicial ( $h' - h$ ). El aire que sale de la torre se representa por medio del punto D y la gama de enfriamiento es la longitud proyectada de la línea CD sobre la escala de temperaturas.

Resumiendo, la teoría del Dr. Merkel, como se observa en la figura 2.1, considera el flujo de masa y energía del agua a la interfase y de la interfase a la masa gaseosa. Cuando el flujo cruza estas dos fronteras, cada una ofrece una resistencia a la transferencia de materia y energía, que resulta en gradientes de temperatura, entalpía y de humedades.

El Dr. Merkel demostró que:

$$Q = K \cdot S \cdot (h_w - h_a) \quad \text{Ec.01}$$

$$S = a \cdot V \quad \text{Ec.02}$$

Donde:

Q: Calor total transferido en Btu/h ó kJ/h

K: Coeficiente total de transferencia en lb/h pie<sup>2</sup> ó kg/h m<sup>2</sup>

S: Área de transferencia en pie<sup>2</sup> ó m<sup>2</sup>, característica física.

a: Area de transferencia equivalente por unidad de volumen, 1/pie ó 1/m

V: volumen efectivo de la torre, pie<sup>3</sup> ó m<sup>3</sup>.

h<sub>w</sub>: Entalpía de mezcla gaseosa a la temperatura del agua, Btu/lb ó kJ/kg.

h<sub>a</sub>: Entalpía de mezcla gaseosa a la temperatura de bulbo húmedo, Btu/lb ó kJ/kg.

Para lo cálculos se usarán unidades del sistema internacional.

Existen parámetros citados en la Ec.01 que no son constantes, tanto entalpías como temperaturas cambian a lo largo de la torre, luego derivándola:

$$dQ = d[K*S*(h_w-h_a)] = K*(h_w-h_a)*dS \quad \text{Ec.03}$$

Para la transferencia de calor del lado del agua:

$$Q = C_w*L*(t_{hw} - t_{cw}) \quad \text{Ec.04}$$

$$dQ = C_w*L*dt_w \quad \text{Ec.05}$$

donde:

$C_w$ : calor específico del agua, kJ/(kg °K)

$L$ : flujo másico del agua que ingresa a la torre, kg/s

$t_w$ : temperatura del agua en contacto con el relleno, °K

$t_{hw}$ : temperatura del agua caliente que ingresa a la torre, °K

$t_{cw}$ : temperatura del agua fría que sale de la torre, °K

Para la transferencia de calor del lado del aire:

$$Q = G*(h_{oa} - h_{ia}) \quad \text{Ec.06}$$

$$dQ = G*dh_a \quad \text{Ec.07}$$

Donde:

$G$ : flujo másico del aire que ingresa a la torre, kg/h ó kg/s.

$h_{ia}$ : Entalpía de mezcla gaseosa que ingresa a la torre a la temperatura de bulbo húmedo, kJ/kg.

$h_{oa}$ : Entalpía de mezcla gaseosa que sale de la torre a la temperatura de bulbo húmedo, kJ/kg.

Haciendo uso de las ecuaciones 03, 05 y 07, se puede obtener el calor total por medio de las siguientes ecuaciones:

$$K^*(h_w-h_a)*dS = C_w*L*dt_w \quad \text{Ec.08}$$

$$K^*(h_w-h_a)*dS = G*dh_a \quad \text{Ec.09}$$

Que podemos describir de la siguiente manera:

$$K * dS = G * \frac{dh_a}{h_w - h_a} \quad \text{Ec.10}$$

$$\frac{K * dS}{L} = \frac{C_w dt_w}{h_w - h_a} \quad \text{Ec.11}$$

Integrando las Ecuaciones 10 y 11, tenemos:

$$\frac{KS}{L} = \frac{KaV}{L} = \frac{G}{L} \int_{h_{ia}}^{h_{oa}} \frac{dh}{h_w - h_a} \quad \text{Ec.12}$$

$$\frac{KS}{L} = \frac{KaV}{L} = C_w \int_{t_{cw}}^{t_w} \frac{dt_w}{h_w - h_a} \quad \text{Ec.13}$$

“Al término  $KaV/L$  se lo denomina la característica de la torre” (16).

Para determinarlo existen problemas, debido a la variación que tienen las entalpías a lo largo de la torre; este escollo puede reducirse, si al integrar se usa el método de Tchebycheff de la siguiente forma:

$$\int_a^b y dx = (b-a) * \frac{(y_1 + y_2 + y_3 + y_4)}{4}$$

$$y_1 = \text{valor de } y \text{ a } x = a + 0.1 * (b-a)$$

$$y_2 = \text{valor de } y \text{ a } x = a + 0.4 * (b-a)$$

$$y_3 = \text{valor de } y \text{ a } x = a + 0.6 * (b-a) \text{ ó } a x = b - 0.4 * (b-a)$$

$$y_4 = \text{valor de } y \text{ a } x = a + 0.9 * (b-a) \text{ ó } a x = b - 0.1 * (b-a)$$

Con ello el valor de la característica de la torre, se puede evaluar como se indica a continuación:

$$\begin{aligned} \frac{KaV}{L} &= C_w \int_{t_{cw}}^{t_{hw}} \frac{dt_w}{h_w - h_a} = \\ &= C_w * (t_{hw} - t_{cw}) * \left(\frac{1}{4}\right) * \left(\frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4}\right) \end{aligned} \quad \text{Ec.14}$$

Donde :

$$\Delta h_1 = \text{valor de } (h_w - h_a) \text{ a la temperatura de } t_{cw} + 0.1 * (t_{hw} - t_{cw})$$

$$\Delta h_2 = \text{valor de } (h_w - h_a) \text{ a la temperatura de } t_{cw} + 0.4 * (t_{hw} - t_{cw})$$

$$\Delta h_3 = \text{valor de } (h_w - h_a) \text{ a la temperatura de } t_{cw} + 0.6 * (t_{hw} - t_{cw})$$

$$\Delta h_4 = \text{valor de } (h_w - h_a) \text{ a la temperatura de } t_{cw} + 0.9 * (t_{hw} - t_{cw})$$

La ecuación 14 será de utilidad cuando se evalué a la torre montada.

A continuación se da una representación gráfica de la característica de la torre de enfriamiento (KaV/L), dada por la Ecuación 14.





## 2.1. Cálculo y selección de la torre requerida, en función a la capacidad total del horno.

De lo expuesto anteriormente, el horno requiere, para operar adecuadamente, que se le suministre agua de enfriamiento por medio de una red que opere en un rango de 30 a 60 psi (2,07 a 4.14 bar) y no supere una temperatura de 32.2 °C. Considero que el agua enfriada en la torre saldrá a 1 °C superior a la del bulbo húmedo.

En consecuencia, para poder calcular y seleccionar una torre de enfriamiento, es necesario especificar la temperatura de bulbo húmedo. No existe información estadística de ella en Wiesner Inox.

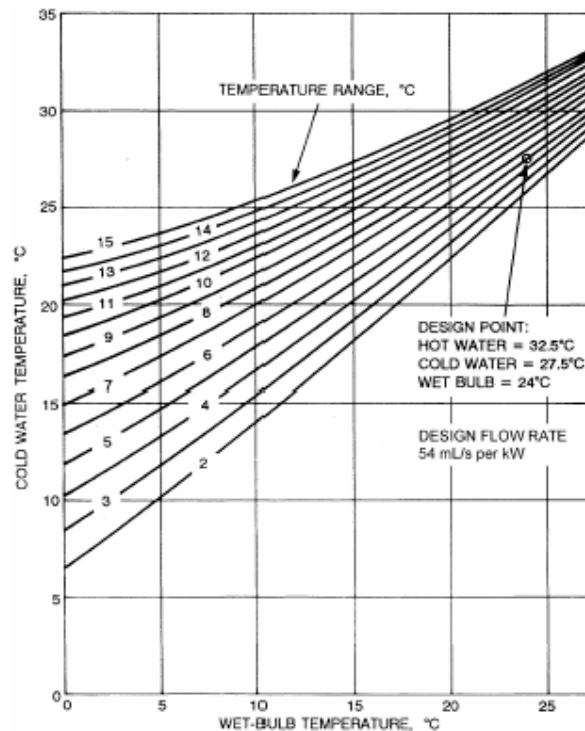
Para determinar esta temperatura, usé un termómetro de mercurio con una gasa húmeda. En la tabla 2 se muestran las lecturas obtenidas.

**TABLA 2**  
**TEMPERATURAS DE BULBO HÚMEDO.**

<b>Temperatura de bulbo húmedo tomada en operación</b>									
23/06/06		24/06/06		27/06/06		28/06/06		07/07/06	
Hora	°C	Hora	°C	Hora	°C	Hora	°C	Hora	°C
14:30	24	11:00	24	13:30	22	12:30	22	12:45	22
15:00	23.5	11:30	24	14:00	22.5	13:00	23.5	13:30	22.5
16:00	24	12:00	24	14:50	23	14:00	24	14:00	22.5
16:25	25	13:00	25	15:30	22.5	15:00	23.5	14:45	22.5
17:00	24	14:00	25	16:15	22.5	16:00	23.5	16:00	23
17:35	24	14:00	24	17:00	22.5	16:45	23	16:30	22
18:15	24	14:30	24	18:00	22.5	17:15	23	17:00	22
18:30	23	-	-	-	-	-	-	18:00	21
18:45	23	-	-	-	-	-	-	19:00	21

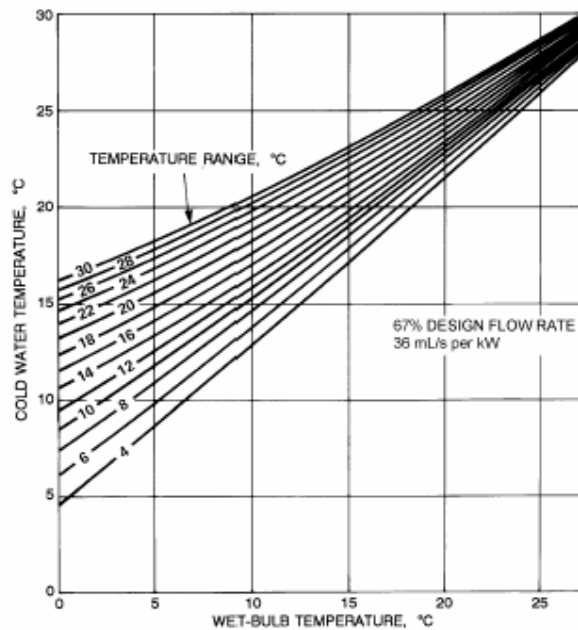
La humedad ambiental nunca llegó a superar el 80%. Las temperaturas fluctúan de 21 °C a 25 °C. Siendo conservador, se asume una temperatura de bulbo húmedo de 27 °C como referencia para cálculo y selección de la torre.

Existen múltiples curvas de rendimiento, emitidas por el Cooling Tower Institute (CTI), que evalúan el desempeño de la torre con caudales que van desde el 67% al 167% de diseño. Para seleccionar una torre nos guiamos con las de 67% y 100%.



**FIGURA 2.3. RENDIMIENTO DE TORRE, AL 100% DEL CAUDAL.**

La figura 2.3 da las curvas de rendimiento, de una torre de enfriamiento que cumpla las especificaciones dadas por el CTI, con el 67% del flujo de diseño y la figura 2.4 con el 100% de éste.

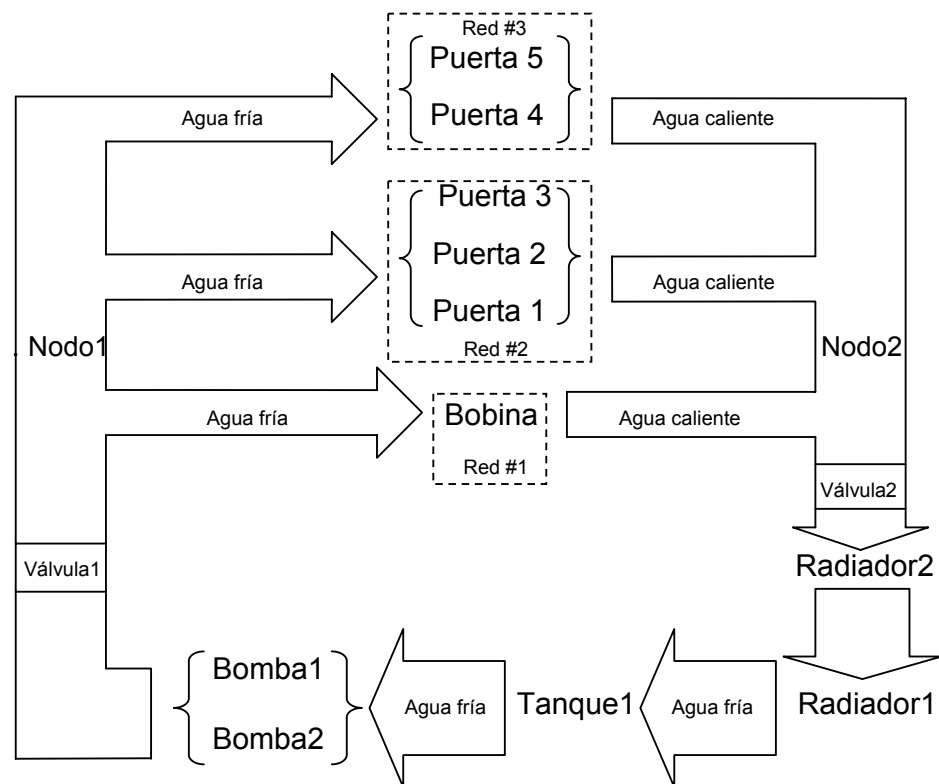


**FIGURA 2.4. RENDIMIENTO DE TORRE, AL 67% DEL CAUDAL.**

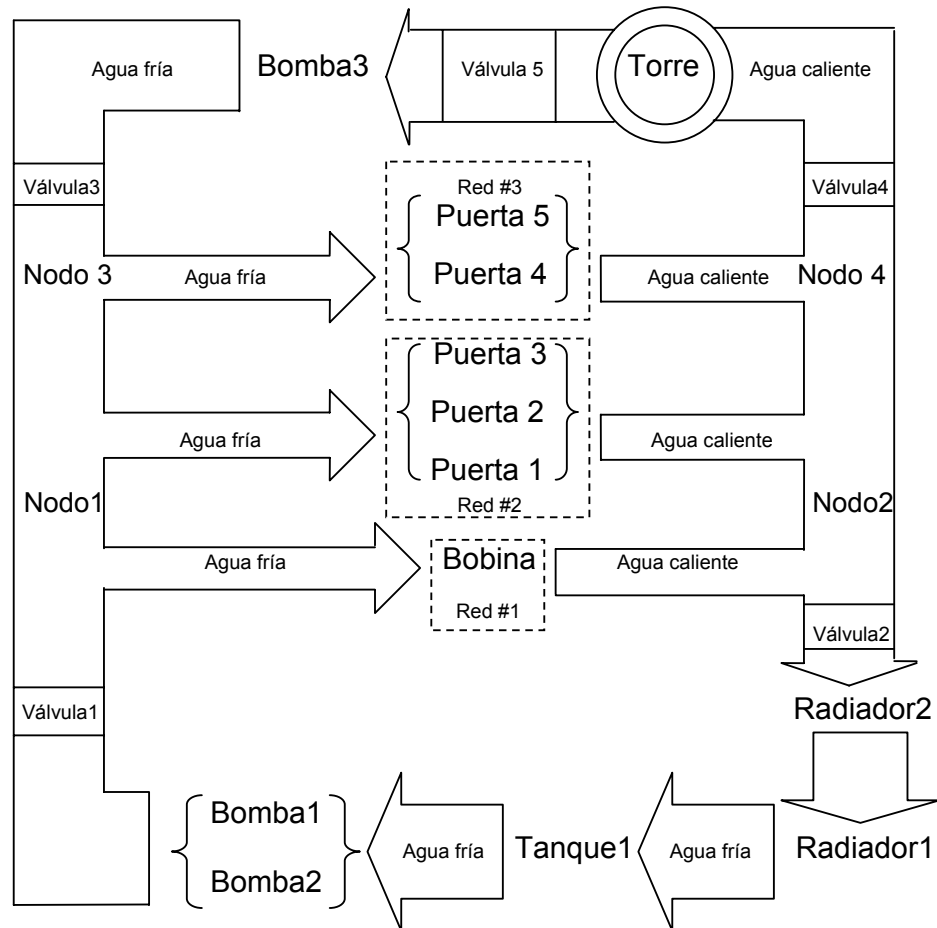
En la figura anterior se puede apreciar que, para las condiciones que poseemos, si partimos con una temperatura de bulbo húmedo de 27 °C, convergen rangos de 6 °C a 10 °C; dando una temperatura de agua fría igual o inferior a los 28 °C. Esto garantiza la operación del horno; extrapolando y considerando la peor condición, la máxima temperatura de bulbo húmedo será de 31°C, que da una temperatura de agua fría aproximada a 32 °C.

Generalmente, los fabricantes que usan el sistema inglés lo cumplen, por ello se buscará fabricantes que sean, norteamericanos, o que cumplan las normativas del CTI, o lo que es igual, que usen el sistema inglés.

Para realizar los cálculos del sistema inicial nos guíamos con los diagramas dados por la figura 1.11. Para analizar el sistema inicial modificado, usamos la figura 2.5. Para el sistema completo, usamos la figura 2.6.



**FIGURA 2.5. DIAGRAMA DEL SISTEMA INICIAL MODIFICADO.**



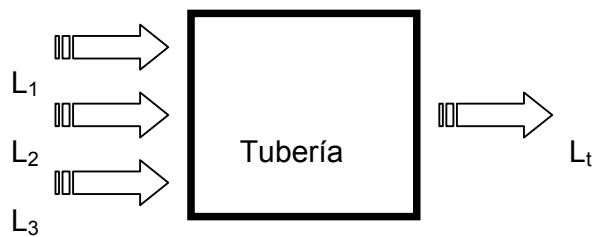
**FIGURA 2.6. DIAGRAMA DEL SISTEMA COMPLETO.**

Para determinar el caudal necesario uso el principio de conservación la energía y la masa, es decir lo que entra a un sistema es igual a lo que sale.

En las figuras 2.5 y 2.6, se indican los parámetros involucrados en los cálculos. El caudal es casi constante, el calor disipado varía.



**FIGURA 2.7. CALOR TRANSFERIDO HACIA Y DESDE EL AGUA.**



**FIGURA 2.8. FLUJO MÁSSICO DE AGUA.**

Asumiendo que el sistema de tuberías está aislado:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_t \quad \text{Ec. 15}$$

$$L_1 + L_2 + L_3 = L_t \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

$Q_1$ : calor transferido al agua fría, desde la bobina de inducción.

$Q_2$ : calor transferido al agua fría, desde las puertas #1, #2, y #3.

$Q_3$ : calor transferido al agua fría, desde las puertas #4 y #5.

$Q_t$ : calor extraído del agua caliente por la torre de enfriamiento.

$L_1$ : flujo másico de agua fría, usado por la bobina de inducción.

$L_2$ : flujo másico de agua fría, usado por las puertas #1, #2, y #3.

$L_3$ : flujo másico de agua fría, usado por las puertas #4 y #5.

$L_t$ : flujo másico de agua fría, usado por el sistema completo.

Para usar los datos obtenidos y el flujo en  $m^3/s$ , la ecuación 4 será:

$$Q = 4.184 \cdot \rho_{cw} \cdot L \cdot (t_{hw} - t_{cw})$$

$$Q = 4.184 \cdot \rho_{cw} \cdot L \cdot (\Delta t) \quad \text{Ec. 17}$$

Reemplazando en la ecuación 15:

$$4167.46 \cdot L_1 \cdot \Delta t_1 + 4167.46 \cdot L_2 \cdot \Delta t_2 + 4167.46 \cdot L_3 \cdot \Delta t_3 = 4167.46 \cdot L_t \cdot \Delta t_t$$

$$L_1 \cdot \Delta t_1 + L_2 \cdot \Delta t_2 + L_3 \cdot \Delta t_3 = L_t \cdot \Delta t_t \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

$\Delta t_1$ : diferencia de temperatura del agua de la bobina.

$\Delta t_2$ : diferencia de temperatura del agua de las puertas #1, #2, y #3.

$\Delta t_3$ : diferencia de temperatura del agua de las puertas #4 y #5.

$\Delta t_t$ : diferencia de temperatura del agua del sistema completo.

Evidentemente, hay más incógnitas que ecuaciones. Entonces se realizará cálculos iterativos, variando los caudales.

Inicio determinando los caudales. Las dos bombas (véase la figura 1.11) no tienen placa, por ello se procede a determinar las pérdidas para cada instalación y en función a la potencia hídrica requerida se determina el caudal usado inicialmente.

Los datos obtenidos de voltaje e intensidad de operación son dados en la tabla 3.



**TABLA 3**  
**DATOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, INICIAL.**

Datos de energía eléctrica, inicial, usada en bombas.					
Bomba #	Voltaje (Voltios)	Amperaje (Amperios)	cosφ	η	Potencia (vatios)
1	190	3.4	0.7	0.4*	313.29335
2	190	5.4	0.7	0.25**	310.9897

Para determinar los datos de energía eléctrica, inicial, usada en las bombas. Usamos los datos de la tabla 3 y la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia en watts} = 1.732 * \text{voltaje} * \text{amperaje} * \text{cos}\phi * \eta$$

He considerado el valor del cosφ en función al tipo y potencia del motor.

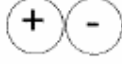
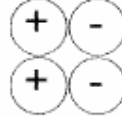
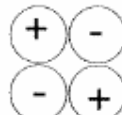
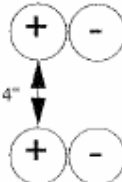
El rendimiento (η), según el caso: \*asumido por el desgaste debido al uso y corrosión, \*\*asumido por desgaste y porque los 2 impulsores estaban muy obstruidos, cuando se desarmaron.

Para determinar los caudales debemos contrastar la potencia hídrica requerida con la potencia eléctrica usada (tabla 03). Por ello requerimos determinar el cabezal total y caudal que tenía inicialmente.

Nuevamente se requieren cálculos iterativos basados en los datos anteriores, y referidos al requerimiento de agua de enfriamiento para las mangueras de poder, obtenido del apéndice A.

La manguera usada es de tamaño 16 (size 16), en la configuración 2, de la tabla 4. El consumo de agua puede ser estimado como 1/8 de GPM de agua de enfriamiento por cada kw perdido.

**TABLA 4**  
**PÉRDIDA DE VOLTAJE EN LAS MANGUERAS DE PODER.**

AVERAGE VOLTAGE DROP (IN VOLTS) PER 1,000 AMPS PER PAIR-FOOT OF LEADS			
LEAD CONFIGURATION	1,000 cy.	3,000 cy.	10,000 cy.
Configuration 1 	.9	2.7	9
Configuration 2 	.57	1.71	5.7
Configuration 3 	.33	.99	3.3
Configuration 4 	.45	1.35	4.5

La intensidad que circula por las mangueras de poder es aproximadamente de 1000 amperios a 1000 Hz (cy), mide 4 metros entre sus terminales, es decir 13.12337 pies, como es un par de ida y otro de vuelta (véanse las láminas 18 y 20), el total es 26.25 pies. Usamos el valor de 0.57 V perdidos por cada par de pies.

Entonces:

$$\text{Voltaje perdido} = 26.25 \text{ pie} \cdot (0.57 \text{ V/pie})$$

$$\text{Voltaje perdido} = 14.9625 \text{ V}$$

$$\text{Potencia perdida} = 14.9625 \text{ V} \cdot 1000 \text{ A}$$

$$\text{Potencia perdida} = 14.9625 \text{ kw.}$$

El caudal (referencial) requerido por las mangueras de poder operativas será:

$$\text{Caudal} = (14.9625 / 8) \text{ GPM.}$$

$$\text{Caudal} = 1.8703125 \text{ GPM.}$$

$$\text{Caudal} = 0.000118 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Haciendo uso de la información dada en la referencia bibliográfica 8, determinamos la pérdida por fricción en función de la caída de presión, en una tubería de dimensiones conocidas. Uso:

$$(\Delta p / \rho) = h_f \quad \text{Ec.19}$$

Donde:

$\Delta p$ : diferencia de presión en un tramo horizontal en pascales, ó lo que es igual  $\text{N/m}^2$ .

$\rho$ : densidad del agua a la temperatura que fluye en  $\text{kg/m}^3$ .

$h_f$ : pérdida de carga dada en  $\text{m}^2/\text{s}^2$ .

De la referencia bibliográfica 8, uso de la fórmula:

$$h_f = k \cdot (v^2 / (2 \cdot g)) \quad \text{Ec.20}$$

Donde:

k: coeficiente de resistencia del elemento.

v: velocidad media del fluido, m/s.

g: aceleración de gravedad,  $9.81\text{m/s}^2$ .

Los valores de “k” obtenidos de la referencia bibliográfica 5 son:

Expansión de  $\frac{1}{2}$ " a 1":  $k = 3.364732$

Expansión de 1" a  $1\frac{1}{2}$ ":  $k = 1.861031$

Expansión de  $1\frac{1}{2}$ " a 2":  $k = 0.409979$

$$\text{Codo: } k = 30 \cdot f_T \quad \text{Ec. 21}$$

Entrada con resalte:  $k = 0.78$

Reducción de 2" a  $1\frac{1}{2}$ ":  $k = 0.20499$

Reducción de  $1\frac{1}{2}$ " a 1":  $k = 0.930515$

Reducción de 1" a  $\frac{1}{2}$ ":  $k = 1.682366$

Salida con resalte:  $k = 1$

$$\text{Te flujo directo: } k = 20 \cdot f_T \quad \text{Ec. 22}$$

$$\text{Te flujo desviado } 90^\circ: k = 60 \cdot f_T \quad \text{Ec. 23}$$

$$\text{Válvula de bola 100\% abierta: } k = 3 \cdot f_T$$

Ec. 24

$$\text{Válvula de compuerta 100\% abierta: } k = 8 \cdot f_T \quad \text{Ec. 25}$$

Donde  $f_T$  es el valor del factor de fricción para tuberías comerciales, nuevas, de acero, con flujo en la zona de total turbulencia; dada a continuación en la siguiente tabla

:

**TABLA 5**  
**VALORES DE  $f_T$ .**

<b><i>Diámetro Nominal</i></b>		<b><i>Factor de fricción</i></b>
mm	Pulgadas	$f_T$
15	1/2	0.027
20	3/4	0.025
25	1	0.023
32	1 1/4	0.022
40	1 1/2	0.021
50	2	0.019
65.8	2 1/2, 3	0.018
100	4	0.017
125	5	0.016
150	6	0.015
200, 250	8, 10	0.014
300-400	12 -16	0.013
450-600	18 -24	0.012

Para determinar el valor del coeficiente de fricción de la tubería referida, debemos usar una ecuación que sea válida en la zona de turbulencia. Ya que “es más eficiente el transporte de fluido cuando el flujo es turbulento” (6), uso la ecuación de Darcy-Weisbach:

Donde: 
$$h_{l \text{ tubería}} = f^*(l/D)*(v^2/2) \quad \text{Ec.26}$$

f: factor de fricción de Darcy para la tubería.

D: diámetro de la tubería dado en metros.

l: longitud de la tubería dada en metros.

v: velocidad media del fluido, en m/s.

Evidentemente, como se van a realizar cálculos iterativos, variaremos la velocidad media y el valor de f hasta encontrar un % de error aceptable.

Para cada iteración procedemos de la siguiente manera:

1. Asumimos un valor de la velocidad en un punto y en función a ella las restantes, para el caso de la manguera de poder es independiente y se basa en el cálculo del caudal requerido.
2. Determinamos el cabezal a vencer por la bomba, usando las ecuaciones citadas.
3. Evaluamos la potencia hídrica requerida por la red en cuestión.
4. Obtenemos el error al comparar la potencia obtenida de la bomba con la requerida.
5. Repetimos el procedimiento, incrementando la velocidad inicial, hasta obtener un error reducido.
6. Finalmente, determinamos el caudal circulante, en m<sup>3</sup>/s y GPM.

Para todos los cálculos posteriores, determinamos el valor del número de Reynolds, el error y el caudal de la siguiente manera:

$$Re = (\rho \cdot v \cdot D) / \mu \quad \text{Ec.27}$$

Los valores de  $\rho$  y de  $\mu$  son obtenidos en las tablas de la referencia bibliográfica 5.

El valor de  $\mu$  suele darse en centipoise, cP, para dar el valor requerido se usa la equivalencia:  $1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa s}$ , los valores requeridos son obtenidos de la tabla A-2a de la referencia dada.

Para calcular el caudal dado en  $\text{m}^3/\text{s}$ , uso:

$$L = v \cdot (3.1415927 \cdot D^2) / 4 \quad \text{Ec.28}$$

Para la conversión de unidades uso  $1 \text{ m}^3/\text{s} = 15850.322237 \text{ GPM}$ .

Al error lo estimo de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \left( \frac{(\text{valor referente}) - (\text{valor estimado})}{(\text{valor referente})} \right) * 100 \quad \text{Ec.27}$$

En las siguientes tablas doy los resultados de las iteraciones realizadas, buscando un error reducido al contrastar los valores referenciales, de la potencia dados en la tabla 03, con los calculados. Para determinar la potencia hídrica uso la ecuación:

$$\text{Potencia} = \text{Caudal} * \text{Densidad} * 9.81 \text{ m/s}^2 * \text{Cabezal total} \quad \text{Ec. 28}$$

**TABLA 6**  
**ITERACIONES PARA EL CAUDAL INICIAL DE LA BOBINA.**

Caudal inicial, de la tubería de la bobina de inducción (bomba 1, agua fría a 48 °C)										
$\rho$	$\mu$	$A_{\varnothing 1\ 1/2''}$	$V_{\varnothing 1\ 1/2''}$	$h_{l\text{ accesorios}}$	H	$L_1$	$L_1$	$P_{\text{hidrica}}$	$P_{\text{eléctrica}}$	error
(kg/m <sup>3</sup> )	(Pa s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(GPM)	(watts)	(watts)	(%)
990.1	0.0006	0.001018	1.1445	1.305459	27.05	0.001165	18.4656	306.1	313.29	2.297
990.1	0.0006	0.001018	1.147	1.311068	27.21	0.001168	18.5053	308.57	313.29	1.508
990.1	0.0006	0.001018	1.1495	1.316688	27.31	0.00117	18.5449	310.35	313.29	0.938
990.1	0.0006	0.001018	1.1519	1.322321	27.41	0.001173	18.5845	312.15	313.29	0.366
990.1	0.0006	0.001018	1.1544	1.327966	27.51	0.001175	18.6241	313.95	313.29	-0.21
990.1	0.0006	0.001018	1.1568	1.333623	27.61	0.001178	18.6638	315.75	313.29	-0.78

**TABLA 7**  
**ITERACIONES DEL CAUDAL INICIAL DE LA FUENTE.**

Caudal inicial, de la tubería de la fuente (bomba 2, agua fría a 33 °C)										
$\rho$	$\mu$	$A_{\varnothing 1\ 1/2''}$	$V_{\varnothing 1\ 1/2''}$	$h_{l\text{ accesorios}}$	H	$L_2+L_3$	$L_2+L_3$	$P_{\text{hidrica}}$	$P_{\text{eléctrica}}$	error
(kg/m <sup>3</sup> )	(Pa s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(GPM)	(watts)	(watts)	(%)
994.6	0.00072	0.001018	2.4	2.784757	12.51	0.002443	38.7208	298.19	310.99	4.115
994.6	0.00072	0.001018	2.405	2.809759	12.57	0.002448	38.8015	300.31	310.99	3.434
994.6	0.00072	0.001018	2.41	2.834892	12.66	0.002453	38.8821	303.13	310.99	2.526
994.6	0.00072	0.001018	2.415	2.860154	12.76	0.002458	38.9628	305.98	310.99	1.611
994.6	0.00072	0.001018	2.42	2.885545	12.85	0.002463	39.0435	308.85	310.99	0.687
994.6	0.00072	0.001018	2.425	2.911066	12.94	0.002468	39.1241	311.75	310.99	-0.25

Considero que es casi imposible que se haya determinado el caudal real. Consecuentemente, los caudales iniciales asumidos serán los de la



tabla 06, **18GPM** y **38GPM** en la tabla 07, que son equivalentes a **0.001136 m<sup>3</sup>/s** y **0.002397 m<sup>3</sup>/s**.

Para usar la ecuación 18, debemos conocer los valores de cada caudal y sus temperaturas respectivas, por ello, basados en los datos obtenidos, obtenemos la siguiente tabla:

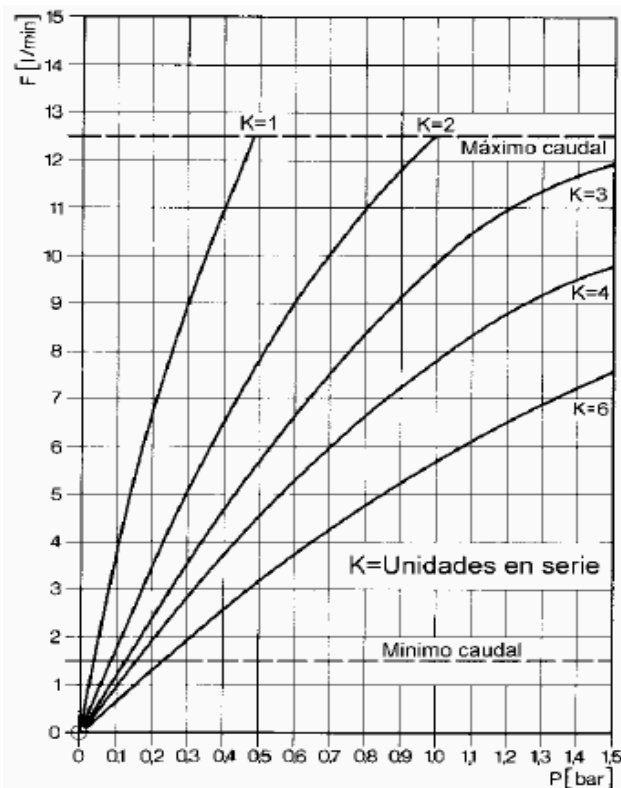
**TABLA 8**  
**PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA INICIAL**

Parámetros de operación del sistema inicial						
subíndice	t <sub>hw</sub> (°C)	t <sub>cw</sub> (°C)	ρ <sub>cw</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Δt (°C)	L (m <sup>3</sup> /s)	Q (kw)
1	56	48	995.6	8	0.001136	37.856886
2	36	33	994.64	2	0.0011985	9.975292
3	36	33	994.64	2	0.0011985	9.975292

En la tabla 8 asumimos que el caudal de la fuente se divide en dos partes iguales, pero esto no afecta al valor global del calor disipado por el agua (**57.8kw**); debido a que, afortunadamente, la diferencia de temperatura es igual en los dos caudales. El acondicionador de aire al ser de 18000 Btu aportaba con la disipación de **5.17175 kw**, existían dos extractores de aire montados en el bloque formado por las puertas 1, 2, y 3. Asumimos que el acondicionador de aire no aportaba toda su capacidad, entonces, el calor extra disipado en la puerta 1, era de **5 kw**.

El calor total, al 55% de capacidad, era de **62.8 kw**. Para los cálculos, trabajando al 55% del diseño, lo asumimos de **63 kw**.

Para determinar el caudal usado con la torre montada provisionalmente, y el valor del calor disipado en cada uno de las 3 redes de agua de enfriamiento, realizamos cálculos iterativos comparando los valores de las ecuaciones número 15 a 18. Como requerimos determinar por lo menos un caudal referencial, estimamos el de la red de las puertas 4 y 5. Para los condensadores de poder, uso los datos de la figura 2.9 y las láminas 18 y 20.



**FIGURA 2.9. CAUDAL DE CONDENSADORES EN SERIE.**

La máxima pérdida de presión tabulada es de 1.5 bar (21.76 psi), el día 07/07/06 la pérdida fue de 30 psi (2.068bar). Como las curvas tienden a estabilizarse y los condensadores son usados, uso el máximo valor del caudal para cada caso:

$$\text{Caudal de condensadores} = (3 * 12.5 + 2 * 12) \text{ litros/minuto}$$

$$\text{Caudal de condensadores} = 61.5 \text{ litros/minuto}$$

$$\text{Caudal} = 16.114494 \text{ GPM.}$$

$$\text{Caudal} = 0.001017 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Se requiere determinar el caudal requerido por los disipadores de las barras de cobre y de los contactores de potencia. Asumimos que el caudal inicial de la red #3, para el cálculo iterativo será:

$$\text{Caudal} = (\text{caudal de mangueras} + \text{caudal de condensadores}).$$

$$\text{Caudal} = (1.8703125 + 16.114494) \text{ GPM} = 17.9848 \text{ GPM.}$$

$$\text{Caudal asumido} = 19 \text{ GPM} = 71.923 \text{ litros/minuto.}$$

$$\text{Caudal inicial de red \#3} = 72 \text{ litros/minuto} = 0.0012 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Usando los datos obtenidos en el día 07/07/2006 y las ecuaciones #15 a #18, los cálculos iterativos los realizamos variando el caudal, manteniendo las temperaturas anotadas en las hojas de control, hasta obtener un error reducido al evaluar la igualdad de la Ec. 18.

**TABLA 9**  
**SISTEMA MODIFICADO, AL 40% DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.**

Caudal y calor disipado en cada red del sistema modificado trabajando al 40%										
$\rho$ 23°C (kg/m <sup>3</sup> )	L1 $\Delta t=20^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L2 $\Delta t=2^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L3 $\Delta t=0,5^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	LT (m <sup>3</sup> /s)	Q1 (kw)	Q2 (kw)	Q3 (kw)	QT (kw)	$\Delta t_t$ (°C)	error (%)
997.48	0.00038	0.0016	0.0029	0.00488	31.718	13.355	6.0515	51.125	2.513	0.096
997.48	0.00039	0.00163	0.00295	0.004965	32.553	13.564	6.1558	52.273	2.525	0.096
997.48	0.0004	0.00165	0.003	0.00505	33.388	13.772	6.2602	53.42	2.537	0.096
997.48	0.00041	0.00168	0.00305	0.005135	34.222	13.981	6.3645	54.568	2.549	0.096
997.48	0.00042	0.0017	0.0031	0.00522	35.057	14.19	6.4689	55.716	2.56	0.096
997.48	0.00043	0.00173	0.00315	0.005305	35.892	14.398	6.5732	56.863	2.571	0.096

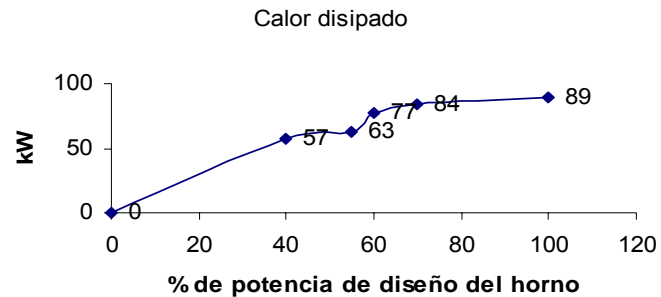
**TABLA 10**  
**SISTEMA MODIFICADO AL 60% DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.**

Caudal y calor disipado en cada red del sistema modificado trabajando al 60%										
$\rho$ 24°C (kg/m <sup>3</sup> )	L1 $\Delta t=26^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L2 $\Delta t=3^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L3 $\Delta t=0,8^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	LT (m <sup>3</sup> /s)	Q1 (kw)	Q2 (kw)	Q3 (kw)	QT (kw)	$\Delta t_t$ (°C)	error (%)
997.24	0.00038	0.0016	0.0029	0.00488	41.224	20.695	7.7441	69.663	3.421	-1.82
997.24	0.00039	0.00163	0.00295	0.004965	42.309	21.019	7.8776	71.205	3.437	-1.81
997.24	0.0004	0.00165	0.003	0.00505	43.394	21.342	8.0111	72.747	3.452	-1.81
997.24	0.00041	0.00168	0.00305	0.005135	44.478	21.665	8.1446	74.288	3.467	-1.8
997.24	0.00042	0.0017	0.0031	0.00522	45.563	21.989	8.2781	75.83	3.482	-1.79
997.24	0.00043	0.00173	0.00315	0.005305	46.648	22.312	8.4117	77.372	3.495	-1.79

**TABLA 11**  
**SISTEMA MODIFICADO, AL 70% DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.**

Caudal y calor disipado en cada red del sistema modificado trabajando al 70%										
$\rho$ 24°C (kg/m <sup>3</sup> )	L1 $\Delta t=27^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L2 $\Delta t=3,1^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L3 $\Delta t=1^\circ\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	LT (m <sup>3</sup> /s)	Q1 (kw)	Q2 (kw)	Q3 (kw)	QT (kw)	$\Delta t_t$ (°C)	error (%)
997	0.00038	0.0016	0.0029	0.00488	42.799	20.69	12.097	75.587	3.713	0
997	0.00039	0.00163	0.00295	0.004965	43.925	21.014	12.306	77.245	3.73	0
997	0.0004	0.00165	0.003	0.00505	45.052	21.337	12.514	78.903	3.746	-2E-14
997	0.00041	0.00168	0.00305	0.005135	46.178	21.66	12.723	80.561	3.761	-2E-14
997	0.00042	0.0017	0.0031	0.00522	47.304	21.984	12.931	82.219	3.776	-2E-14
997	0.00043	0.00173	0.00315	0.005305	48.431	22.307	13.14	83.877	3.79	0

Con los datos de las últimas filas de las tablas a 9 a 11 y los de la tabla 8, obtenemos la siguiente figura:



**FIGURA 2.10. CALOR DISIPADO VS. POTENCIA USADA.**

La situación considerada el día 07/07/2006, da los valores más altos de calor registrado. A partir de la figura 2.10 procedemos a determinar los caudales requeridos para trabajar al 100% de la capacidad de diseño del horno, de manera igual al anterior procedimiento. Asumimos los valores dados en la tabla 12, con la finalidad de estimar los caudales mínimos, al límite operativo.

**TABLA 12**

**ASUNCIONES PARA LAS CONDICIONES LÍMITE.**

Consideraciones de los caudales requeridos para operar al 100%								
Parámetro:	$\Delta t_1$ (°C)	$\Delta t_2$ (°C)	$\Delta t_3$ (°C)	$\rho$ a 32°C (kg/m <sup>3</sup> )	$Q_1$ (kw)	$Q_2$ (kw)	$Q_3$ (kw)	$Q_t$ (kw)
Asunción:	28	5	5	994.96	51	23.5	14.5	89

TABLA 13

## SISTEMA MODIFICADO, AL 100% DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.

Caudal y calor disipado en cada red del sistema modificado trabajando al 100%										
$\rho$ 32°C (kg/m <sup>3</sup> )	L1 $\Delta t=28^{\circ}\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L2 $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	L3 $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ (m <sup>3</sup> /s)	LT (m <sup>3</sup> /s)	Q1 (kw)	Q2 (kw)	Q3 (kw)	QT (kw)	$\Delta t_t$ (°C)	error (%)
994.64	0.0004377	0.00105	0.0006	0.0020877	51.0026	21.8483	12.4847	85.3356	9.8221	1E-06
994.64	0.0004378	0.001075	0.00065	0.0021628	51.0142	22.3685	13.5251	86.9078	9.6421	-0.141
994.64	0.0004379	0.0011	0.0007	0.0022379	51.0259	22.8887	14.5655	88.4801	9.4871	-0.141
994.64	0.000438	0.001125	0.00075	0.002313	51.0375	23.4089	15.6059	90.0523	9.3422	-0.141
994.64	0.0004381	0.00115	0.0008	0.0023881	51.0492	23.929	16.6463	91.6245	9.2064	-0.141
994.64	0.0004382	0.001175	0.00085	0.0024632	51.0608	24.4492	17.6867	93.1968	9.0788	-0.141

La torre a seleccionar posee las siguientes características:

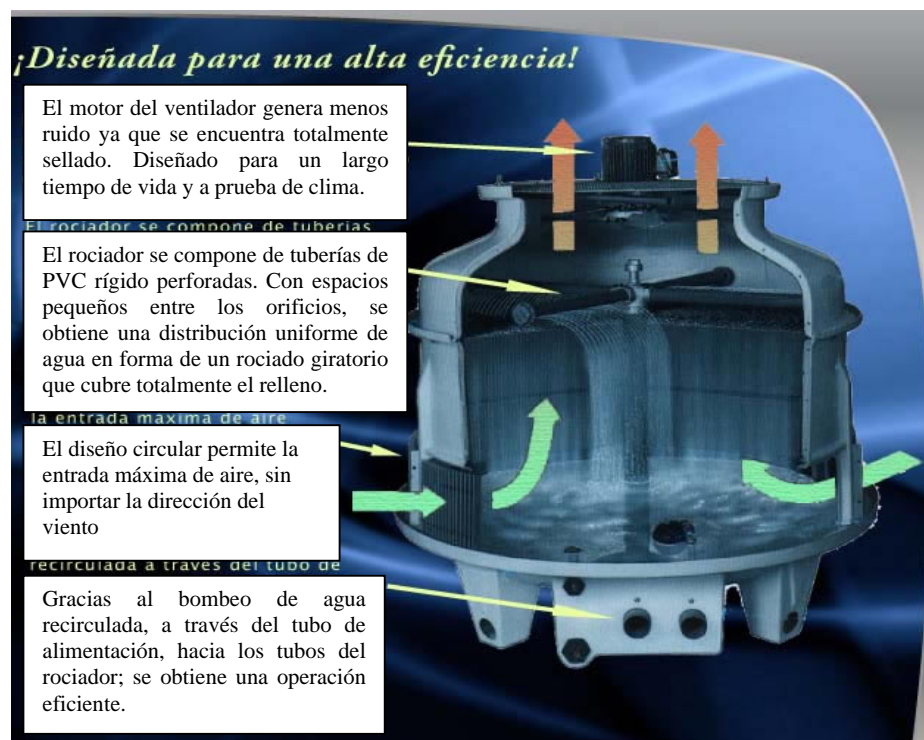


FIGURA 2.11. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE LA TORRE A USAR.



**FIGURA 2.12. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE LA TORRE A USAR, CONTINUACIÓN.**

El caudal a usar será de **39.5 GPM**, y el calor máximo a disipar, en condiciones límite, será de **89 kw**.

Del catálogo de las torres marca **amcot**, seleccionamos a la torre modelo **ST30**, cuyo caudal de diseño es 61 GPM, de éste se usará óptimamente un 64.75%.

La capacidad de disipación de calor de la torre a seleccionar será:

$$\begin{aligned}
 Q &= 4.184 \left( \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \right) * \rho * 61 \left( \frac{galones}{minuto} \right) * \left( \frac{0.003785m^3}{galon} \right) * \left( \frac{minuto}{60s} \right) * 5.556^{\circ}C \\
 Q &= 0.0902 \left( \frac{kJ}{kg} \right) * 997 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * \left( \frac{m^3}{s} \right) \\
 Q &= 89.93 \left( \frac{kJ}{s} \right) = 90kW
 \end{aligned}$$

La torre **amcot ST30** posee una capacidad de disipación nominal de 90kw, entonces, se la usa al 98.9% de ella, en el caso de trabajar con el horno al 100% de su capacidad de diseño nominal.

Si consideramos que el diferencial de temperatura a mantener es de 5°C, y que el límite en la red de agua caliente de la fuente es de 38°C, bien se puede operar a una temperatura de agua fría de 33°C. La máxima temperatura, conservadora, de bulbo húmedo será de 32°C.

Claro está que, el trabajo del horno será inferior al 100% de su capacidad total de diseño y en el caso de llegar ella, será por un periodo de tiempo reducido. Por ello consideramos que la torre **amcot** modelo **ST30** es la selección más adecuada. El análisis de la torre será profundizado en el capítulo 4.



## 2.2. Cálculo y selección del sistema de tuberías requerido para la torre de enfriamiento.

En la figura 2.5 y el plano 25 se tiene al sistema de tuberías modificado, que finalmente se consideró sea usado como sistema auxiliar, en caso de fallar el sistema principal.

El sistema principal es una ampliación del sistema inicial modificado, este se encuentra representado en la figura 2.6 y su perspectiva completa en los planos 25 y 26.

Cuando está operando el sistema de enfriamiento principal, las válvulas 1 y 2 están cerradas y las válvulas 3, 4 y 5 están abiertas.

En el sistema principal se encuentra operando, provisionalmente, la torre marca PROTEC, modelo PCT-60, sus datos de placa son:

Caudal de diseño:	160 GPM.
Rango:	5.6 °C.
Humedad:	80% a 26,7 °C de bulbo húmedo.
Temperatura de agua entrante:	35 °C.
Temperatura de agua saliente:	29.4 °C.
Motor del ventilador:	2Hp, 3~, 220 V – 400 V.

La bomba de agua #3, instalada provisionalmente, no posee placa, es usada y presenta calentamiento superados los 17.6 A. Esta intensidad fue medida mediante el uso de un multímetro marca Amprobe, modelo ACDC-3000, véase la figura 2.13.



**FIGURA 2.13. INTENSIDAD MÁXIMA A LA QUE TRABAJARÁ LA BOMBA # 3**

Por sus dimensiones, consumo, y sabiendo que opera a 220V, 3~, asumo es de 7.5 Hp. Se trabajó con la válvula #3 abierta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de carrera, para que la bomba opere a una intensidad inferior a los 17.6 A. De esta manera se obtuvieron los datos que están en las hojas de control y en las tablas 9, 10 y 11. Con ellos nos basamos para los cálculos y su posterior análisis.

De la selección de la torre se obtuvo que el caudal para laborar debe ser de 39.5 GPM.

Tanto para los cálculos y selección de la tubería como de la bomba a usar, asumimos que el caudal será de 50 GPM ( $0.003155\text{m}^3/\text{s}$ ).

La distribución de caudales es dada por la continuación de la tabla 12 hasta obtener el caudal total de 50 GPM, estos datos son dados en la tabla 14. Consecuentemente, los valores asumidos son dados en la tabla 15.

**TABLA 14**

**DISTRIBUCIÓN CALCULADA DEL CAUDAL DEL SISTEMA FINAL.**

Distribución de caudales, continuando la tabla 13		
Red #	$\text{m}^3/\text{s}$	GPM
1	0.000438	6.95
2	0.001517	24.05
3	0.0012	19.02
1+2+3	0.00	50.02

**TABLA 15**

**DISTRIBUCIÓN, ASUMIDA, DEL CAUDAL DEL SISTEMA FINAL**

Distribución de caudales asumida		
Red #	$\text{m}^3/\text{s}$	GPM
1	0.000442	7
2	0.001514	24
3	0.001199	19
1+2+3	0.003155	50

Para poder calcular y posteriormente seleccionar a las tuberías, nos basamos en la referencia bibliográfica número 9. En ella se dan las

velocidades recomendadas para el transporte de agua por tuberías.

Estos datos se encuentran en la tabla 16.

**TABLA 16**  
**VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA EL TRANSPORTE DE AGUA**

<b>Velocidades recomendadas para el transporte de agua.</b>			
<b>Efecto a Minimizar</b>	<b>Instalación Típica</b>	<b>Rango de Velocidad (pies por segundo)</b>	<b>Rango de Velocidad (metros por segundo)</b>
Ruido	Bloque de oficinas	6 – 8	1.8 – 2.4
	Teatros	2 – 4	0.6 – 1.2
Golpe de ariete	Donde estén Válvulas de cierre rápido	≤ 4	≤ 1.2
Erosión de tubería	Industrial	≤ 12	≤ 4

Como la torre se encuentra en el pasillo de acceso a las oficinas, y considerando que en la instalación se usan válvulas de cierre rápido, la velocidad a la que se transportará el agua deberá ser menor o igual a 1.2 m/s. Con este dato y los diámetros de las tuberías comerciales cédula 40, elaboramos la siguiente tabla:

**TABLA 17**  
**VELOCIDAD DEL AGUA EN TUBERÍAS DE CÉDULA 40.**

<b>VELOCIDAD A LA QUE SE TRANSPORTA EL AGUA EN TUBERÍAS DE CÉDULA 40</b>						
Caudal de la Red	Medida nominal (pulgadas)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Área Disponible (m <sup>2</sup> )	Caudal a Transportar (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad del agua (m/s)
#1+#2+#3	<b>2 1/2</b>	<b>73</b>	<b>62.7</b>	<b>0.00308763</b>	<b>0.003155</b>	<b>1.02182</b>
	2	60.3	52.5	0.00216475	0.003155	1.45744064
#1+#2	<b>2</b>	<b>60.3</b>	<b>52.5</b>	<b>0.00216475</b>	<b>0.001956</b>	<b>0.903567</b>
	1 1/2	48.3	40.9	0.00131382	0.001956	1.48878626
#2	<b>1 1/2</b>	<b>48.3</b>	<b>40.9</b>	<b>0.00131382</b>	<b>0.001514</b>	<b>1.15236319</b>
	1 1/4	42.2	35.1	0.00096762	0.001514	1.56466642
#3	<b>1 1/2</b>	<b>48.3</b>	<b>40.9</b>	<b>0.00131382</b>	<b>0.001199</b>	<b>0.91260467</b>
	1 1/4	42.2	35.1	0.00096762	0.001199	1.23912486
#1	<b>1</b>	<b>33.4</b>	<b>26.6</b>	<b>0.00055572</b>	<b>0.000442</b>	<b>0.79536983</b>
	3/4	26.7	21	0.00034636	0.000442	1.27612671

De la tabla 17 obtengo que las tuberías que transportan los caudales considerados, deban ser las resaltadas en negrilla, es decir, de 1", 1 ½", 2" y 2 ½". Considerando que se dispone de tuberías de 6 metros de largo, a continuación se da la cantidad de tubería requerida.

TABLA 18

## TUBERÍAS REQUERIDAS PARA EL SISTEMA MODIFICADO.

Tuberías requeridas para montar el sistema de tuberías modificado.					
Ø nominal (pulgadas)	Tramo considerado	Longitud Requerida (metros)	Nº de Tubos	Longitud Unitaria (metros)	Longitud Total (metros)
2 1/2	Nodo 3 - Torre	14.40	5	6.00	30.00
	Torre – Nodo 4	14.00			
2	Nodo 1 – Nodo 3	5.300	2	6.00	12.00
	Nodo 2 – Nodo 4	4.800			
1 ½	Nodo 3 – Red #3	2.800	2	6.00	12.00
	Red #3 – Nodo 4	2.500			
	Nodo 1 – Red 2	0.800			
	Red 2 – Nodo 2	0.800			
1	Nodo 1 – Red 1	4.000	2	6.00	12.00
	Red 1 – Nodo 1	4.000			

En la tabla 18 se dan las tuberías que se requieren comprar para realizar el montaje del sistema de tuberías modificado. Con los datos de la tabla 17, se puede concluir que el caudal puede ser superior a los 50 GPM considerados, sin generar golpes de ariete o sonidos indeseados. El límite es la velocidad de 1.2 m/s, a esta velocidad se tendrá un caudal de  $0.001577 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\approx 25 \text{ GPM.}$ ), en la red #2. Entonces, el caudal total máximo será de 52 GPM.

### 2.3. Cálculo y selección de la bomba para torre de enfriamiento.

Para seleccionar a la bomba requerida, debemos generar la curva de carga del sistema, para luego de interceptarla con la curva de operación de las bombas existentes. Finalmente, optar por la que permita obtener

un caudal de 50 GPM, con la mayor eficiencia posible. Sin descuidar la carga neta de succión positiva.

Para la curva de carga del sistema, debemos calcular el cabezal hídrico total, en función del caudal circulante.

En la tabla 18 se tienen las tuberías que se van a utilizar y, como las tres redes están en paralelo, su pérdida de cabezal es igual, pese a las variantes posibles en el interior de la fuente. Por ello en el cálculo se considera a la red número 1, que no varía en lo absoluto.

$$H = \sum h_f + h_{red \#1} + Z \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

H: cabezal total.

$h_f$ : pérdida de cabezal, por fricción, en la tubería.

$h_{red \#1}$ : pérdida de cabezal en la red #1.

Z: diferencia de nivel entre el punto más alto y la succión.

Todos estos valores serán dados en metros.

Para determinar la pérdida en toda la red considerada, asumimos las que se dan en los elementos involucrados. Véase la lámina 25.

$$Perdida \text{ en la red \#1} = \frac{\sum Perdida \text{ en accesorios}}{\quad} + \sum Perdida \text{ en mangueras y tuberías} \quad \text{Ec. 30}$$

En los cálculos se usa y se usará el diámetro hidráulico de la manguera de poder, debido a su forma compleja, el área transversal de la manguera de poder es:

$$Area = Area\ de\ manguera - 2 * (Area\ de\ cable\ de\ cobre)$$

Del artículo 352 del código NEC 2002 se tiene que el área es de 119.7 mm<sup>2</sup>, la asumo de 120 mm<sup>2</sup>. Entonces:

$$Area = \left( \frac{\pi * 0.025^2}{4} \right) - 2 * (1.2 * 10^{-4})$$

$$Area = 5.067 * 10^{-4} - 2.4 * 10^{-4}$$

$$Area = 2.5 * 10^{-4} m^2$$

Diámetro hidráulico = (4\*área/superficie mojada) = 0.00678 m.

El caudal de la red #1 se divide, en la bobina, en dos iguales, para enfriarla, entonces:

$$L_{red\ #1} = 2 * L_{bobina} = 2 * V_{bobina} * A_{bobina}$$

Se va a variar el caudal que fluye por el sistema, empezando con 0 GPM e incrementando 10 GPM hasta llegar a los 70 GPM; claro está, siempre realizaremos la conversión a m<sup>3</sup>/s. La distribución será en forma proporcional a la dada en la tabla 15.



La pérdida de cabezal es en función de la velocidad promedio del agua en cada tramo, basado en que el agua es un fluido incompresible, la velocidad en cada tramo será:

$$V_{tramo} = \frac{L_{tramo}}{A_{tramo}} \quad \text{Ec.31}$$

Donde:

$V_{tramo}$ : velocidad promedio del tramo considerado.

$L_{tramo}$ : caudal del tramo considerado.

$A_{tramo}$ : área de la sección transversal del tramo considerado.

Para la determinación de la pérdida de cabezal, en los accesorios usamos la ecuación 20, para la de tuberías y mangueras usamos la ecuación 26. En el caso de las tuberías y mangueras, el efecto de la corrosión y la formación de depósitos, debe ser considerado.

“Estos factores se combinan para provocar que  $e/D$  aumente en factor de 2 a 5 en tuberías viejas” (8).

En este caso asumimos que el valor de  $e/D$  será el doble del que se da en la tabla 19. Con ello consideramos a una bomba que, inicialmente estará sobredimensionada, pero que, con el tiempo permitirá el funcionamiento del sistema pese a los años de uso.

**TABLA 19**  
**RUGOSIDAD ABSOLUTA EN MM, TOMADA DE (9)**

<b>Rugosidad absoluta (e) para diferentes materiales</b>	
<b>Material</b>	<b>e (mm)</b>
Vidrio	0.0003
<b>PVC, CPVC o tubería estirada</b>	<b>0.0015</b>
Asbesto cemento	0.03
GRP	0.03
Acero comercial	0.046
Hierro forjado	0.046-0.06
CCP	0.12
Hierro fundido asfaltado	0.12
<b>Hierro galvanizado</b>	<b>0.15</b>
Arcilla vitrificada	0.15
Hierro fundido	0.25
Hierro dúctil	0.25
Madera cepillada	0.18 – 0.9
Concreto	0.3 – 3
Acero bridado	0.9 – 9

De la tabla 19, para la manguera y cobre asumo  $e = 0.003$ , para el hierro galvanizado asumo  $e = 0.3$ .

Para realizar los cálculos requeridos para graficar la curva de carga del sistema, debemos determinar las ocho distribuciones de caudal consideradas. Estas se dan en la siguiente tabla:

**TABLA 20**  
**CAUDALES REQUERIDOS PARA GRAFICAR LA CURVA DEL SISTEMA**

<b>Caudales requeridos para realizar la curva del sistema</b>				
Dato del caudal #:	$L_{total}$ (GPM)	$L_{total}$ (m <sup>3</sup> /s)	$L_{nodo3 \text{ a nodo1}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$L_{red \#1}$ (m <sup>3</sup> /s)
1	0	0	0	0
2	10	0.000631	0.0003912	0.0000884
3	20	0.001262	0.0007824	0.0001768
4	30	0.001893	0.0011736	0.0002652
5	40	0.002524	0.0015648	0.0003536
6	50	0.003155	0.001956	0.000442
7	60	0.003786	0.0023472	0.0005304
8	70	0.004417	0.0027384	0.0006188

Para el cálculo de la pérdida de la bobina de cobre, hacemos uso de lo expuesto en las páginas 2-15 a 2-17 del ítem 2 de la bibliografía.

Se tiene que la resistencia de las curvas al flujo se calculan con:

$$h_t = h_p + h_c + h_L$$

donde :

$h_t$  = pérdida total en metros de columna de fluido.

$h_p$  = pérdida excesiva en la tan gente corriente abajo,  
en metros de columna de fluido.

$h_c$  = pérdida debido a la curvatura, en metros de columna de fluido.

$h_L$  = pérdida en la curva debida a la longitud, en metros de columna de fluido.

Se considera que se puede hacer uso de la ecuación 18 con la tabla 4.

Luego del análisis respectivo, se deduce que para una tubería en hélice

de  $n$  curvas de  $90^\circ$  (4 por cada hélice completa), se puede calcular el valor total de “ $k$ ” con la ecuación 32.

$$k_t = (n - 1) * \left( 0.25 * \pi * f_T * \frac{r}{d} + 0.5 * k \right) + k \quad \text{Ec. 32}$$

Donde:

$n$ : # de curvas de  $90^\circ$  (4 por cada hélice completa)

$f_T$ : se obtiene de la tabla 05, si es tubería de acero comercial, caso contrario, debe usarse el coeficiente de fricción real.

$r$ : radio, tomado desde el eje de la hélice al eje de la tubería.

$d$ : diámetro de la tubería.

$k$ : se determina usando la tabla 21.

**TABLA 21**

**VALORES DE K PARA CURVAS Y CODOS DE  $90^\circ$**

Curvas y codos de $90^\circ$ , con bridas o con extremos para soldar a tope			
$r/d$	$k$	$r/d$	$k$
1	$20 * f_T$	8	$24 * f_T$
1.5	$14 * f_T$	10	$30 * f_T$
2	$12 * f_T$	12	$34 * f_T$
3	$12 * f_T$	14	$38 * f_T$
4	$14 * f_T$	16	$42 * f_T$
6	$17 * f_T$	20	$50 * f_T$

Como la tubería es de cobre, en lugar de “ $f_T$ ” uso el valor de “ $f$ ” determinado de los diagramas de Moody.

Entonces el valor de la pérdida en las 7.5 espiras, con diámetro de 25.4mm y radio de 308.5mm, se calculará con la siguiente ecuación:

$$h_{l\text{ bobina}} = k_t \cdot (v^2/2g) \quad \text{Ec. 33}$$

el valor de  $k_t$  será:

$$k_t = (30 - 1) \cdot \left( 0.25 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{308.5}{25.27} + 0.5 \cdot 34 \cdot f \right) + 34 \cdot f$$

$$k_t = 278f + 17f + 34f$$

$$k_t = 329f$$

Remplazando en la ecuación 33:

$$h_{l\text{ bobina}} = 329 \cdot f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_{l\text{ bobina}} = 16.769 \cdot f \cdot V^2$$

Aproximando:

$$h_{l\text{ bobina}} = 16.8 \cdot f \cdot V^2 \quad \text{Ec. 34}$$

Las pérdidas totales del sistema a 25 °C a la entrada y considerando todos los accesorios serán:

TABLA 22

**CÁLCULOS DE PÉRDIDA DE CABEZAL DEL SISTEMA  
COMPLETO**

Datos para realizar la curva de pérdida de cabezal hidráulico del sistema								
$h_{lt}$	$h_{l \text{ accesorios}}$	$H_{(\Delta z=1.83m)}$	$P_{hidrica}$	$P_{eléctrica}$	$P_{eléctrica}$	$L_{total}$	$L_{total}$	$L_{total}$
(m)	(m)	(m)	(watts)	(watts)	(HP)	(GPM)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /hr)
0	0	1.83	0	0	0	0	0	0
0.210702	0.047267	2.087969	12.88598	34.36262	0.046081	10	0.000631	2.2716
1.100961	0.189067	3.120028	38.51076	102.6953	0.137717	20	0.001262	4.5432
2.257949	0.425402	4.513351	83.56297	222.8346	0.298826	30	0.001893	6.8148
3.828297	0.75627	6.414567	158.351	422.2694	0.566272	40	0.002524	9.0864
5.809586	1.181672	8.821257	272.2037	725.8765	0.973416	50	0.003155	11.358
8.057674	1.701607	11.58928	429.1422	1144.379	1.534638	60	0.003786	13.6296
10.68394	2.316076	14.83002	640.6684	1708.449	2.291067	70	0.004417	15.9012

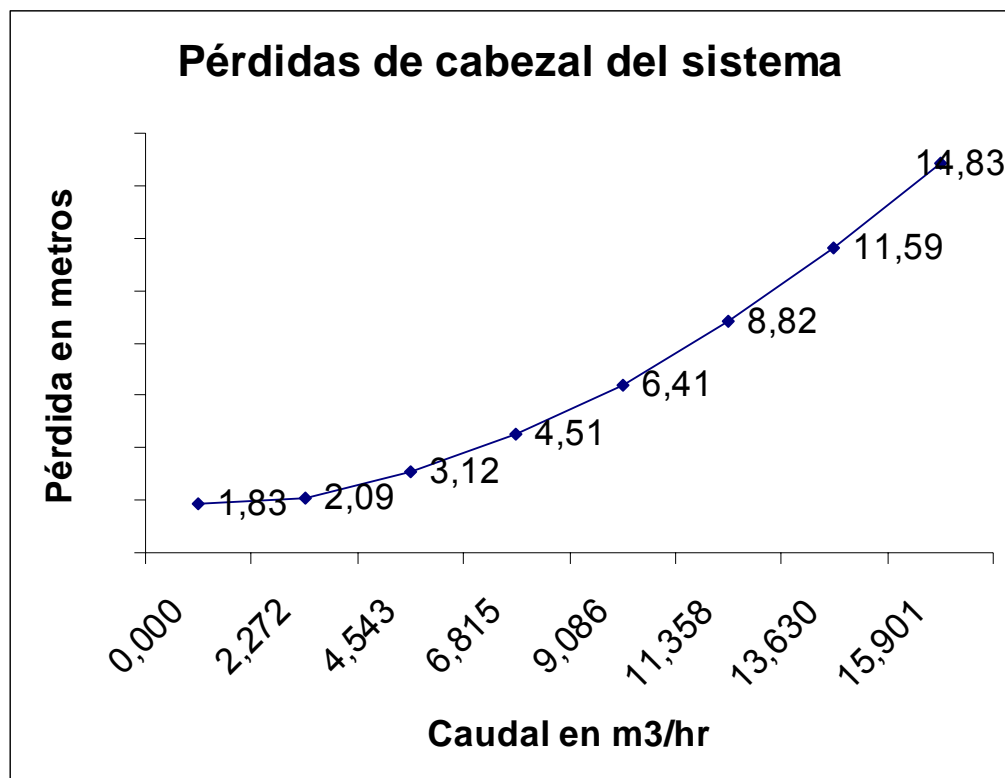


FIGURA 2.14. PÉRDIDAS DE CABEZAL DEL SISTEMA COMPLETO.

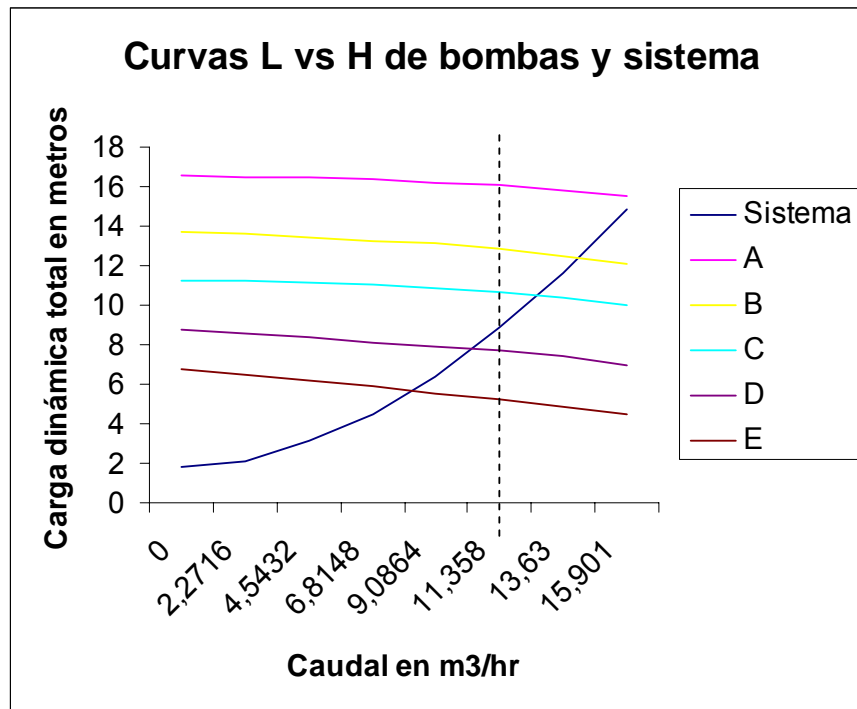
Para la selección de la bomba a ser usada, empleamos la información dada por la firma Goulds Pumps, para bombas de succión final, pequeña carga, hierro fundido, recubiertas de bronce Esta se encuentra en el apéndice B. De todas las bombas disponibles consideramos a las dadas en el modelo 3656, su tamaño es 2 x 2 - 5.

El tamaño del impulsor es dado por el código de pedido, el mismo que puede ser A, B, C, D, o E, correspondiente a: 4", 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub>", 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>", 3<sup>1</sup>/<sub>4</sub>", y 3<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" de diámetro, respectivamente.

Para interceptar las curvas de rendimiento con las del sistema uso la siguiente tabla:

**TABLA 23**  
**DATOS PARA SELECCIONAR LA BOMBA REQUERIDA**

Datos para intersecar las curvas de funcionamiento de las bombas con la del sistema								
L <sub>total</sub> (m <sup>3</sup> /s)	L <sub>total</sub> (m <sup>3</sup> /hr.)	L <sub>total</sub> (GPM)	H <sub>sistema</sub> (m)	H <sub>A</sub> (m)	H <sub>B</sub> (m)	H <sub>C</sub> (m)	H <sub>D</sub> (m)	H <sub>E</sub> (m)
0	0	0	1.83	16.55	13.7	11.22	8.8	6.75
0.000631	2.2716	10	2.087969	16.5	13.6	11.2	8.6	6.5
0.001262	4.5432	20	3.120028	16.45	13.45	11.15	8.4	6.2
0.001893	6.8148	30	4.513351	16.35	13.25	11.05	8.1	5.9
0.002524	9.0864	40	6.414567	16.2	13.1	10.9	7.9	5.5
0.003155	11.358	50	8.821257	16.05	12.85	10.7	7.75	5.2
0.003786	13.6296	60	11.58928	15.8	12.5	10.36	7.4	4.9
0.004417	15.9012	70	14.83002	15.5	12.1	10	7	4.5



**FIGURA 2.15. CURVAS L VS. H DE LAS BOMBAS Y EL SISTEMA COMPLETO.**

Como se dijo anteriormente, el caudal requerido es de 50 GPM, equivalente a 11.358 m<sup>3</sup>/hr. En la figura 2.15 se tiene a la línea cortada en el punto que representa 11.358 m<sup>3</sup>/hr.

Las bombas B y C, en el punto de intersección, tienen 47% y 44% de eficiencia, respectivamente; usan un motor de 1½ HP de potencia. Se elige la bomba B porque si, adicionalmente, se empina la curva del sistema, aseguramos que el caudal circulante será siempre superior al requerido. Con ello el rango del agua será disminuido.



Finalmente, para realizar el pedido de la bomba requerida debemos hacer uso del catálogo que se encuentra en el apéndice.

Dado que los transformadores de 220V están sobrecargados, al momento, es recomendable solicitar un motor que sea de 440V, 3Ø, 1½ HP. Con ello la bomba solicitada será:

**TABLA 24**

**CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA PARA USARSE CON LA TORRE.**

<b>Bomba Seleccionada</b>	
característica	especificación
marca	Goulds Pumps
modelo	3656LH
código	51 BF 1 F 2 B 0
Motor	440V, 3Ø, 1½ HP

**2.4. Cálculo de un sistema de refrigeración auxiliar.**

Como se dijo en la introducción, se desea usar al sistema existente para que, luego de analizarlo y de un proceso de reingeniería, se garantice la integridad de la bobina de inducción, en la eventualidad de que se dé algún daño en el sistema principal.

El sistema de refrigeración auxiliar que se va a considerar, debe ser capaz de garantizar el enfriamiento de la bobina, de tal manera que se logre cumplir con las especificaciones dadas en la referencia

bibliográfica número 10. Es decir, el calentamiento/ enfriamiento, debe ser lento hasta/desde los 573 °C.

En nuestro caso, al llegar a los 600 °C de temperatura en el material remanente fundido en el crisol, se procede a dejar de usar el sistema de enfriamiento; con ello el enfriamiento es lo suficientemente lento como para evitar rajaduras en el crisol.

Primeramente, determinamos el punto de operación del sistema principal. Para ello determinamos las ecuaciones de la curva de funcionamiento del sistema y de la bomba. Usamos los datos obtenidos anteriormente y que se dan en la siguiente tabla:

**TABLA 25**  
**DATOS PARA LAS CURVAS H VS. L DE LA BOMBA Y EL SISTEMA**

<b>Datos para obtener las curvas H vs. L</b>			
<b>Bomba</b>		<b>Sistema</b>	
<b>H (m)</b>	<b>L (m<sup>3</sup>/hr)</b>	<b>H (m)</b>	<b>L (m<sup>3</sup>/hr)</b>
13.1	9.0864	6.414567	9.0864
12.85	11.358	8.821257	11.358
12.5	13.6296	11.58928	13.6296

De la referencia bibliográfica numero 13, la ecuación de la bomba tiene la siguiente forma:

$$H = A * L^2 + B * L + C$$

Ec. 35

Donde los valores A, B, C, son constantes que se obtendrán conociendo tres puntos de operación de la bomba en consideración.

Dado que conocemos la zona en la que se encuentra el punto de operación, asumimos que la ecuación de la curva del sistema también obedece a la ecuación 35. Las ecuaciones serán las siguientes:

$$H_{\text{bomba}} = -0.0097 * L^2 + 0.0882 * L + 13.0991 \quad \text{Ec. 36}$$

$$H_{\text{sistema}} = 0.0351 * L^2 + 0.3422 * L + 0.4085 \quad \text{Ec. 37}$$

Punto de operación:

$$L = 14.2329 \text{ m}^3/\text{hr} = 62.66557 \text{ GPM}; H = 12.3895 \text{ m} = 40.647966 \text{ ft.}$$

Con este caudal de operación, y con el objetivo de que la transición del sistema principal al auxiliar, mantenga el enfriamiento de la bobina, usamos los datos de la tabla 20 y, siendo conservadores, usamos la distribución calculada de caudal dada en el ítem 07.

El caudal que circulará por la bobina será:

$$0.0005304 \text{ m}^3/\text{s} = 1.90944 \text{ m}^3/\text{hr} = 8.407 \text{ GPM}$$

En la tabla 12 se tiene que el calor máximo a disipar es de 51 kw, con ello y usando la ecuación 17, obtengo que la variación de temperatura (con agua a 32°C) será de 23.1°C. Entonces la temperatura a la que saldrá el agua será de 55.1°C

Las lecturas de las temperaturas de aire y agua, tanto entrante como saliente, de los intercambiadores usados inicialmente y que debemos considerar se dan en la siguiente tabla:

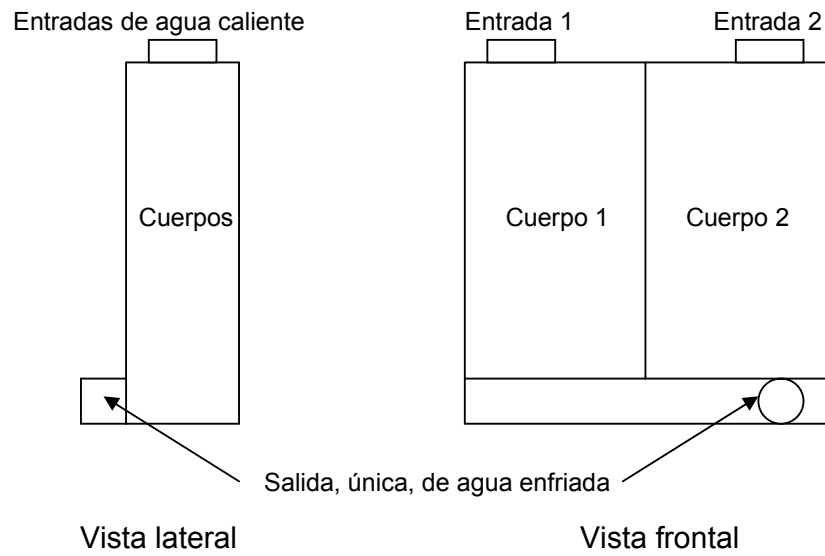
**TABLA 26**

**DATOS DE TEMPERATURAS A 2 HORAS DE OPERACIÓN INICIAL**

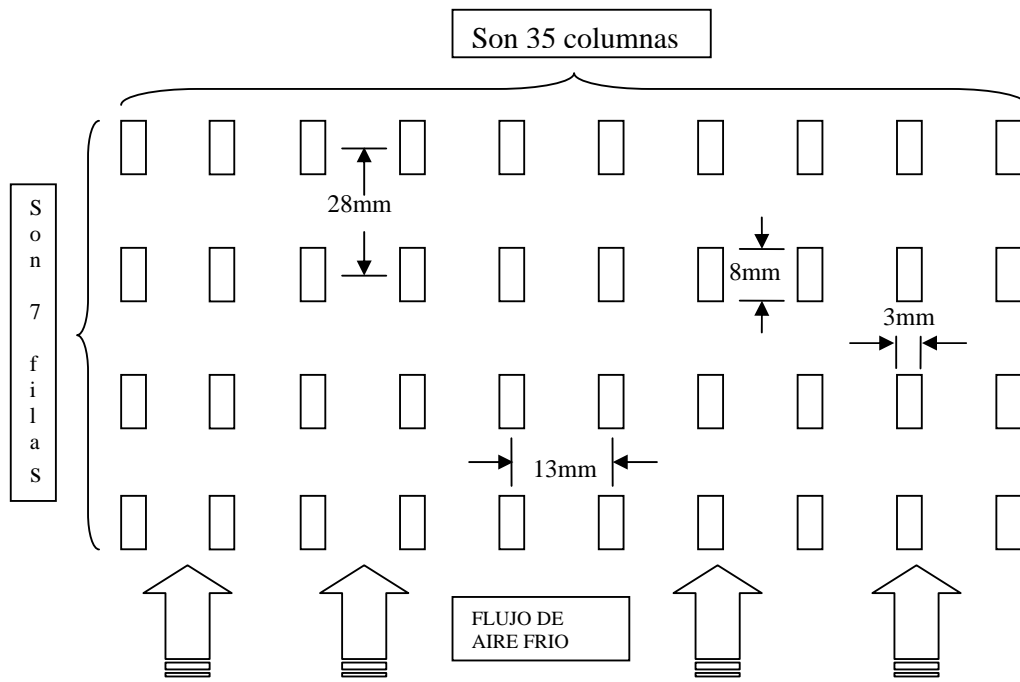
Temperaturas de intercambiadores (°C)		
Flujo	intercambiador 1	intercambiador 2
Entrante de aire	27	27
Saliente de aire	38	34
Entrante de agua	58	40
Saliente de agua	51	38

Basados en que los intercambiadores ya han sido reparados, y se los usará para suplir el enfriamiento auxiliar de la bobina. Usamos los datos de las tablas 24 y 8, de las que se tiene que el caudal del radiador 1 es de  $0.00136 \text{ m}^3/\text{s}$  y el del radiador 2 es de  $0.0011985 \text{ m}^3/\text{s}$  en cada cuerpo principal.

Se usaron los mismos intercambiadores, cada uno posee dos cuerpos y por ende dos entradas para el agua, pero una sola salida. Cada cuerpo, (banco de tubos), posee 245 tubos que asumo rectangulares. Ellos están distribuidos en 7 filas de 35 tubos, obsérvense las siguientes figuras:



**FIGURA 2.16. VISTAS DEL INTERCAMBIADOR USADO.**



**FIGURA 2.17. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE CADA BANCO DE TUBOS.**

Para analizar a los intercambiadores usamos las ecuaciones:

$$q = U * A * \Delta t_m \quad \text{Ec.38.}$$

$$\Delta t_m = F * LMTD \quad \text{Ec.39.}$$

$$LMTD = \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad \text{Ec.40.}$$

Donde:

$q$  : Flujo de calor en watts , [W ]

$U$  : Coeficient e global de transferen cia de calor , [W /((m<sup>2</sup>)(° K))]

$A$  : Area de transferen cia de calor consistent e con  $U$  , [m<sup>2</sup>]

$\Delta t_m$  : Diferencia de temperatur a media , [° K]

$LMTD$  : Diferencia de temperatur a log arítmica media , [° K]

$\Delta t_1$  : Temperatur a de agua caliente – temperatur a del aire frío , [° K]

$\Delta t_2$  : Temperatur a de agua enfriada – temperatur a del aire caliente , [° K]

Usamos las ecuaciones anteriores para evitar complicaciones. Al área considerada, la determinamos de los datos de la figura anterior y los de la lámina 23:

$$A = (\text{perímetro} * \text{largo}) * \text{Número de tubos}$$

$$A = 2 * (0.008 + 0.003) * 0.950 * 245$$

$$A = 5.121 \text{ m}^2.$$

De la tabla 8 tenemos que el caudal del agua circulante.

**TABLA 27**  
**CAUDAL QUE CIRCULABA INICIALMENTE.**

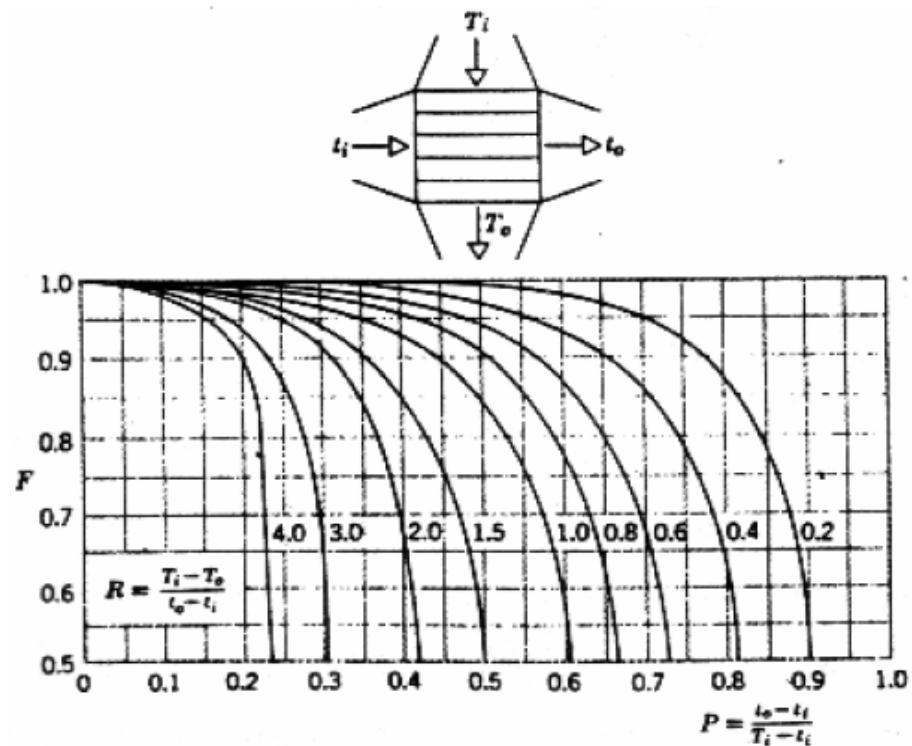
Operación del sistema inicial	
Radiador #	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0.001136
2	0.0011985

Para determinar el calor disipado inicialmente, usamos la ecuación 17,

$Q = 4.184 \cdot \rho_{cw} \cdot L \cdot (\Delta t)$ , aplicada al lado del agua con los datos ya dados.

**TABLA 28**  
**CALOR DISIPADO INICIALMENTE EN CADA CUERPO**

Operación del sistema inicial	
Radiador #	Calor disipado (kw)
1	33.125
2	9.975



**FIGURA 2.18. FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL INTERCAMBIADOR USADO**

Empleando las ecuaciones 38, 39, 40, y los datos de la figura 2.18, determinamos el valor del coeficiente global de transferencia de calor, para los dos casos de operación. Cabe indicar que los dos radiadores son iguales.

**TABLA 29**

**FACTOR DE FORMA PARA 1 CUERPO DE CADA RADIADOR.**

Factor de forma (F), para los dos casos de uso inicial tabulado					
	Q (kw)	A (m <sup>2</sup> )	R	P	F
Radiador 1	33.125	5.121	1.571429	0.225806	0.967
Radiador 2	9.975	5.121	3.5	0.153846	0.975



**TABLA 30**  
**COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR INICIAL**

Determinación del coeficiente global de transferencia de calor, para un cuerpo de cada radiador [W/((m <sup>2</sup> )(°K))]						
	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	LMTD	F	$\Delta t_m$	U
Radiador 1	31	13	20.71256	0.967	20.02905	322.9541
Radiador 2	13	4	7.635822	0.975	7.444927	261.6361

Como se puede apreciar en la tabla 28, se puede disipar 33.125 KW por cada cuerpo, en las condiciones de operación dadas anteriormente. Pero, los cuerpos tienen una salida común, por ello está inundado todo el radiador 2; entonces su disipación por cada cuerpo, será inferior a la calculada.

Se consideró cambiar la instalación inicial a la dada en el plano número 25, y operar con las 2 bombas en paralelo, se podría pasar de operar a plena carga a un porcentaje inferior. Pero al realizar la prueba, el radiador 2 no resistió la presión y presentó fugas de agua; se optó por usar solo la bomba 1, para que opere en el caso de fallar el sistema principal y que solo supla el enfriamiento de la bobina, con ello el caudal total es aproximadamente 0.001m<sup>3</sup>/s.

De la tabla 13 se tiene que el calor a disipar al 100% de carga será de 51.1 KW. Si considero la condición crítica en la que el agua se encuentra a 32°C, la variación de temperatura será de

aproximadamente 12.25°C. Entonces la temperatura del agua caliente será 44.25°C. Las asunciones de las distintas temperaturas se dan a continuación:

**TABLA 31**  
**TEMPERATURAS, ASUMIDAS, EN OPERACIÓN AUXILIAR**

Temperaturas de radiadores (°C)		
Flujo	Radiador 1	Radiador 2
Entrante de aire	27	27
Saliente de aire	30	34
Entrante de agua	36	44
Saliente de agua	32	36

**TABLA 32**  
**FACTOR DE FORMA BASADO EN EL USO DE LOS RADIADORES**

Factor de forma para los casos de uso factibles					
Radiador	Q (KW)	A (m <sup>2</sup> )	R	P	F
1	8.323	5.121	0.75	0.444444	0.95
2	16.646	5.121	0.875	0.470588	0.915
único	25.55	5.121	0.25	0.705882	0.925

**TABLA 33**  
**COEFICIENTE GLOBAL, SEGÚN DISPOSICIÓN DE RADIADORES**

Determinación del coeficiente global de transferencia de calor [W/((m <sup>2</sup> )(°K))]						
Radiador	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	LMTD	F	$\Delta t_m$	U
1	9	2	4.654016	0.95	4.421315	367.5984
2	17	2	7.009129	0.915	6.413353	506.8389
único	17	2	7.009129	0.925	6.483444	769.5385

Cabe indicar que las tablas 29, 30 y 31 consideran a uno de los dos cuerpos de cada radiador, entonces su calor disipado será el doble del tabulado en la tabla 31.

Basado en las tablas 32 y 33, elegimos trabajar como lo indica el plano número 25, es decir con los dos radiadores enseriados, debido a que cuando se usa tan solo uno, el valor de  $U$  supera el doble del obtenido inicialmente.

Además, debemos garantizar que cuando no exista energía eléctrica, la bobina posea alguna forma de enfriamiento; esta será el uso de los mismos radiadores, pero sin convección forzada, porque los ventiladores no operaran, el agua fluirá por el uso de una motobomba en el caso de que se dé esta contingencia.

El cálculo y selección de la bomba para contingencia se da en el siguiente punto a tratar.

## **2.5. Cálculo y selección de la bomba para contingencia.**

Los radiadores son usados, su resistencia mecánica es baja, tanto así que no soportaron operar con las dos bombas en paralelo. Es más, al operar solo con la bomba 1, se produjeron pequeñas filtraciones, éstas se repararon. Consecuentemente, consideramos que se debe operar

con un caudal similar al inicial, es decir, aproximadamente  $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ ; con este dato, los de la tabla 18, y los del plano 25, procedemos a calcular la pérdida de cabezal hidráulico, para luego seleccionar la motobomba adecuada.

De la tabla número 16, se tiene que la tubería para transportar el caudal requerido debe ser de  $1 \frac{1}{2}$ ", con ello la tabla 18 cambia a la siguiente:

**TABLA 34**  
**TUBERÍAS REQUERIDAS PARA EL 2<sup>DO</sup> SISTEMA MODIFICADO.**

Tuberías requeridas para montar el sistema de tuberías modificado.					
Ø nominal (pulgadas)	Tramo considerado	Longitud Requerida (metros)	Nº de Tubos	Longitud Unitaria (metros)	Longitud Total (metros)
2 1/2	Nodo 3 - Torre	14.40	5	6.00	30.00
	Torre – Nodo 4	14.00			
2	Nodo 1 – Nodo 3	5.300	2	6.00	12.00
	Nodo 2 – Nodo 4	4.800			
1 ½	Nodo 3 – Red #3	2.800	2	6.00	24.00
	Red #3 – Nodo 4	2.500			
	Nodo 1 – Red 2	0.800			
	Red 2 – Nodo 2	0.800			
	Nodo 1 – Red 1	4.000			
	Red 1 – Nodo 1	4.000			

Para realizar la curva del sistema, calculamos los puntos de operación empezando con 0GPM, con incrementos de 5GPM hasta los 40GPM. Para esto, las tuberías a considerar son las que se usarán cuando se haya hecho la instalación definitiva, es decir, la descarga (8 metros)

desde el nodo 2 al tanque, pasando por los 2 radiadores será de 1 ½”.

Con ello obtenemos la siguiente tabla de resultados:

**TABLA 35**  
**CURVA DEL SISTEMA OPERANDO EN CONTINGENCIA**

Valores de la pérdida de cabezal hidráulico vz. Caudal del sistema en contingencia								
L	L	$\rho$	$\mu$	$h_{l \text{ cobre radiador}}$	$h_{lt}$	$h_{l \text{ accesorios}}$	H	H
(m <sup>3</sup> /s)	(GPM)	(kg/m <sup>3</sup> )	Pa s	(m)	(m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(pies)
0	0	997	0.0009	0	0	0	4.1	13.451
0.0003	5	997	0.0009	0.019142	0.9984	0.0834	4.2852	14.059
0.0006	10	997	0.0009	0.038284	0.7066	0.3336	4.5056	14.782
0.0009	15	997	0.0009	0.057426	1.3924	0.7505	4.9924	16.379
0.0013	20	997	0.0009	0.076568	2.3254	1.3342	5.6713	18.607
0.0016	25	997	0.0009	0.09571	3.5406	2.0848	6.5457	21.475
0.0019	30	997	0.0009	0.114852	4.8549	3.002	7.5969	24.924
0.0022	35	997	0.0009	0.133994	6.4102	4.0861	8.8395	29.001

En el mercado existen muchas alternativas, pero la que consume menos energía es la bomba marca HONDA, modelo WX10K1, sus especificaciones están detalladas en el manual del usuario. A continuación, en las siguientes figuras, la curva de rendimiento de la bomba HONDA WX10K1 y su intersección con la del sistema:

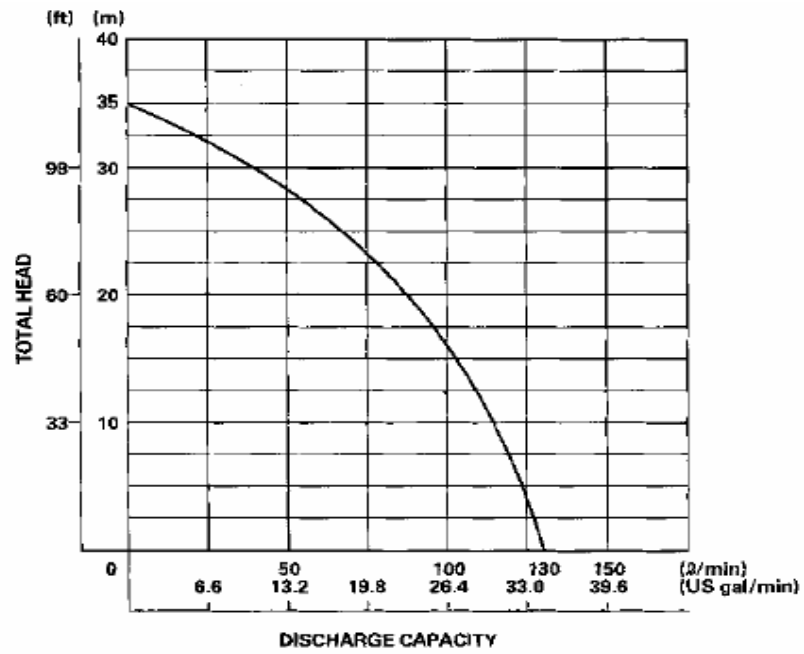


FIGURA 2.19. CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA HONDA WX10K1

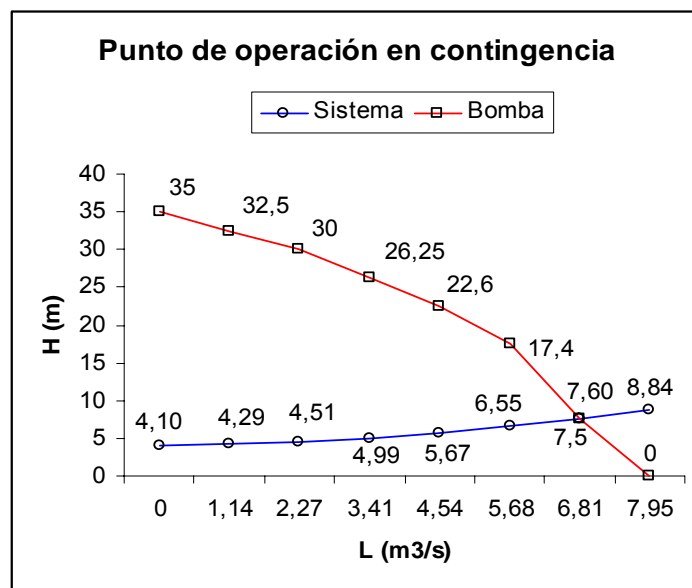


FIGURA 2.20. PUNTO DE OPERACIÓN EN CONTINGENCIA

De la figura anterior se obtiene que el punto de operación, en contingencia, es de  $0.0019 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalente a 30 GPM y con un cabezal aproximado de 7.6 metros, a 3600 rpm. Por esta razón se debe proceder a regular las revoluciones de la bomba, para ello hacemos un análisis por similitud dimensional.

La bomba seleccionada es la siguiente:



**FIGURA 2.21. BOMBA HONDA MODELO WX10**

En el capítulo 7, de la referencia bibliográfica número 8, se obtienen las siguientes ecuaciones prácticas:

$$\frac{L_1}{\omega_1^2 * D_1^2} = \frac{L_2}{\omega_2^2 * D_2^2} \quad Ec.41.$$

$$\frac{H_1}{\omega_1^2 * D_1^2} = \frac{H_2}{\omega_2^2 * D_2^2} \quad Ec.42.$$

$$\frac{P_1}{\rho_1 * \omega_1^3 * D_1^5} = \frac{P_2}{\rho_2 * \omega_2^3 * D_2^5} \quad Ec.43.$$

Donde:

L: Caudal.

$\omega$ : Velocidad de rotación del impulsor.

D: Diámetro del impulsor.

H: Carga, en energía por unidad de masa: longitud<sup>2</sup> / tiempo<sup>2</sup>.

$\rho$ : Densidad del fluido bombeado

Todas las unidades deben ser compatibles y, los subíndices 1 y 2 hacen referencia a lo conocido y lo esperado, respectivamente.

Partimos con el dato conocido del punto de operación, además sabemos que el diámetro no varía y, las características de operación son similares. Con las ecuaciones 41 y 42, obtengo 3199 rpm, con 0.00145 m<sup>3</sup>/s y 6 m de cabezal, estos datos cumplen la tabla 34.



Continuando con el análisis y, usando la ecuación 43, con el dato previo de que la carga de la potencia es apenas de 1118.55 watts, equivalentes a 1.5 HP, obtenemos que la nueva potencia es de 748.86 watts.

Como la eficiencia, operando a una velocidad inferior a la de su diseño, se reduce, asumimos que la potencia requerida es próxima a los 800 watts, equivalentes a 1.072818 HP.

El fabricante dispone de un programa para selección de bombas, en ella el modelo WX10 posee dos sub-modelos, el K1 y el A4; usando los datos del sistema, la que más se aproximó al punto de operación calculado por similitud es el modelo WX10K1.

Entonces, la alternativa es la bomba marca HONDA, modelo WX10K1, sus características se dan en la siguiente tabla:

**TABLA 36**

**CARACTERÍSTICAS DE MOTOBOMBA PARA CONTINGENCIA**

<b>Motobomba Seleccionada</b>	
<b><i>Característica</i></b>	<b><i>Especificación</i></b>
Marca	HONDA
Modelo	WX10K1
Combustible	Diesel
Motor	1.5 HP, 31cc, 4 tiempos, 3600 a 3800 rpm.
Diámetro de succión	1.0" NPT
Diámetro de descarga	1.0" NPT

## **CAPITULO 3**

### **3. MONTAJE DE LA TORRE Y SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO**

En este capítulo procedemos a detallar, a groso modo, el proceso del montaje provisional de la torre marca Protec, modelo PC-T60. A la par, se hará lo mismo con el sistema auxiliar de enfriamiento que, como ya se ha dicho, es la redistribución de los elementos que existían en la instalación inicial, basado en los cálculos y selecciones previas.

#### **3.1 Consideraciones relacionadas al montaje.**

Se va a dar la información requerida para proceder al montaje de cada uno de los elementos, respetando lo expuesto y recomendado en la bibliografía y apéndice respectivos.

##### **3.1.1 Torre de enfriamiento a instalar.**

A la torre se la encontró como lo indica la siguiente figura:



**FIGURA 3.1. TORRE YA PRESENTADA, EN EL SITIO DE TRABAJO**

Como se observa en la figura 3.1, la torre no poseía filtro alguno para el ingreso de aire frío y, tampoco escalera. Se puede tener una referencia de cómo estaría si se observa a las figuras 2.11 y 2.12; ellas, pese a pertenecer a las torres marca Amcot, poseen apariencia y características similares, debido a que cumplen la normativa del CTI.

La torre fue comprada, de oportunidad en el mercado local, en \$3000, el filtro sería colocado posteriormente por parte del vendedor, a la escalera se la construyó posteriormente, pero no se la colocó para evitar accidentes con el ventilador.

En la siguiente figura se observa como quedó la torre y, a un lado la escalera que sería usada solo para instalar al ventilador, chequeo visual y, controlar las temperaturas del aire saliente.

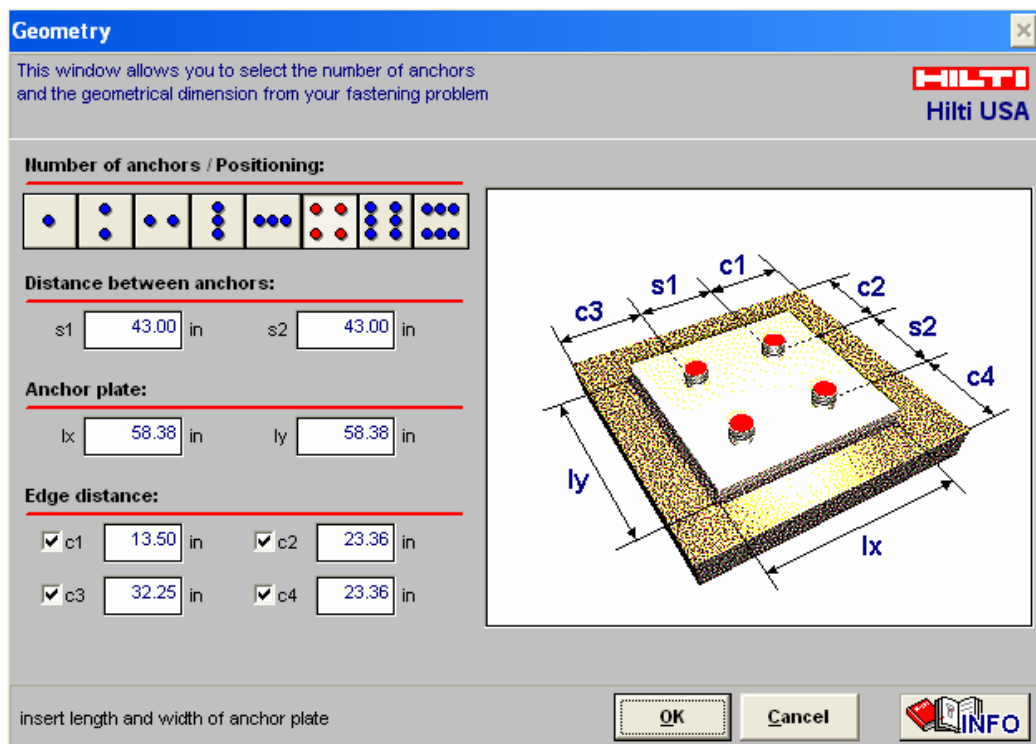


**FIGURA 3.2. TORRE COMPLETA CON ESCALERA DESMONTABLE.**

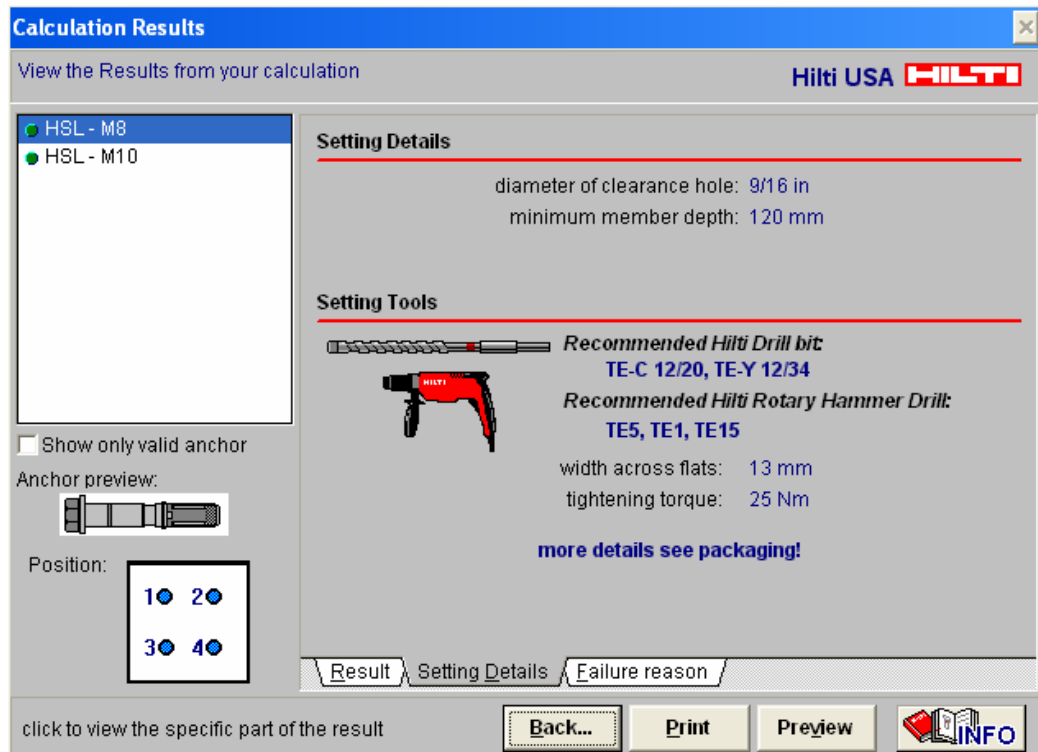
Los datos de la placa de la torre se dieron en la página 62. Del plano número 01 y el 02 se tiene que, el área destinada para la torre es muy reducida, 2.28m x 2.45m. Con estos 5.586m<sup>2</sup> no es posible cumplir con los requerimientos de separación entre la torre y los accesos, así como entre los elementos que podrían bloquear el flujo de aire. Por ello se colocó la torre en la posición que indica el plano 02.

Para el sistema de cimentación, el concreto ya estaba nivelado y listo para usar pernos de expansión, por ello hacemos uso del programa 'HDJDU-CC2.3' que da la marca HILTI, para la selección de sus productos de sujeción. En este caso la selección me sirve de guía para comprar el perno de expansión requerido, en el mercado y a menor precio.

En las siguientes figuras los datos ingresados y la recomendación dada por el programa.



**FIGURA 3.3. INGRESO DE DATOS AL PROGRAMA HDJDU-CC2.3**



**FIGURA 3.4. RESULTADOS DEL PROGRAMA HDJDU-CC2.3**

Como es bien sabido todo cálculo asume un factor de seguridad, basado en ello y en la limitante de que el taller no posee un taladro para la broca seleccionada, usamos una broca de media pulgada y en el mercado encontramos un perno de expansión de  $\frac{1}{2}$ " x 5", mismo que usamos para sujetar la torre.

En el plano número 27 se da la disposición y dimensiones de las conexiones de la torre y en el plano número 28, la disposición de las tuberías una vez instaladas.

### 3.1.2 Tuberías y accesorios.

En las secciones anteriores se dijo que la tubería era usada, en la siguiente figura se ve un tramo tal como se la encontró.



**FIGURA 3.5. ESTADO INICIAL DE LA TUBERÍA DISPONIBLE**



**FIGURA 3.6. TUBERÍA DESPUÉS DE LA LIMPIEZA QUÍMICA.**

Se buscó a las tuberías más rectas y menos deterioradas

En la figura 3.6, se tiene el estado final de la tubería de 2" después de haber sido inmersa, por 24 horas, en una solución diluida de ácido cítrico al 10%. Con esta tubería, desecho de calderas, se trabajó en gran parte de la instalación hecha. Fue comprada la tubería de la instalación de, 1", y ¾", para llenado y purga de la torre; también se lo hizo con las mangueras de ½", y las abrazaderas de ½" y ⅜", para la fuente.

La referencia bibliográfica 9, recomienda que se separen los apoyos como máximo 20' (6 m). Especificaciones respecto a las separaciones de las tuberías, las da en su tabla 7.2, los datos que se deben seguir en este montaje son los de la siguiente tabla:

**TABLA 37**

**ESPACIO MÍNIMO ENTRE TUBERÍAS**

Espacio entre tuberías, en bandejas, para 150 psi, dado en pulgadas. Se asume la factibilidad del uso de bridas.				
Tamaño (pulgadas)	<b>1</b>	<b>1 ½</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	5 ¼	5 ⅜	6 ⅛	6 ¾
<b>1 ½</b>	5 ⅜	6	6 ½	7 ¼
<b>2</b>	6 ⅛	6 ½	7	7 ¾
<b>3</b>	6 ¾	7 ¼	7 ¾	8 ½
Piso - pared	6 -12	6 -12	6 -12	6 -12

En la siguiente tabla se dan las separaciones recomendadas para los apoyos de tuberías, cédula 40, que transportan agua o vapor, tomadas del handbook ASHRAE 2000 HVAC.



**TABLA 38**  
**SEPARACIONES DE APOYOS PARA TUBERÍAS**

Espaciamiento sugerido de soporte colgante y dimensión de la barra para sustentar una tubería a la vez.				
Dimensión nominal (mm)	Espaciamiento de los apoyos, colgantes. (m)			Dimensión de barra. (mm)
	Tubería estándar de acero		Tubería de cobre	
	Agua	Vapor	agua	
15	2.1	2.4	1.5	6.4
20	2.1	2.7	1.5	6.4
25	2.1	2.7	1.8	6.4
40	2.7	3.7	2.4	10
50	3.0	4.0	2.4	10
65	3.4	4.3	2.7	10
80	3.7	4.5	3.0	10
100	4.3	5.2	3.7	13
150	5.2	5.4	4.3	13
200	5.8	7.3	4.9	16
250	6.1	7.9	5.5	19
300	7.0	9.1	5.8	22
350	7.6	9.8		25
400	8.2	10.7		25
450	8.5	1.3		32
500	9.1	1.9		32

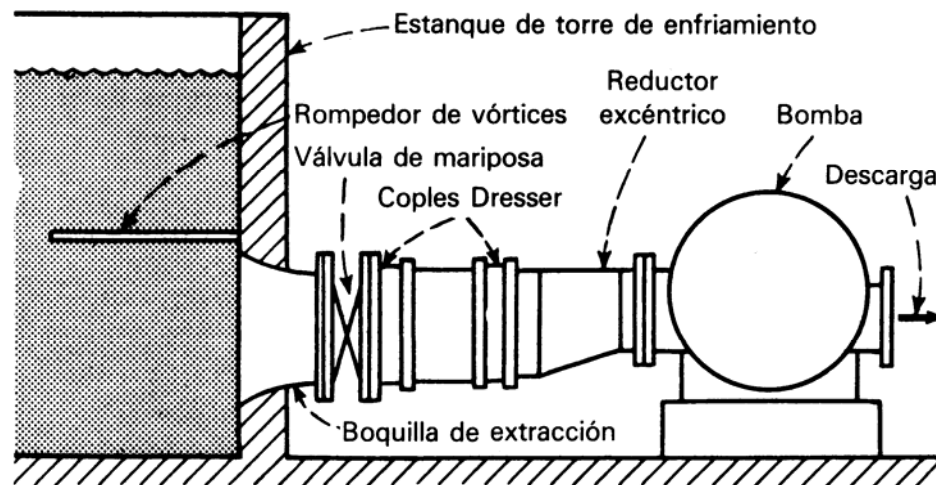
Adicionalmente, en la referencia bibliográfica 9, se da las distintas configuraciones de los apoyos. De ello es que, para tramos largos, los apoyos sobre el piso son de pilas de madera y, en los tramos que están a un metro del piso, uso pie de amigo.

Dado que, no se dispone del espacio requerido, y la instalación realizada es provisional, se usó las especificaciones dadas por los planos 28 a 33, con accesorios estándar para 150 psi.

### **3.1.3 Bombas de agua.**

Existen tres bombas a ser montadas, véase la figura 2.6. La bomba 1, para el sistema el sistema emergente; la bomba 2, para el sistema de contingencia y, la bomba 3 para el sistema principal. Las características de todas ellas han sido ya establecidas, en capítulos anteriores.

Para el montaje se deben respetar las especificaciones dadas, ya sea por las normas respectivas o, seguir recomendaciones técnicas. En este caso se hará lo posible por cumplir las recomendaciones dadas por la referencia bibliográfica 5. Para el caso de la tubería de succión, se da la figura 3.7.



**FIGURA 3.7. TUBERÍA DE SUCCIÓN PARA AGUA DE ENFRIAMIENTO**

Otra recomendación dada radica en que se debe evitar, para el transporte, el uso de tuberías de igual diámetro al de ingreso o salida del agua de la bomba; deben ser las inmediatas superiores. Esto se cumple, con los cálculos, solo cuando la bomba esta bien dimensionada; pero no en el caso la bomba 3, debido a que ésta se encuentra sobredimensionada. Por ello, el diámetro de la tubería de salida es igual diámetro de la tubería de transporte de agua; en el ingreso, caso igual, se usa una tubería de 2 ½”.

Se debe cumplir, para asegurar flujo uniforme, que el codo en la succión, de no evitarse, esté a más de 20 diámetros de la succión de la bomba. Esto no se cumple en ningún caso, debido a que se usaron los elementos que estuvieron en servicio anteriormente.

En el caso de la bomba de la torre, las limitaciones de la planificación dada en el plano 1, para cumplir que la tubería pase cercana a la pared y, que la bomba se mantenga en área asignada, hacen que el codo esté muy próximo a la bomba. Se usaron tuberías y accesorios que se encontraban en bodega, u operando en la instalación anterior.

La motobomba de contingencia, será una a diesel, específicamente la Honda WX10K1. Debe ir en lugar de la bomba 2. En la instalación quedará instalada la bomba que estuvo operando inicialmente en el circuito de agua de refrigeración para la fuente. La motobomba no fue instalada, debido a que no se la pudo adquirir.

Para la cimentación de las bombas, se usó el procedió igual que en el caso de la torre. De ello se usan pernos de expansión de  $\frac{3}{8}$  "x 2", para la bomba del sistema auxiliar y la de contingencia.

#### **3.1.4 Sistema de refrigeración auxiliar.**

Este sistema consta de la modificación del inicial y, será usado en caso de fallar el sistema principal, para garantizar el enfriamiento de la bobina. La disposición, en perspectiva, de los elementos se da en la el plano 25. Los planos 32 y 33 detallan su distribución. A futuro,

cuando se deterioren las tuberías, se deberá cumplir con la tabla 34 y, sus accesorios respectivos.

Por lo expuesto, no se cumplen todas las recomendaciones, pero se lo hará al implementar un proceso de mejora continua.

### 3.2 Lista de materiales y equipos requeridos para el montaje.

En las siguientes tablas se listan los materiales y equipos requeridos para el montaje realizado, adicionalmente se indica si se empleó algo usado o nuevo, así como su cantidad.

**TABLA 39  
LISTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

<b>Lista de los equipos y herramientas necesarias para el montaje.</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Equipo/herramienta</b>	<b>Tamaño/especificación</b>	<b>Condición</b>	<b>Rubro</b>
01	Arco para sierra	Estándar de 12"	En bodega	02
02	Broca para acero	HSS, Ø 3/8" x 4"	En bodega	01
03	Broca para cemento	Percusión, Ø 3/8" x 4"	En bodega	01
04	Broca para cemento	Percusión, Ø 1/2" x 6"	En bodega	01
05	Casco de seguridad	Plástico, 50x43x49 cm.	En bodega	04
06	Cepillo de acero	6 hileras.	En bodega	02
07	Destornillador plano	5 mm. x 150 mm.	En bodega	02
08	Emulsión lubricante	Proporción 1/20	En bodega	4 litros
09	Flexómetro	8 m. x 25 mm.	En bodega	02
10	Guantes de cuero	Par / manga corta (10")	En bodega	04
11	Hoja de sierra	12" x 1/2" x 1/32"	Comprada	02
12	Hoja de sierra	24" x 1/4" x 1/16"	Comprada	01
13	Llave mixta	3/8"	En bodega	02
14	Llave mixta	9/16"	En bodega	02
15	Llave mixta	5/8"	En bodega	02
16	Llave para tubo	Largo 12", abre hasta 2"	En bodega	02
17	Llave para tubo	Largo 24", abre hasta 3 1/2"	En bodega	02
18	Llave para tubo	Largo 36", abre hasta 5"	En bodega	02
19	Nivel	Aluminio, largo 24"	En bodega	01
20	Pie de amigo	De 24" de ángulo de 3/4"	Construido	03
21	Pirola de algodón	Rollo de 50 gramos.	Comprado	01
22	Prensa para tubo	De tornillo, para Ø 4"	En bodega	01
23	Sierra alternativa	Para aserrar acero	En taller	01
24	Taladro de mano	Capacidad 1/2" ≈ 13 mm.	En bodega	01
25	Taco Fisher	F10	Comprado	08
26	Tarrajá para tubo	Manual, para Ø 1/2" a 2"	En bodega	01
27	Teflón	Rollo, 19mmx15mx0.2mm	Comprado	16

En las siguientes páginas se continúa el listado de elementos.

**TABLA 40**  
**INSTRUMENTACIÓN, MANGUERAS, TUBERÍAS Y VÁLVULAS**

<b>Instrumentación, mangueras, tubería y válvulas del montaje.</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Material</b>	<b>Tamaño/especificación</b>	<b>Condición</b>	<b>#</b>
01	Cable de hierro	Termocupla J, polo +	En bodega	10 m.
02	Cable cobre/níquel	Termocupla J, polo -	En bodega	10 m.
03	Manómetro Bourdon	Rango: 0 – 60 psi.	Usado	02
04	Manómetro Bourdon	Rango: 0 – 100 psi.	Usado	02
05	Manómetro Bourdon	Rango: 0 – 60 psi.	Comprado	07
06	Manómetro Bourdon	Rango: 0 – 100 psi.	Comprado	05
07	Termómetro de Hg.	Rango: 0 – 50 °C	Usado	01
08	Termómetro Bourdon	Rango: 0 – 100 °C	Usado	01
09	Termómetro de Hg.	Rango: 0 – 50 °C	Comprado	06
10	Termómetro de Hg.	Rango: 0 – 100 °C	Comprado	06
11	Manguera reforzada	3/8", refuerzo de nylon.	En bodega	05 m.
12	Manguera reforzada	1/2", refuerzo de nylon.	En bodega	15 m.
13	Manguera reforzada	3/4", refuerzo de nylon.	En bodega	03 m.
14	Manguera reforzada	1 1/2", refuerzo de nylon.	Usada	02 m.
15	Manguera reforzada	2 1/2", refuerzo de nylon.	Usada	02 m.
16	Tubería galvanizada	3/4", cédula 40	Usada	03 m.
17	Tubería galvanizada	1", cédula 40	Usada	04 m.
18	Tubería galvanizada	1 1/2", cédula 40	Usada	16 m.
19	Tubería de acero 1020	Sin costura, 2", cédula 80	Desecho	42 m.
20	Tubería galvanizada	2 1/2", cédula 40	Usada	04 m.
21	Válvula de compuerta	3/4", 150 psi.	Comprada	08
22	Válvula de compuerta	3/4", 150 psi.	En bodega	02
23	Válvula de compuerta	3/4", 150 psi.	Usada	01
24	Válvula de compuerta	1", 150 psi.	Usada	01
25	Válvula de compuerta	1 1/2", 150 psi.	Comprada	02
26	Válvula de compuerta	1 1/2", 150 psi.	Usada	02
27	Válvula de compuerta	2 1/2", 150 psi.	Usada	02
28	Válvula de bola	1 1/2", 150 psi.	Comprada	03
29	Válvula de bola	2", 150 psi.	Comprada	04
30	Válvula de flotador	Para cisterna, 3/4"	Comprada	01
31	Válvula de retención	1 1/2", 150 psi.	Usada	01

La tabla 40 enlista los elementos usados en la instalación realizada, por ello existe una diferencia en la cantidad de elementos dispuestos en el plano número 25 y los isométricos de montaje. La siguiente tabla los completa.

**TABLA 41**  
**BOMBAS DE AGUA Y ACCESORIOS, SALVO VÁLVULAS**

<b>Lista de bombas de agua y accesorios, salvo válvulas.</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Accesorio/bomba</b>	<b>Tamaño/especificación</b>	<b>Condición</b>	<b>#</b>
01	Abrazadera	½", paramagnética	comprada	60
02	Abrazadera	1", paramagnética	comprada	12
03	Bomba 1	2" x 2 ½", 1 ½ Hp.	Usada	01
04	Bomba 2	1 ½" x 1 ½", 1 Hp	Usada	01
05	Bomba 3	2" x 2 ½", 7 ½ Hp.	En bodega	01
06	Codo	¾", 150 psi.	comprado	10
07	Codo	1 ½", 150 psi.	Comprado	18
08	Codo	2", 150 psi.	comprado	20
09	Codo	2 ½", 150 psi.	En bodega	01
10	Codo	2 ½", 150 psi.	Usado	02
11	Neplo	½" x 2", 150 psi.	En bodega	04
12	Neplo	¾" x 2", 150 psi.	Comprado	18
13	Neplo	1" x 2", 150 psi.	Comprado	01
14	Neplo	1" x 3", 150 psi.	Comprado	02
15	Neplo	1½" x 3", 150 psi.	Comprado	22
16	Neplo	2" x 3", 150 psi.	Comprado	14
17	Neplo	2½" x 3", 150 psi.	Comprado	02
18	Neplo	2½" x 3", 150 psi.	En bodega	05
19	Perno con tuerca	Acero, ⅜" x 2"	Comprado	12
20	Perno (tirafondo)	Acero, 5/16" x 2"	Comprado	06
21	Bushing	¾" - ¼", 150 psi.	Comprada	18
22	Bushing	¾" - ½", 150 psi.	Comprada	02
23	Bushing	4" - 2 ½", 150 psi.	En bodega	01
24	Reducción	1" - ¾", 150 psi.	Comprada	02
25	Reducción	1 ½" - ¾", 150 psi.	Comprada	18
26	Reducción	2" - 1 ½", 150 psi.	Comprada	13
27	Reducción	2 ½" - 1 ½", 150 psi.	Usada	01
28	Tablilla para apoyo	Madera ½" x 2" x 5"	En bodega	60
29	Tapón	¾", macho, 150 psi.	Comprado	04
30	Te	¾", 150 psi.	Comprada	09
31	Te	1", 150 psi.	En bodega	01
32	Te	1 ½", 150 psi.	Comprada	10
33	Te	2", 150 psi.	Comprada	06
34	Te	2", 150 psi.	Usada	06
35	Unión	¾", 150 psi.	Comprada	10
36	Unión	1 ½", 150 psi.	Usada	02
37	Unión	2", 150 psi.	Comprada	01
38	Unión universal	¾", 150 psi.	Comprada	02
39	Unión universal	1", 150 psi.	Comprada	02
40	Unión universal	1 ½", 150 psi.	Comprada	09
41	Unión universal	2", 150 psi.	Comprada	12
42	Unión universal	2 ½", 150 psi.	Usada	02

En las listas de materiales dadas, se considera que los accesorios deben ser galvanizados y que, las tuberías de 2" son desecho de caldera. Su uso en esta instalación se debe a que es de cédula 80 y, la norma requiere cédula 40. Pese a su uso, el desgaste no ha sido significativo, con ello su resistencia será superior a la exigida.

### **3.3 Diagramas de distribución de tuberías, válvulas e instrumentación.**

Los planos número 25 y 26, dan una perspectiva de la distribución de las tuberías. Para detallar la disposición de los elementos de la instalación, usamos los planos número 27 y 28 para la disposición de las conexiones de la torre, para la fuente utilizamos los planos número 4 y 5; para los tanques y radiadores, usamos los planos 21, 22, y 23.

Para detallar la instalación de los accesorios, las bombas y las tuberías, uso los planos número 29 a 33.

Debido a que, se montó una instalación provisional y que, no se disponía de recursos, se optó por prescindir de las válvulas de retención del plano número 33. Posteriormente, para cumplir recomendaciones técnicas, se las deberá instalar.



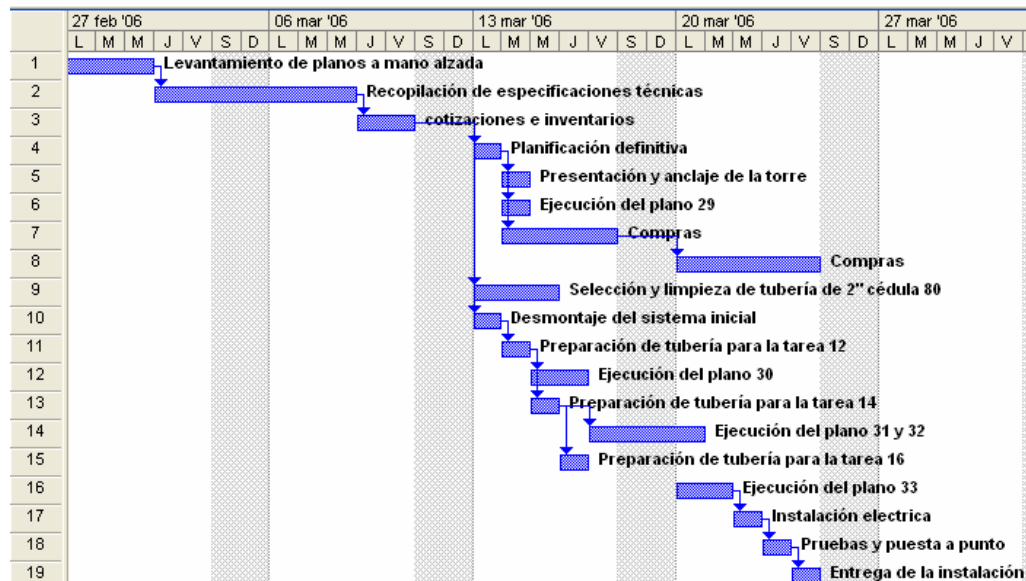
### 3.4 Diagrama de Gantt y ejecución del montaje.

**Diagrama de Gantt.-** Para la planificación del montaje nos valimos del programa Microsoft Project 2000, con él realice un diagrama de Gantt, mismo que se basa en la tabla de datos número 30.

**TABLA 42**  
**DATOS USADOS EN EL DIAGRAMA DE GANTT**

TABLA DE DATOS USADOS EN EL DIAGRAMA DE GANTT					
Tarea	Nombre de tarea	Duración en días	Inicio	Fin	Tarea predecesora
1	Levantamiento de planos a mano alzada	3	27/02/06	01/03/06	-
2	Recopilación de especificaciones técnicas requeridas	5	02/03/06	08/03/06	1
3	Cotizaciones e inventarios	2	09/03/06	10/03/06	2
4	Planificación definitiva	1	13/03/06	13/03/06	3
5	Presentación y anclaje de la torre	1	14/03/06	14/03/06	4
6	Ejecución de plano 29	1	14/03/06	14/03/06	4
7	Compras	4	14/03/06	17/03/06	4
8	Compras	5	20/03/06	24/03/06	7
9	Selección y limpieza de tubería de 2" cédula 80	3	13/03/06	15/03/06	3
10	Desmontaje del sistema inicial	1	13/03/06	13/03/06	3
11	Preparación de tubería para la tarea 12	1	14/03/06	14/03/06	10
12	Ejecución de plano 30	2	15/03/06	16/03/06	11
13	Preparación de tubería para la tarea 14	1	15/03/06	15/03/06	11
14	Ejecución de plano 31 y 32	2	17/03/06	20/03/06	13
15	Preparación de tubería para la tarea 16	1	16/03/06	16/03/06	13
16	Ejecución de plano 33	2	20/03/06	21/03/06	-
17	Instalación Eléctrica	1	22/03/06	22/03/06	16
18	Pruebas y puesta a punto	1	23/03/06	23/03/06	17
19	Entrega de la instalación	1	24/03/06	24/03/06	18

Con esta tabla se desarrolló el diagrama de Gantt, dado en la siguiente figura:



**FIGURA 3.8. DIAGRAMA DE GANTT**

En la ejecución del montaje se detallan las horas-hombre que se emplearon y su costo respectivo.

**Ejecución del montaje.-** El diagrama de la figura anterior, da los pasos que se siguieron. Evidentemente están dados de forma general, su detalle será expuesto a continuación, pero trataremos de ser lo más directo posible, tal es el caso que colocaremos fotos de los pasos más relevantes.

**Levantamiento de planos a mano alzada.**- Esto se hizo para obtener una referencia del espacio disponible y con ello ver las posibles soluciones a implementar. Se asignaron tres días, debido a que laboraríamos jornadas de 8 horas y se requería un gran número de planos. Empleamos el tiempo planificado.

**Recopilación de especificaciones técnicas.**- Esta tarea se refiere a la adquisición del material bibliográfico, que proporcione la información para realizar el montaje. En la mayoría se trata de datos obtenidos de Hand Books y, Papers publicados en la web; la bibliografía detalla los textos consultados, además se da información en los apéndices. Nos tardamos solo 7 días, debido a que ya poseíamos gran parte de la bibliografía requerida.

Cabe indicar que en este punto se realizó un cálculo del caudal circulante y se estimó cuál sería a futuro. Éste fue menor al que se emplearía en los cálculos definitivos, pero sirvió de base para las cotizaciones requeridas. Los cálculos se fueron dando según se detalla en el capítulo 2.

**Cotizaciones e inventarios.**- Como se puede apreciar en las tablas 39, 40 y, 41, la empresa poseía material en su bodega, se pensó hacer una reingeniería a lo instalado, adicionalmente se usó a una tubería

desechada de una caldera; a estos se debía incrementar el material faltante para el montaje.

Para simplificar los cálculos y posteriormente compararlos con los de una instalación nueva, acorde a las especificaciones técnicas y cálculos realizados, asumimos que los costos de los artículos usados, de bodega y nuevos, son de igual valor. A la tubería desechada, y a las herramientas existentes les doy costo cero. A continuación detallamos las cotizaciones, sin IVA y en dólares.

**TABLA 43**  
**COSTOS DE MATERIALES, 1ª PARTE**

<b>Costo de equipos y herramientas necesarias para el montaje, en \$.</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Equipo o herramienta</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Piezas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
01	Broca para acero	HSS, Ø 3/8" x 4"	01	2.18	2.18
02	Broca para cemento	Ø 3/8" x 4"	02	2.80	5.60
03	Broca para cemento	Ø 1/2" x 6"	02	4.25	8.50
04	Cepillo de acero	6 hileras.	02	1.16	2.32
05	Flexómetro	8 m. x 25 mm.	02	1.55	3.10
06	Guantes de cuero	Par de 10"	04	1.31	5.24
07	Hoja de sierra	12" x 1/2" x 1/32"	02	1.29	2.58
08	Hoja de sierra	24" x 1 1/4" x 1/16"	02	3.90	7.80
09	Pie de amigo construido	24" x 24" x 3/4"	03	2.50	7.50
10	Piola de algodón	50 gramos.	01	0.37	0.37
11	Prensa para tubo	Para Ø 4"	01	20.69	20.69
12	Taco Fisher	F10	08	0.05	0.40
13	Taraja para tubo	Manual Ø 1/2"-2"	01	35.19	35.19
14	Teflón	Rollo grande	16	1.20	19.20
15	Perno con tuerca	3/8" x 2"	1 libra	0.66	0.66
16	Perno (tirafondo)	5/16" x 2"	06	0.04	0.24
<b>Subtotal 1 = \$121.57</b>					

**TABLA 44**  
**COSTOS DE MATERIALES, 2ª PARTE.**

<b>Costo de materiales necesarios para el montaje, en \$.</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Material</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Piezas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
17	Manómetro Bourdon	0 – 60 psi.	04	12.49	49.96
18	Manómetro Bourdon	0 – 100 psi.	03	12.49	37.47
19	Termómetro de Hg.	0 – 50 °C	03	35.85	107.55
20	Termómetro de Hg.	0 – 100 °C	02	35.85	71.70
21	Manguera reforzada	3/8"	05 m.	2.25	11.29
22	Manguera reforzada	1/2"	15 m.	2.56	38.43
23	Manguera reforzada	3/4"	03 m.	4.59	13.79
24	Manguera reforzada	1 1/2"	02 m.	9.18	18.36
25	Manguera reforzada	2 1/2"	02 m.	15.3	30.60
26	Tubería galvanizada	3/4"x20'	01	22.05	22.05
27	Tubería galvanizada	1"x20'	01	22.50	22.50
28	Tubería galvanizada	1 1/2"x20'	03	50.74	152.2
29	Tubería galvanizada	2"x20'	08	63.62	0.0
30	Tubería galvanizada	2 1/2"x20'	01	85.13	85.13
31	Válvula de compuerta	3/4", 150 psi.	11	10.66	117.26
32	Válvula de compuerta	1", 150 psi.	02	14.55	29.10
33	Válvula de compuerta	1 1/2", 150 psi.	04	26.89	107.56
34	Válvula de compuerta	2 1/2", 150 psi.	02	44.28	88.56
35	Válvula de bola	1 1/2", 150 psi.	03	20.48	61.44
36	Válvula de bola	2", 150 psi.	04	29.01	16.07
37	Válvula de flotador	3/4"	01	5.62	5.62
38	Válvula de retención	1 1/2", 150 psi.	01	31.16	31.16
39	Abrazadera	1/2"	20	3.50	70.0
40	Abrazadera	1"	10	4.50	45.0
41	Bomba 1	2"x2 1/2", 1 1/2 Hp	01	431.48	431.48
42	Bomba 2	1 1/2"x1 1/2", 1Hp	01	301.83	301.83
43	Bomba 3	2"x2 1/2", 7 1/2 Hp	01	600	600
44	Codo	3/4", 150 psi.	11	0.27	2.97
45	Codo	1", 150 psi.	05	0.44	2.20
46	Codo	1 1/2", 150 psi.	18	0.70	12.69
47	Codo	2", 150 psi.	20	1.25	25.0
48	Codo	2 1/2", 150 psi.	03	1.70	5.11
49	Neplo	1/2"x 2", 150 psi.	12	0.23	2.76
50	Neplo	3/4"x 2", 150 psi.	18	0.31	5.62
51	Neplo	1"x 2", 150 psi.	04	0.49	1.96
52	Neplo	1"x 4", 150 psi.	04	0.73	2.92
53	Neplo	1 1/2"x3", 150 psi.	22	1.04	2.98
54	Neplo	2"x 3", 150 psi.	14	1.23	17.24
55	Neplo	2 1/2"x3", 150 psi.	07	5.41	37.93
56	Tapón macho	3/4", 150 psi.	10	0.105	1.05
<b>Subtotal 2 = \$2664.06</b>					

**TABLA 45**  
**COSTOS DE MATERIALES, 3ª PARTE.**

<b>Costo de materiales necesarios para el montaje, en \$.</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Material</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Piezas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Bushing	¾" – ¼", 150 psi.	16	0.14	2.24
	Bushing	¾" – ½", 150 psi.	9	0.12	1.08
	Bushing	4" – 2 ½", 150 psi.	01	3.40	3.40
	Reducción	1" – ¾", 150 psi.	02	0.35	0.70
	Reducción	1 ½" – ¾", 150 psi.	18	0.47	8.51
	Reducción	2" – 1 ½", 150 psi.	13	0.74	9.63
	Tablilla	Madera ½" x 2" x 5".	60	0.35	21.0
	Te	¾", 150 psi.	09	0.29	2.65
	Te	1", 150 psi.	01	0.40	0.40
	Te	1 ½", 150 psi.	10	0.99	9.91
	Te	2", 150 psi.	12	1.53	18.43
	Te	2 ½", 150 psi.	02	2.45	2.45
	Unión	¾", 150 psi.	10	0.14	1.42
	Unión	1 ½", 150 psi.	02	0.39	0.78
	Unión	2", 150 psi.	04	0.70	2.80
	Unión universal	¾", 150 psi.	02	0.82	1.64
	Unión universal	1", 150 psi.	02	1.07	2.14
	Unión universal	1 ½", 150 psi.	09	1.85	16.71
	Unión universal	2", 150 psi.	12	3.95	47.46
	Unión universal	2 ½", 150 psi.	03	4.44	13.32
<b>Subtotal 3 = \$166.67</b>					

La cotización de los elementos usados en el montaje da un costo de:

$$\text{Costo} = (\text{subtotal1} + \text{subtotal2} + \text{subtotal 3}) * 1.12$$

$$\text{Costo} = (121.57 + 2664.06 + 166.67) * 1.12$$

$$\text{Costo} = 2952.3 * 1.12$$

$$\text{Costo de materiales} = \mathbf{\$3306.58}$$

Este dato se usará para determinar los costos totales.

**Planificación definitiva.-** Con los datos de las tablas número 39, 40 y 41, se procede a realizar la planificación acorde al diagrama de Gantt, considerando las restricciones físicas, económicas y las recomendaciones técnicas. Lo que da como resultado la selección de la torre detallada en el capítulo 1 y los planos 29, 30, 31, 32 y 33; éstos son los que se usaron para el montaje, basado en el capítulo 2.

En cuanto al personal empleado, se planificó que se emplearía a 5 personas; cuatro empleados de la empresa y a mi en la posición del ingeniero encargado de supervisar la obra. Los trabajadores son un albañil y el encargado de la sección de compras, laborarían un periodo de 4 horas diarias, de lunes a viernes; los dos restantes son dos practicantes que laborarían en condiciones similares. Solo yo laboraría las 8 horas diarias, debido a que debía coordinar que se realicen planificación en el periodo en que la empresa no emplee al personal asignado.

Afortunadamente, para el montaje, en este periodo no existió pedido mayor de fundición. Se debía cumplir con la planificación, debido a que se aprovecharía la reparación electrónica de la fuente, que se culminó a inicio del mes de Mayo del 2006.

**Presentación y anclaje de la torre.**- cuando nos hicimos cargo de su montaje, la torre ya estaba ubicada en el sitio planificado, véase la figura 3.1. Lo que hicimos fue nivelarla y posicionarla en el sitio indicado en el plano 2, ya presentada, señalamos la ubicación de los anclajes y los colocamos según lo expuesto en la página 98 y la página 99. En la siguiente figura se da uno de los anclajes colocados.



**FIGURA 3.9. PERNO DE EXPANSIÓN COLOCADO PARA ANCLAR LA TORRE**

**Ejecución del plano 29.**- Posterior al anclaje de la torre se conectaron las uniones de llenado, nivel, y purga / vaciado, según lo indica el plano 29. Debido a una confusión se compró y usó tres accesorios de plástico, como se da en la siguiente figura.





**FIGURA 3.10. EJECUCIÓN DEL PLANO 29**

**Compras.-** Inicialmente no se dispuso de todo el capital, por ello se realizaron las compras, anticipadamente, según se lo requirió. El periodo de compras fue desde el día martes 14 al 24 de marzo del 2006, no se compró el sábado. El encargado de compras laboró 4 horas durante 9 días y su salario era de \$400.00.

**Selección y limpieza de la tubería de 2" cédula 80.-** Esto ya se explicó en la página número 100 y la número 101.

**Desmontaje del sistema inicial.** Para continuar, y después de coordinar con los encargados de la reparación de la fuente, se procedió a desarmar la instalación inicial, bastó un día y se lo hizo entre 4 personas, el de compras no participó. En la figura 1.9 se tiene una vista general del sistema inicial.



**FIGURA 3.11. SISTEMA INICIAL A DESMONTAR**

**Preparación de tubería para la tarea 12, 14 y 16.** Se trata de realizar los cortes y roscado de los extremos, según los planos respectivos. Se asignó un día a cada preparación y se planificó que se emplearían tres personas, yo y los dos practicantes. En esta preparación se incluye la construcción de los pies de amigo.

**Ejecución del plano 30.-** Para esto se empleó al albañil como ayudante, para ejecutar la instalación durante los dos días que se emplearon. Por ello laborábamos entre 4 y 8 horas. El montaje se detalla en la siguiente secuencia de fotos que van de izquierda a derecha.



**FIGURA 3.12. EJECUCIÓN DEL PLANO NÚMERO 30**

**Ejecución del plano 31 y 32.-** Esta tarea completa el sistema principal de enfriamiento, además de instalar la salida de agua caliente a los radiadores a emplearse en el caso de un daño. La planificación asigna 3 días, contando con el sábado. Se trabajó con los dos practicantes, el

albañil, los días viernes y sábado; el día lunes solo trabajó el albañil, siempre 4 horas diarias. A continuación la secuencia del montaje realizado.



**FIGURA 3.13. EJECUCIÓN DEL PLANO NÚMERO 31 Y 32**

En la figura anterior se tiene, en las fotografías superiores, de derecha a izquierda, la continuación del montaje. Se instaló el lado de la puerta 5, se colocó la tubería posterior, luego se lo hizo con la de la puerta 1; finalmente se instaló los radiadores.

**Ejecución del plano 33.**- Se trata de la modificación del sistema anteriormente usado, para ser empleado en el caso de darse un daño del sistema principal o, cambiando la bomba 2 por la motobomba especificada, para cuando se de un apagón. A continuación el antes y después del montaje realizado.



Antes

Después

**FIGURA 3.14. ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTAR EL PLANO 33.**



**Instalación eléctrica.**- Pese a que nos encargamos de la instalación eléctrica, se la considera dentro de la planificación, se asigna el 22 de marzo para que se la realice. Es decir, no se labora en ese día, solo lo hace el de compras para adquirir algo que se haya echado a perder; esto sería usado al siguiente día para la puesta a punto. Los practicantes laborarán solo hasta el 21 de marzo.

**Pruebas y puesta a punto.**- Se asignó para esto al día 23 de marzo, la prueba consiste en llenar la tina de la torre y hacer circular el agua en el circuito; con ello se evidenciaron las fugas y elementos defectuosos. La puesta a punta consistió en eliminar las fugas, apretando las uniones o, colocando teflón o cambiando elementos defectuosos. Además se calibró el caudal que circularía, mediante la válvula de admisión de la bomba 3. Lamentablemente esto generó cavitación.

**Entrega de la instalación.**- El día 24 de marzo se hizo la prueba con la bomba operando a una intensidad de 17.5 amperios, se lo hizo por un periodo de 15 minutos, no presentó calentamiento. El caudal aproximado fue de 50 GPM. No se dio fuga alguna, y el ruido presente en las tuberías fue por la cavitación ya explicada.

### 3.5 Costos.

Con la información anterior procedemos a determinar el costo de la instalación. Para ello consideramos primero, al costo de los materiales usados, después, al costo de la mano de obra empleada; otro rubro es el costo de la energía, agua y la depreciación de las herramientas empleadas. Todos estos valores serán determinados a continuación.

**Costo de materiales = \$3306.58**

Para determinar el costo de la mano de obra, nos basamos en el diagrama de Gantt y lo expuesto en el ítem anterior. Asignamos un sueldo base al que se debe multiplicar por 1.31, para considerar los beneficios de ley; el total de horas laborables normales, promedio por mes, es de 176.67. Todo se da en la siguiente tabla:

**TABLA 46**

#### **COSTOS DE MANO DE OBRA.**

<b>Costo, en dólares, de la mano de obra empleada en el montaje (son 177 horas laborables por mes)</b>					
Ítem	Ocupación	Sueldo base (40 horas por semana)	Sueldo real (40 horas por semana)	Horas Laboradas	Costo
01	Albañil	320	419.2	44	104.21
02	Compras	320	419.2	36	85.26
03	Practicante 1	132	172.92	44	42.99
04	Practicante 2	132	172.92	44	42.99
05	Ingeniero	380	497.8	176	494.99
<b>Costo total = \$770.44</b>					

Asumimos que los costos de la energía y otros no considerados representan el 10% del costo de la mano de obra, es decir \$ 77.04

El costo total del montaje se desglosa en la siguiente tabla:

**TABLA 47  
COSTOS TOTALES DEL MONTAJE**

<b>Costos totales del montaje (dados en dólares)</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Rubro</b>	<b>Costo</b>
01	Materiales	3306.58
02	Mano de obra	770.44
03	Otros	77.04
<b>Total</b>		<b>4154.06</b>

De la tabla 45 se obtiene que el costo de la hora-hombre es de \$2.24, debido a que se emplearon en total 344 horas-hombre con un costo de \$770.44

No se considera un porcentaje de lo presupuestado, para compensar algo no previsto, debido a que el montaje es pequeño y, el riesgo de no cumplir lo planificado es reducido. Además, si se observan las cantidades de materiales empleados, se ve una diferencia entre las listas de lo cotizado y lo requerido, porque se asume una cantidad adicional, para evitar falta de stock.



## **CAPITULO 4**

### **1. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL HORNO DE INDUCCIÓN.**

Esta evaluación analiza el funcionamiento del horno de inducción, como un todo, considerando la energía empleada en la acometida de la fuente de poder para fundir el material en el crisol, también a la empleada por el ventilador, así como a la empleada por la bomba 1, 2 o 3, según sea el caso. Esto se hará tanto para el sistema instalado, como para el que se ha calculado y deberá ser montado a futuro, dentro de un proceso de mejora continua.

Por lo dicho, la torre entra dentro del análisis, por ello se realizó el estudio de las ecuaciones que gobiernan el funcionamiento de ella. En este caso vamos a emplear directamente a cada ecuación, solo las citaremos antes de emplearlas. Para su comprensión revísese el capítulo de cálculos.

**Evaluación técnica de la torre instalada vs. la seleccionada.**- No vamos a ser exhaustivos en este análisis, nos basaremos en los valores de las mediciones obtenidas cuando estuvo operando el horno al 70%.

**TABLA 48**

**PLACA DE LA TORRE INSTALADA.**

<b>Datos de placa de torre marca PROTEC, modelo PTC - 60</b>	
Caudal de diseño	160 GPM (33.34 m <sup>3</sup> /hr).
Rango	5.6 °C
Humedad	80% a 26.7 °C de bulbo húmedo
Temperatura de agua entrante	35 °C
Temperatura de agua saliente	29.4 °C
Motor del ventilador	2Hp, 3~, 220 V – 400 V

De las mediciones y cálculos realizados el 07/07/2006, se obtuvieron los siguientes datos de operación:

**TABLA 49**

**TORRE OPERANDO AL 70% DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.**

<b>Datos de funcionamiento de la torre montada, operando al 70%</b>											
Aire a nivel de tina (punto 1)				Aire saliente del ventilador ( punto 2)				Agua ( $\Delta t$ calculado = 3.8°C)			
$t_{wb}$ (°C)	$t_{db}$ (°C)	$\phi$ (%)	$\omega$ (gr/Kg aire seco)	$t_{wb}$ (°C)	$t_{db}$ (°C)	$\phi$ (%)	$\omega$ (gr/Kg aire seco)	$t_{hw}$ (°C)	$t_{cw}$ (°C)	L (m <sup>3</sup> /hr)	$L_{m-u}$ (m <sup>3</sup> /hr)
22.5	26	78	15.9	24	26	90	18.3	32	28	19.1	0.08

Calor disipado = 83.877 Kw = 72048 kcal / hora = 23.85 TR.

Calor disipado = 72048 Frig / hora

Disipación de diseño de la torre = 60 TR

**Eficiencia de la torre montada = 39.65 %**

La torre seleccionada es la Amcot ST – 30, cuyas características son las siguientes:

**TABLA 50**

**PLACA DE LA TORRE SELECCIONADA.**

<b>Datos de placa de torre marca Amcot, modelo ST- 30</b>	
Caudal de diseño	61 GPM (13.86 m <sup>3</sup> /hr).
Rango	5.6 °C
Humedad	78% a 25.6 °C de bulbo húmedo
Temperatura de agua entrante	35 °C
Temperatura de agua saliente	29.4 °C
Motor del ventilador	1 Hp, 3~, 220 V – 400 V

Consideramos la situación hipotética de que la fuente opere al 100% de su capacidad, entonces se requerirá disipar 89 Kw, es decir 25.306 TR. Pese a que existe la torre de 25 TR se selecciona a la de 30 TR. Con ella se garantiza el enfriamiento requerido.

***Eficiencia de la torre seleccionada = 84.35 %***

Para determinar el caudal de agua de reposición uso la ecuación 44:

$$\Delta \dot{m}_w = \dot{m}_a * (\omega_2 - \omega_1) \quad \text{Ecuación 44.}$$

El ventilador estuvo mal armado y, para evitar que la torre se bloquee por exceso de agua, lo armamos correctamente y regulamos la orientación de

los álabes del rodete, aproximadamente a  $10^\circ$ . Basándonos en las curvas de la figura 4.1 y la 4.2, se determinó el flujo volumétrico y másico de aire.

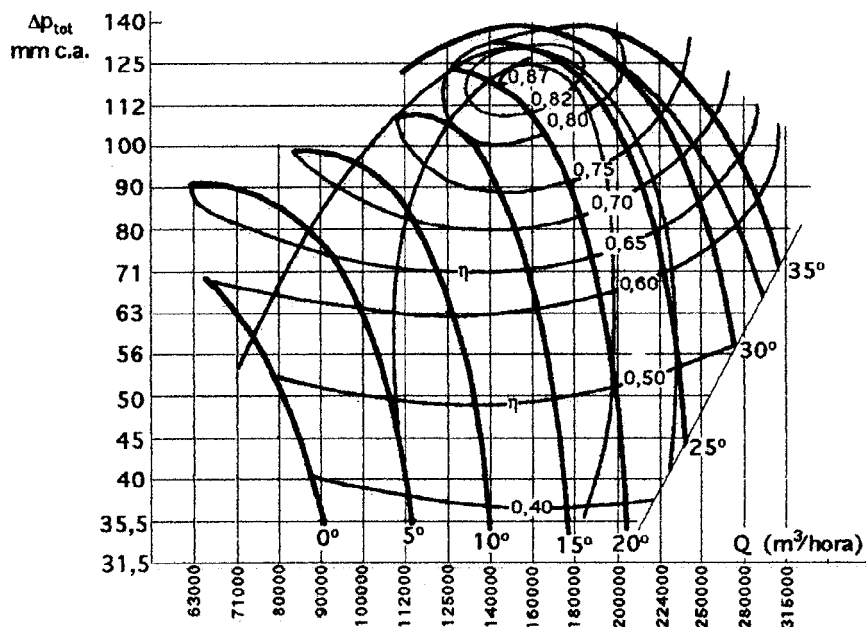


FIGURA 4.1. CURVAS SEGÚN ORIENTACIÓN DE ÁLABES DE UN VENTILADOR

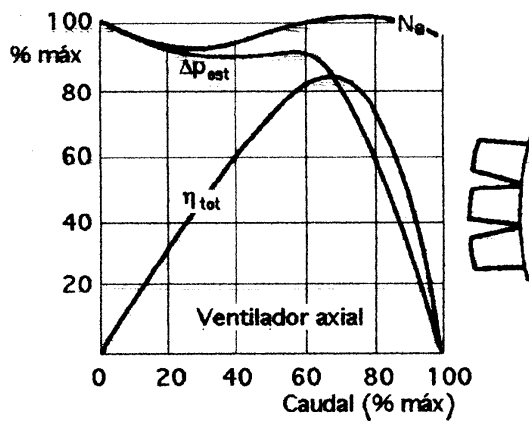


FIGURA 4.2. CURVAS TÍPICAS DE UN VENTILADOR AXIAL.

Del apéndice C, se tiene que el ventilador de 2 HP desplaza 18900 CFM, pero al ser de iguales características al montado en la torre montada, asumimos es el flujo de diseño. Como cambiamos el ángulo, y se absorbió la intensidad nominal, asumimos que se tiene un rendimiento del 70%; de la figura 4.2 asumimos que el caudal es el 45% del caudal máximo. Como el caudal de diseño es alrededor del 70%, de una relación directa tenemos:

$$\text{Caudal del ventilador} = 12150 \text{ GPM} = 20643 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

Aplicando la ecuación 44:

$$\Delta \dot{m} = 20643 \frac{\text{m}^3 \text{ de aire}}{\text{hr}} * (18.3 - 15.9) \frac{\text{gr. de agua}}{\text{Kg. de aire}} * 1.184 \frac{\text{kg. de aire}}{\text{m}^3 \text{ de aire}}$$

$$\Delta \dot{m} = 58659 \frac{\text{gr. de agua}}{\text{hr}} \approx 59 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = 59 \frac{\text{Litros}}{\text{hora}}$$

$$\text{Asumo que: } \Delta \dot{m} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = 60 \frac{\text{Litros}}{\text{hora}} = 0.06 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

El agua de reposición fue monitoreada el día 07/07/2006, se usó el medidor de agua de la empresa. El promedio dio una lectura de 20 litros cada 15 minutos, es decir 80 litros por hora, que son 0.08 m<sup>3</sup>/hr.

Pese a que deben existir errores en las asunciones y mediciones realizadas, la diferencia entre lo medido y lo calculado, 20 litros por hora, que bien podría ser menor, evidencia el arrastre de gotas de agua. En la

operación de la torre basta colocar la mano o un papel para comprobar lo expuesto. Esto es un problema por el consumo de agua y el peligro, si existieran condiciones, de la enfermedad del legionario.

Lo expuesto es a consecuencia de la sobre-dimensión implementada. La publicación hecha por EUROVENT con el título 'Guía práctica recomendada para mantener su sistema de mantenimiento eficiente y seguro', da como una fórmula general que el agua evaporada es 0.44 litros por cada 1000 kJulios de calor extraído. El agua a consumirse cuando se instale la torre seleccionada será:

$$72048 \text{ kcal/hr} \rightarrow 301651 \text{ kJulios/hr} \rightarrow 133 \text{ litros / hr}$$

**Consumo esperado con la torre Amcot ST-30:**  $\Delta \dot{m} = 133 \text{ litros / hora}$

El valor de  $KaV/L$ , conocido como característica de la torre, debe ser evaluado para comparar la torre montada con la seleccionada. Usamos directamente la ecuación 14.

Para la torre instalada:

$$KaV/L = 2.6$$

Para la torre seleccionada, despejando la humedad del aire saliente:

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{\Delta \dot{m}_w}{\dot{m}_a} = 0.0159 + \frac{133 \text{ kg}}{16294 \text{ kg}} = 0.024 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de aire}}$$

$$KaV/L = 1.01$$

De la literatura se tiene que el valor de  $KaV/L$  da una medida del grado de dificultad para los requerimientos de enfriamiento del líquido, es decir, la torre Amcot ST-30 tiene menor dificultad para enfriar el líquido.

**Evaluación técnica del horno.**- Sus características fueron dadas en el capítulo 1. Se tomaron lecturas en los conductores de acometida de la fuente y, en los de salida de poder de la fuente al horno. Los datos son:

**TABLA 51**  
**RENDIMIENTO DE LA FUENTE**

<b>Fuente de poder con lecturas tomadas al 70% de potencia*, (59%)**</b>						
Punto de lectura	Voltaje	Amperaje	# fases	Hz	Kilowatts	Cos $\Phi$
Acometida	440	270	3	60	206	1
Salida	1200	148	1	1000	178	1
<b>Rendimiento determinado experimentalmente = 86.4 %</b>						

\* El medidor del % instalado dio esta lectura, es decir estaba descalibrado

\*\*Es el porcentaje de la potencia nominal a la que se operó realmente.

Se laboró por un periodo promedio de 4 horas, con ello la potencia será:

***Energía entregada al horno = 178 Kw \*4 horas.***

***Energía entregada al horno = 712 kwh.***

Para determinar la energía requerida para fundir al acero, uso valores promedios. Son 300 kg de acero, su calor específico es de 0.21 kcal/kg°C cuando esta fundido, su entalpía de fusión es 63.7 kcal / kg.

Entonces:

$$Q = 300 \cdot 0.21 \cdot (1620 - 28) + 300 \cdot 63.7 = 119406 \text{ kcal}$$

$$Q = 119406 \text{ kcal} \cdot (1 \text{ kwh} / 860 \text{ kcal}) = 138 \text{ kwh.}$$

***Energía requerida para fundir el acero = 138 kwh.***

La escoria, en promedio 20 kg, requiere energía para su fusión. La entalpía promedio de ella es de 390 kcal/kg. Entonces la energía empleada será:

$$Q = 20 \text{ kg} \cdot 390 \text{ kcal/kg} = 7800 \text{ kcal} \cdot (1 \text{ kwh} / 860 \text{ kcal})$$

$$Q = 9.07 \cdot \text{Kwh.}$$

***Energía empleada para fundir la escoria = 9.07 kwh.***

Algo que no puede escaparse al análisis es la energía perdida por radiación, esta es importante debido a que el horno no posee tapa. La energía requerida será:

$$Q = \text{factor de radiación} \cdot t^4 \cdot \text{área expuesta} \cdot \text{factor de forma} \cdot \text{tiempo}$$

Donde la temperatura será dada en °K, el área en m<sup>2</sup> y al tiempo en horas, es decir todas las unidades deben ser compatibles. Con la escoria,



que es vidrio, se reduce el tiempo de exposición, lo asumimos de 3.5 horas.

$$Q = 4.88 \times 10^{-8} \times 1893^4 \times 3.14 \times (0.4^2/4) \times 0.9 \times 3.5 = 248052 \text{ kcal}$$

$$Q = 248052 \text{ kcal} \times (1 \text{ kwh} / 860 \text{ kcal}) = 288 \text{ kwh}$$

***Energía perdida por radiación = 288 kwh.***

La energía disipada en la bobina es:

$$Q = 50 \text{ kw} \times 4 \text{ hr} = 200 \text{ kwh.}$$

***Energía perdida por disipación en la bobina = 200 kwh.***

Al sumar las pérdidas calculadas y luego restarlas de la energía entregada, se determina la energía perdida por el calentamiento de los elementos susceptibles a la inducción, dentro del campo de acción del campo magnético. Esta será:

$$\text{Pérdidas por inducción} = 712 - (138 + 9.07 + 288 + 200)$$

***Pérdidas por inducción = 76.93 ≈ 77 kwh.***

Eficiencia del horno = Potencia útil / Potencia entregada

$$\text{Eficiencia actual del horno} = (138/712) \times 100$$

***Eficiencia actual del horno = 19.4%***

Si se coloca una tapa, se eliminan las pérdidas por radiación y se baja a la mitad las pérdidas por inducción; el tiempo de operación bajará:

$$(178 - 50 - (77 / 4)) * T = 138 + 20.7 + 9.07$$

$$T = 1.54 \text{ horas.}$$

Siendo conservadores, asumimos que el nuevo tiempo de operación será de:

$$\textbf{Tiempo de operación = 1.75 horas}$$

$$\text{Eficiencia del horno} = (138/210) * 100$$

***Eficiencia del horno modificado, al 59% de potencia nominal = 44%***

***Trabajando al 88%, opera en 0.75 horas con una eficiencia = 60%***

La energía empleada para el calentamiento y calibración, a los que llamamos preparativos, es:

$$\text{Energía de preparativos} = (440V * 100A * 1/6hr) + (440V * 150A * 1/4hr)$$

$$\textbf{Energía de preparativos = 23.83 kwh.}$$

***Se emplean 25 minutos en la preparación del horno.***

Todos los datos obtenidos se incluirán en una tabla, para comparar la eficiencia total del sistema actual sin modificar, con la que se alcanzaría si se lo modifica y, con la eficiencia que se obtendría si se realiza el montaje de la torre seleccionada. Evidentemente, se incorporarán los costos correspondientes.

**Evaluación económica de la torre de enfriamiento.**- No encontramos tablas de los precios de todas las torres disponibles en el mercado, pero si lo hicimos con los de la marca Amcot y la torre Protec PTC-60.

La torre montada tubo un costo aproximado de \$5000, pero al haber estado guardada por un periodo de aproximadamente 2 años, se dio una depreciación del 10%; la torre tubo un costo de \$4500, con el que hacemos la evaluación, pese a que se haya logrado un costo de oportunidad menor.

En la siguiente tabla se dan los costos de la gama de torres disponibles en la marca Amcot. Estos son aplicables en el exterior.

**TABLA 52**  
**TORRES AMCOT DISPONIBLES EN EL EXTERIOR.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO AMCOT</b>							
<b>Modelo Número</b>	<b>Tonelaje Nominal</b>	<b>Motor del Ventilador (HP)</b>	<b>Volumen de aire (CFM)</b>	<b>Flujo de agua (GPM)</b>	<b>Peso Seco</b>	<b>Peso Operando</b>	<b>Precio</b>
ST-3	Descontinuado – No disponible.						
ST-5	5	1/6	2118	15	86	251	\$972
ST-8	8	1/6	2648	23	93	262	\$972
ST-10	10	1/4	3531	30	123	443	\$1281
ST-15	15	1/4	4767	44	139	536	\$1521
ST-20	20	1/2	6356	58	190	719	\$2141
ST-25	25	3/4	7000	73	227	887	\$2268
ST-30	30	1	8100	88	253	1133	\$2628
ST-40	40	1-1/2	9800	118	369	1074	\$3073
ST-50	50	1-1/2	11500	148	435	1313	\$3436
ST-60	60	1-1/2	14700	177	504	1472	\$3895
ST-70	70	1-1/2	17500	207	610	1555	\$4570
ST-80	80	2	18900	237	642	1588	\$4916
ST-100	100	3	24500	295	887	2361	\$5904
ST-125	125	3	29060	369	1025	2983	\$7487
ST-150	150	5	33260	446	1375	5731	\$8408
ST-175	175	5	40250	518	1569	5887	\$10399
ST-200	200	5	43760	592	1914	7612	\$11605

Al precio dado en la tabla 51, debe considerarse, un incremento porcentual del 25% a 30% por importación, impuestos y transporte. Siendo conservador asumimos un 30%, con lo que multiplicamos lo tabulado por un factor de 1.3 Obteniendo:

**Valor comercial de torre Amcot ST – 60 = \$5063.5**

**Valor, por depreciación, de torre Protec PTC – 60 = \$4500**

***Diferencia = \$563.5***

Comparando con el costo de la torre seleccionada:

***Valor comercial de torre Amcot ST – 30 = \$3416.4***

***Diferencia = \$1083.6***

Para simplificar los cálculos del costo de la energía eléctrica consumida, asumo que el valor del kwh es de \$0.1. A continuación, basado en los cálculos realizados, comparamos el consumo eléctrico del ventilador. De aquí en adelante asumimos que la torre seleccionada trabajará 2 horas.

**TABLA 53**

**COMPARACIÓN ENTRE VENTILADOR MONTADO Y SELECCIONADO**

Comparación entre ventilador de torre, montada y seleccionada					
Ventilador	Potencia absorbida (kw)	$\eta$ (%)	Tiempo de operación	Potencia absorbida (kwh.)	Costo (\$)
Montada	1.500	45	4 horas	6.0	0.6
Seleccionada	0.746	70	2 horas	1.492	0.15
Diferencia	0.754	-25	2 Horas	4.508	0.45

En la sección de cálculos se hizo un análisis sobre la bomba montada, con ello y luego de cálculos similares, obtenemos la tabla 54, donde comparamos la utilización de la bomba actual con la seleccionada.

TABLA 54

## COMPARACIÓN ENTRE LA BOMBA 3 MONTADA Y SELECCIONADA

Comparación entre la bomba # 3, montada y la seleccionada, por colada.						
Bomba # 3	Costo en Mercado (\$)	Potencia absorbida (kw)	$\eta$ (%)	Tiempo de operación	Potencia absorbida (kwh)	Costo (\$)
Montada	600	3.5	20	4 horas	14	1.4
Seleccionada	432	1.12	47	2 horas	2.24	0.23
Diferencia	168	2.38	-27	2 Horas	11.76	1.17

Se colocó la bomba montada porque la torre posee un sistema de aspersion de agua, que necesita rotar de 5 a 7 veces por minuto y, para ello debía proveerse de un caudal cercano al de diseño. En este caso se requería de 160 GPM, en el plano número 30 se observa un by-pass que, permitiría aportar el caudal requerido a la torre, sin exceder el caudal y por ende presión límite del sistema. La bomba operó con un rendimiento sumamente bajo y cavitación inevitable, dio un caudal aproximado de 62 GPM, con ello la aspersion rotó a 2.5 giros por minuto. Esto no afectó significativamente al enfriamiento.

El rendimiento de la bomba montada es calculado en consecuencia al caudal estimado y, la pérdida de cabezal hidráulico calculado, además, se consideró que el bobinado estaba recalentado. Esta bomba deberá ser reparada a la primera oportunidad, salvo que se cambie todo el sistema.

**Evaluación económica del horno.**- En la referencia bibliográfica 10, cada 12 fundiciones debe ser reparado el refractario y, el costo por cada reparación es de \$52.32, como en el año se espera realizar 90 coladas, se reparará 7 veces. Asumimos que el costo actual, por reparación sea de \$60. Se tiene como dato que se funde 90 veces por año, Entonces:

$$\text{Costo de reparación anual} = 7 * \$60$$

$$\text{Costo de reparación anual} = \$420$$

Con la tasa de producción planificada, asumimos que por lo menos una vez por año se cambiará, íntegramente, al refractario. La referencia bibliográfica 10 da como costo total \$654. Para ser conservadores lo asumimos de \$700.

$$\text{Costo anual por mantenimiento del crisol} = 700 + 420$$

$$\text{Costo anual por mantenimiento del crisol} = \$1120$$

De lo calculado anteriormente, se dan tres situaciones. La primera es cuando el horno opera en las condiciones actuales, la segunda es cuando el horno opera con la torre seleccionada y, la tercera cuando el horno trabaja con las mejoras realizadas, con la torre seleccionada. En la siguiente tabla, se dan los costos de la energía por cada colada realizada en la cuba B, con el consumo de energía en la acometida de la fuente.

**TABLA 55**  
**COSTO DE ENERGÍA, FUNDIENDO EN LA CUBA B.**

Costo de energía por realizar la colada en la cuba B					
Situación	Energía absorbida trabajando en:			Costo de 27 coladas	
	Carga	Preparativo	Total	Por colada	Anual
#	(kwh)	(kwh)	(kwh)	(\$)	(\$)
1	824	23.83	847.83	84.79	2289.33
2	531	23.83	554.83	55.49	1498.23
3	261	23.83	284.83	28.49	769.23

En cada ocasión que se requiere operar el horno, se realiza un chequeo previo y posterior a la fundición, se usa a un operador, cuyo sueldo por hora puede ser asumido de \$2.8 por hora. El resto del tiempo laborable se encuentra realizando otras tareas productivas.

Con el sistema montado:

Costo por el operador por colada = 2.8 \$/hr\*5 hr.

Costo por el operador por colada = \$14.

**Costo anual por del operador = \$ 1260**

Con el sistema usando la torre seleccionada:

*Costo por el operador por colada = 2.8 \$/hr\*2.5 hr.*

*Costo por el operador por colada = \$7.*

***Costo anual por del operador = \$ 630***

Para el enfriamiento del crisol, actualmente, se usa al sistema anteriormente empleado, modificado para un caso de daño del sistema



principal. Se usa por un periodo de 3 horas, es una bomba de 1.5 HP y dos ventiladores de 1.5 HP. No se usa al sistema principal porque es inadecuado. Pero si se usa a la torre seleccionada, se puede emplear el by pass, con ello se trabajaría con un ventilador de 1 HP y una bomba de 1.5 HP. En la siguiente tabla se compara la energía y costo requeridos para los dos casos posibles.

**TABLA 56**  
**COSTO DEL ENFRIAMIENTO DEL CRISOL, EN DÓLARES**

Costo del enfriamiento del crisol, en dólares.					
Sistema	Consumo			Costo por	
	(kw)	(horas)	(kwh)	Colada	Año
Auxiliar	3.356	3	10.068	1.01	90.62
Seleccionado	1.864	3	5.592	0.56	50.33
Diferencia	1.492	0	4.476	0.45	40.29

El consumo de agua es algo que debe ser considerado, la torre debe disipar aproximadamente el 25% del calor; con lo que la torre estaría sobredimensionada y el agua a evaporarse será menor a 25 % de la condición normal, tal es el caso de la torre montada actualmente.

Consumo normal = 133 litros / hora.

Consumo, enfriando crisol  $\leq$  33.25 litros / hora.

Asumimos:

Consumo, enfriando crisol = 33 litros / hora.

\$ 0.40 por cada m<sup>3</sup>

Como son 3 horas:

***Costo de agua para enfriar crisol, por colada = \$0.04***

***Costo de agua para enfriar crisol, por año = \$3.57***

La torre montada consume 80 litros de agua por hora, como son 4 horas de operación, el total por colada es de 0.320 m<sup>3</sup>. El uso de la torre seleccionada, requiere de 133 litros por hora, pero se trabaja por 2 horas o menos; al total por colada lo asumo de 0.266 m<sup>3</sup>, entonces, en lo referente al consumo de agua por enfriamiento del sistema cargado:

***Con el sistema actual se tiene un gasto anual de \$11.52***

***Si se cambia a lo seleccionado se tiene un gasto anual de \$9.58***

***Se ahorra \$1.94, cada año.***

Cuando se trabaja con el sistema auxiliar para enfriar el crisol solo, se usan 30 m<sup>3</sup> para los tanques, se usa 3 veces esto en el año, porque se realizan 2 cambios de agua, debe sumarse el agua de llenado inicial de la tina colectora de la torre montada que es de 450 litros, se la va a cambiar 4 veces, por ello se usa 6 veces la capacidad al año. Con el sistema actual se gasta 10.8 m<sup>3</sup> de agua/año. Su costo es \$4.32/año.

Si se implementa al sistema con los elementos seleccionados, cambia el consumo de agua, al de la torre que se llena con 375 litros. Se cambiará 4

veces el agua, por ello se usa 6 veces la capacidad al año. Con el sistema modificado se gasta 2.25 m<sup>3</sup> de agua/año. Gasta \$0.90/año.

***Implementar las modificaciones, ahorra \$3.42/año, en agua.***

A continuación se realiza una comparación entre la instalación actual y la seleccionada. Para los costos, se consideró la operación del horno durante un año.

La producción anual es de 10% en acero inoxidable CF8 (AISI 304), 20% en acero inoxidable 297HH, 30% en acero al carbono y, 40% en Hierro gris; con un precio por kilo de \$10, \$20, \$2 y, \$5, respectivamente.

Los cálculos fueron realizados en función de lecturas tomadas durante la producción de acero inoxidable y con el ASTM 297. En estos casos se obtuvieron tiempos de operación similares, pero el consumo de energía fue distinto. Para el acero inoxidable fue aproximadamente de 4 horas operando al 59% de la capacidad nominal.

Para obtener cuanto se gasta en el año, debemos realizar la determinación de todos los costos y consumos energéticos, para cada caso, dado a que éste no es el objetivo de este trabajo monográfico, solo nos dedicamos a determinar el porcentaje de ingreso que aporta el acero inoxidable. Con esto asignamos el porcentaje del costo, de la instalación realizada y a montar, que se debe considerar para ser amortizada.

La cuba B suele usarse para acero inoxidable, la cuba A es para acero al carbono. Se consideró que se funde 90 veces al año, usando la cuba B se labora 27 veces, pero de los 300 kilos, son útiles 250.

Usando la cuba B se funden 500 kilos, se utilizan 420 kilos.

**TABLA 57**  
**INGRESOS POR LA FUNDICIÓN EN CUBA B.**

<b>Fundición en horno de inducción, ingresos en dólares</b>				
Material	Kg / año	\$ / kg	\$ / año	%
CF8	2250	10	22500	10.67
297HH	4500	20	90000	42.70
Acero al carbono	11340	2	22680	10.76
Hierro gris	15120	5	75600	35.87
<b>Total \$210780 → 53.37% = 112493.29</b>				

De la tabla 56, el aporte de la cuba B, a los ingresos es del 53.37%; entonces de los egresos y del costo de la instalación hecha se considerará el 53.37%, para analizar en cuanto tiempo se la amortiza.

A continuación detallamos una estimación del costo total de los sueldos, considerando que pueden llegar a estos valores a corto plazo.

**TABLA 58**  
**EGRESOS POR SUELDOS, EN LA EMPRESA**

<b>Costo, en dólares, de la mano de obra empleada anualmente</b>				
<b>Ocupación</b>	<b># empleados</b>	<b>Sueldo Individual</b>	<b>Subtotal mensual</b>	<b>Sueldo Anual</b>
Albañil	1	419.2	419.2	5030.4
Ayudante	3	283.2	849.6	10195.2
Ingeniero	2	497.8	995.6	11947.2
Cocinera	1	407.1	407.1	4885.2
Logística	1	419.2	419.2	5030.4
Mecánico	1	442.5	442.5	5310
Modelador	1	442.5	442.5	5310
Secretaria	2	407.1	814.2	9770.4
Soldador	1	442.5	442.5	5310
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>5232.4</b>	<b>62788.8</b>
<b>53.37 % → 33510.38</b>				

Para los egresos mensuales de consumo telefónico, eléctrico, de Internet, de agua y, administrativo, asumimos un valor de \$250 cada mes. Anualmente el egreso será de \$3000.

**53.37% gastos administrativos y energéticos = \$1601.1**

Para considerar todos los gastos incurridos, al realizar el montaje, al operar los equipos y, realizarles mantenimiento, además de los costos administrativos; consideramos que se usa al horno de la cuba B, 27 veces por año y, que le corresponde al 53.37% de los costos totales. La siguiente tabla desglosa los costos anuales considerados.

**TABLA 59**  
**EGRESOS ANUALES, USANDO LA CUBA B.**

<b>Egresos anuales, en dólares, usando la cuba B</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Rubro</b>	<b>Sistema actual</b>	<b>Sistema seleccionado</b>
01	Agua	10.36	5.59
02	Electricidad de la bomba 3	37.8	6.21
03	Electricidad del ventilador	16.2	4.05
04	Electricidad del horno	2289.33	1498.23
05	Enfriamiento del crisol	27.27	15.12
06	Mantenimiento del crisol	336	336
07	Sueldo del operador del horno	378	189
08	Gastos varios	1601.1	1601.1
09	Sueldos del personal	33510.38	33510.38
<b>Total de egresos anuales</b>		<b>38206.44</b>	<b>37165.68</b>

Para determinar el costo del montaje, a ser amortizado, usamos los valores ya calculados y de ellos asignó el 53.37%. En la siguiente tabla se lo detalla.

**TABLA 60**  
**COSTO DE LOS MONTAJES, INCLUIDO IVA**

<b>Costo de montaje, en dólares, a ser amortizado.</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Rubro</b>	<b>Sistema montado</b>		<b>Sistema seleccionado</b>	
		<b>100%</b>	<b>53.37 %</b>	<b>100 %</b>	<b>53.37 %</b>
01	Agua y energía	60	32	55	29.35
02	Bomba 01	483.26	257.92	338.05	180.42
03	Bomba 02	338.05	180.42	425.00	226.82
04	Bomba 03	672.00	358.65	338.05	180.42
05	Mano de obra	411.18	219.45	411.18	219.45
06	Materiales	1813.19	967.70	2046.02	1091.96
07	Torre	4500	2401.65	3416.40	1823.33
<b>Total</b>		<b>8217.68</b>	<b>4385.79</b>	<b>7029.70</b>	<b>3751.75</b>

Dado que los costos de la tabla anterior, son inferiores al 10% del ingreso dado en la tabla 57, asumimos que se dé la amortización para un año de labores. Dado que no hemos considerado si existen otros gastos tales como, la implementación de algún plan de mejora o, el pago de alguna amortización, consideramos que la diferencia entre los ingresos y la suma de los egresos con los costos de montaje, da la ganancia bruta.

***Ganancia bruta del sistema montado = \$69901.06***

***Ganancia bruta del sistema seleccionado = \$71575.86***

***Diferencia = \$1674.80***

Con esta diferencia, se evidencia que se debe implementar al sistema de enfriamiento seleccionado, lo más pronto posible. Además se podrá construir la tapa para el crisol, con ello se reducirán aún más los costos.

**Evaluación Ambiental.**- Dado que el objetivo de esta tesis no es dar una solución al problema ambiental que se genere, nos dedicaremos a dar, en términos generales, la situación ambiental en la que se encuentra operando el horno. Para esto utilizamos la terminología dada en el glosario de términos dado en el 'Reglamento para la prevención y el control de la contaminación por desechos peligrosos', que es el título V, del libro VI de las políticas básicas de la república del Ecuador. Refiérase al anexo D.

En este caso asumimos que los desechos generados son peligrosos, porque basta con que se incorpore un elemento considerado como peligroso, para que el conjunto sea tratado como tal.

La única forma para comprobar la composición real de los desechos, es el análisis de ellos. En este caso nos basamos en que los componentes, de las materias primas, ferro-aleaciones y, contaminantes que ingresan en el proceso global, pueden conformar un compuesto tóxico.

Como ya se dijo, el proceso cuenta con dos elementos principales, donde se puede generar y/o captar contaminación ambiental, éstos son el horno y la torre. Se estudiará solo al horno de la cuba B, dedicado a la producción de acero inoxidable, que regularmente, usa como materia prima al acero deseado y al crisol monolítico de sílice.

Cuando se considera al crisol monolítico de sílice como materia prima, lo hace porque éste se consume en una tasa aproximada de 2% por colada, por lo que se lo repara cada 12 coladas.

El crisol es formado con arena sílice compuesta de 0.151% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0.014% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y, 98.32% de  $\text{SiO}_2$ , el resto son consideradas impurezas; a esta arena se le adiciona del 2% al 4% de ácido bórico, para que haga la función de ligante durante el proceso de sinterizado. Se obtiene un crisol monolítico que opera a 1650 °C.



Lamentablemente, este mismo ácido bórico es un problema, debido a que con su adición se reduce el punto de fusión de la sílice. Esta es la causa principal por la que se da la formación de la escoria en este horno. La escoria es un vidrio negro, obsérvese la siguiente figura:



**FIGURA 4.3. CRISOL DESPUÉS DE REALIZAR UNA FUNDICIÓN.**

Para descartar la incidencia tóxica del ácido bórico, o la del conjunto de los elementos constituyentes, es prioritario analizar su composición, hasta tanto se deberá asumir que se trata de un desecho peligroso y optar por un manejo acorde a las disposiciones dadas por el reglamento ya citado.

Otro aspecto es la emisión de gases, normalmente se colocan materias primas que cumplan con la composición del material deseado, en el peor de los casos, se usan materias que permitan trabajar con carencias en la composición requerida. Esta situación es la que, junto con la del crisol,

puede generar gases y sólidos que, posiblemente sean desechos peligrosos, debido a la adición de la ferro-aleación respectiva.

Consecuentemente, es requerido el análisis la composición de los gases generados. Con ello se descartará, o no, su manejo como desecho peligroso; de considerársele como tal, se debe implementar el enfriado y lavado de gases, así como la captación de polvos y lodos, acorde a lo dispuesto en las políticas básicas ambientales del Ecuador.

Aparentemente, la torre no afecta significativamente al entorno existente, debido a que por sí sola no genera contaminación alguna, salvo el agua aportada al entorno en forma de gotas arrastradas o humedad incrementada al aire saliente. En este caso se tiene que son, aproximadamente, 80 litros por hora, es decir 320 litros por fundición realizada. Si se usa un separador de gotas serían 240 litros por fundición.

Lamentablemente, la presencia de polvo en el filtro colocado, véase la figura 4.4, evidencia que la situación en la torre se vuelve compleja. Es decir se tiene la presencia de sustancias, cuya composición es nuevamente desconocida, y que al pasar el filtro, en parte son arrastradas con el líquido a la tina y lo restante es incorporado al aire húmedo.



**FIGURA 4.4. POLVO PRESENTE EN EL FILTRO DE LA TORRE.**

La naturaleza del polvo incorporado es preocupante, a causa de que puede ser generado por los vehículos que transitan, a diario, por la vía cercana. Consecuentemente, se podrían arrastrar parte de los componentes de los gases de combustión y, por consiguiente, elementos que convertirán a los lodos sedimentados en desechos peligrosos. Nuevamente es requerido un análisis químico para descartar el manejo de los desechos generados, en la torre, como desechos peligrosos.

Dado que se generan desechos orgánicos como mohos, e inorgánicos como óxidos, carbonatos y sales, según sea la composición del agua y el polvo incorporado; estas sustancias pueden servir de alimento para la *Legionella Pneumophilla*, si existiera, causante de una neumonía llamada legionelosis. Este es otro problema que debe ser analizado.

El informe UNE 100030:2001 IN da recomendaciones respecto a la limpieza de la tina colectora de agua, así como del relleno, además se dan las concentraciones a ser monitoreadas y las separaciones para evitar problemas de legionelosis.

Para evitar problemas de legionelosis, también conocido como mal del legionario, puede ser de utilidad la 'Guía práctica recomendada para mantener su sistema de enfriamiento eficiente y seguro', desarrollada por Eurovent / Cecomaf WG9, puede ser bajada desde la Web, del sitio [www.e-nergias.com](http://www.e-nergias.com). Esta guía da un plan de mantenimiento y monitoreo acorde a la normativa europea, que se puede aplicar a la nuestra.

Al momento, se está evacuando tanto los lodos como el agua al desagüe, esto no se debe hacer en función a todo lo expuesto. Una secuencia de la contaminación del agua se da en la figura 4.5. Finalmente, se necesita el implementar un estudio completo para solucionar el problema ambiental.



**FIGURA 4.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LA TINA COLECTORA.**

# CAPITULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

1. La torre seleccionada es la de marca Amcot, modelo ST-30, su eficiencia es de 84.35%
2. Por razones del mercado local y de precio de oportunidad, se monto la torre marca PROTEC, modelo PCT-60, sobredimensionada, que permite la operación del horno a capacidad de diseño. Pero la eficiencia de la torre es 39.65%.
3. Los costos de operación con la instalación actual y la torre PROTEC PCT-60 son más altos, comparados a los de la torre seleccionada. La diferencia anual es, aproximadamente, de \$151.
4. El costo de realizar una instalación con elementos nuevos, según las especificaciones y recomendaciones técnicas, es superior al de la

instalación hecha. Pero si se analiza el costo global en un año se obtiene una ganancia estimada de \$1674.80.

5. La bomba a emplearse cuando se instale la torre seleccionada es la bomba Goulds Pumps 3656LH 51 BF 1 F 2 B 0, o su equivalente.
6. La depreciación de la instalación, es factible realizarla en un año.
7. La modificación del sistema inicial para que opere como auxiliar, operó aceptablemente; es más, hubiese sido una solución alterna en caso de que los radiadores hubiesen estado en perfectas condiciones.
8. Para que el enfriamiento de la bobina no sufra un cambio abrupto, cuando se emplee el sistema auxiliar con la motobomba, se debe usar una motobomba HONDA WX10K1. Si se coloca otra bomba, el caudal será excesivo para los radiadores y estos probablemente colapsarán.
9. De la evaluación ambiental se concluye que, las condiciones en las que se encuentra operando, tanto el horno como la torre, exigen se implemente un manejo de desechos acorde a lo establecido en 'Las políticas básicas ambientales del Ecuador', libro VI.
10. En lo profesional, he adquirido más conocimientos sobre las torres de enfriamiento y sobre su valor característico  $KaV/L$ . A mayor valor, mayor dificultad para lograr el enfriamiento deseado.

## 5.2 RECOMENDACIONES

1. La mejora continua, empezará por reducir las pérdidas por inducción en los elementos metálicos y debería continuar con lo expuesto en las siguientes recomendaciones.
2. Se puede optar, para el sistema de bombeo auxiliar, por la implementación de las dos bombas usadas en el sistema inicial, para que operen en paralelo. Con ello se implementa, también, a la motobomba en el sistema principal, eliminando el sistema auxiliar existente. Consecuentemente se lo puede emplear al tanque, usado actualmente como depósito de agua fría, para su diseño original, que es el de ser un tanque de arena.
3. Basado en las conclusiones número uno, dos y tres, a futuro, debe montarse el sistema seleccionado, cumpliendo la tabla 34. Primero, cuando se haya quemado la bomba principal, cambiarla por la bomba Goulds Pumps 3656LH 51 BF 1 F 2 B 0, o su equivalente, luego las auxiliares por una sola, posteriormente la torre y las tuberías por las ya seleccionadas.



4. Se debe implementar un estudio detallado, para el manejo de todos los desechos generados. Una guía de cómo proceder se la puede considerar en la referencia bibliográfica número cuatro y en la número siete. Su implementación deberá cumplir la normativa ambiental ecuatoriana.

## **APÉNDICES**

Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX																Operador: Ing. Roger Wiesner.				
Fecha:		Sistema Eléctrico			Agua de enfriamiento															
23/06/06		% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	SCR + control electrónico				Mangueras de poder + condensadores				Bobina de Inducción				Sistema Completo			
Hora de Lectura de datos					Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	
Operación	14:30	70	28	30	25	26	34	6	25	25	34	6	25	25	34	6	25	25	38	2
	15:00	80	40	40	25	26	34	6	25	28	34	6	25	28	34	6	25	30	38	2
	16:00	90	43	48	25	29	34	6	25	29	34	6	25	42	34	6	25	31	38	2
	16:30	90	48	56	25	29	34	6	25	29	34	6	25	44	34	6	25	32	38	2
	17:00	90	48	56	25	29	34	6	25	29	34	6	25	44	34	6	25	32	38	2
	17:30	85	57	72	25	26	34	6	25	29	34	6	25	44	34	6	25	32	38	2
	18:00	80	33	30	25	26	34	6	25	29	34	6	25	40	34	6	25	32	38	2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfriamiento	18:15	-	-	-	25	25	34	6	25	28	34	6	25	44	34	6	25	30	38	2
	18:30	-	-	-	24	24	34	6	24	24	34	6	25	35	34	6	24	28	38	2
	18:45	-	-	-	24	24	34	6	24	24	34	6	25	30	34	6	24	26	38	2
Observaciones	14:15	Encendido de la fuente de poder para fundir acero Inoxidable tipo AISI 304																		
	18:15	Se apaga la fuente de poder y se procede a enfriar la bobina de inducción																		
	18:45	Se apaga a la bomba y ventilador de la torre de enfriamiento, para encender por dos horas																		
		Al sistema auxiliar de enfriamiento, pasando de usar 7.5HP a 4.5HP. Para esto se emplea un control temporizado.																		

Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX																Operador: Ing. Roger Wiesner.				
Fecha:		Sistema Eléctrico			Agua de enfriamiento															
24/06/06		% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	SCR + control electrónico				Mangueras de poder + condensadores				Bobina de Inducción				Sistema Completo			
Hora de Lectura de datos					Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	
Operación	11:00	60	22	22	24	24	34	6	25	25	34	6	24	24	34	6	22	24	38	2
	11:30	85	37	42	24	26	34	6	24	25	34	6	24	30	34	6	24	28	38	2
	12:00	85	38	42	25	27	34	6	25	26	34	6	25	43	34	6	24	30	38	2
	13:00	90	42	40	25	26	34	6	25	28	34	6	25	45	34	6	25	30	38	2
	14:00	90	45	46	25	26	34	6	25	30	34	6	25	46	34	6	25	30	38	2
	14:30	90	45	46	25	26	34	6	25	30	34	6	25	46	34	6	25	30	38	2
Enfriamiento																				
Observaciones	11:00	Encendido de la fuente de poder para fundir acero Inoxidable tipo AISI 304																		
	14:30	Se apaga la fuente de poder porque se dio una falla por empaquetamiento de la carga																		
		Se apaga a la bomba y ventilador de la torre de enfriamiento, para encender por tres horas																		
		Al sistema auxiliar de enfriamiento, pasando de usar 7.5HP a 4.5HP. Para esto se emplea un control temporizado.																		

<b>Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX</b>																	<b>Operador:</b> Ing. Roger Wiesner.			
<b>Fecha:</b>		<b>Sistema Eléctrico</b>			<b>Agua de enfriamiento</b>															
<b>27/06/06</b>		% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	<b>SCR + control electrónico</b>				<b>Mangueras de poder + condensadores</b>				<b>Bobina de Inducción</b>				<b>Sistema Completo</b>			
<b>Hora de Lectura de datos</b>					Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	
<b>Operación</b>	13:30	80	58	60	24	28	36	8	24	28	37	6	24	45	36	8	23	27	41	2
	14:00	90	61	68	25	28	38	8	25	28	39	6	25	48	38	8	24	28	43	2
	14:50	80	64	70	25	28	38	8	25	28	38	6	25	48	38	8	24	29	42	2
	15:30	75	62	56	24	30	38	8	24	30	38	6	24	46	38	8	24	28	42	2
	16:15	68	40	46	24	29	38	8	24	30	38	6	24	43	38	8	24	28	42	2
	16:25	55	32	26	24	29	38	8	24	30	38	6	24	40	38	8	24	28	42	2
<b>Enfriamiento</b>	16:40	-	-	-	24	29	38	8	24	30	38	6	24	38	38	8	24	28	42	2
	17:00	-	-	-	23	28	38	8	23	28	38	6	23	35	38	8	22	26	42	2
	18:00	-	-	-	23	26	38	8	23	25	38	6	23	32	38	8	22	26	42	2
	18:15	-	-	-	23	24	38	8	23	24	38	6	23	30	38	8	22	25	42	2
<b>Observaciones</b>	12:30	Encendido de la fuente de poder para fundir acero Inoxidable tipo AISI 304																		
	16:35	Se apaga a la fuente de poder, a las 16:15 se obtuvo colada completa.																		
	17:30	La temperatura del material en el crisol es de 1050°C																		
	18:00	La temperatura del material en el crisol es de 818°C																		
	18:18	Se cambia al sistema auxiliar, temporizándolo a una hora.																		

Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX																Operador: Ing. Roger Wiesner.				
Fecha:		Sistema Eléctrico			Agua de enfriamiento															
28/06/06		% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	SCR + control electrónico				Bobina de Inducción				Mangueras de poder + condensadores				Sistema Completo			
Hora de Lectura de datos					Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	
Operación	12:30	65	30	32	23	27	35	8	23	33	35	8	23	25	36	6	22	25	39	2
	13:00	75	54	58	25	28	35	8	25	42	35	8	25	28	36	6	25	30	39	2
	14:00	82	60	63	26	30	37	9	26	46	37	9	26	28	38	7	25	30	42	2
	15:00	75	63	60	26	30	38	9	26	45	38	9	26	30	38	7	25	30	42	2
	16:00	80	62	66	26	30	37	9	26	48	37	9	26	30	38	7	25	29	42	2
Enfriamiento	16:15	-	-	-	26	30	37	9	26	48	37	9	26	30	38	7	25	29	42	2
	17:00	-	-	-	24	28	37	8	24	34	37	8	24	26	38	7	23	27	42	2
	17:20	-	-	-	24	26	37	8	24	32	37	8	24	25	38	7	23	26	42	2
Observaciones	12:20	Encendido de la fuente de poder para fundir acero Inoxidable tipo ASTM297 (enfria rápido)																		
		Debido a que esta fundición requiere más energía, requiere más enfriamiento, se usa 42psi																		
	16:10	Se inicia el vaciado de la colada																		
	16:15	Se apaga a la fuente de poder e inicia el enfriado de todo el sistema.																		
17:20	Se cambia del sistema de enfriamiento principal al auxiliar, temporizado a 2 horas.																			

Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX																Operador: Ing. Roger Wiesner.				
Fecha:		Sistema Eléctrico			Agua de enfriamiento															
07/07/06		% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	SCR + control electrónico				Bobina de Inducción				Mangueras de poder + condensadores				Sistema Completo			
Hora de Lectura de datos					Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
		in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out			
Operación	12:45	70	30	36	23	26	36	8	23	38	36	8	23	24	38	7	22	27	42	2
	13:00	90	52	60	23	26	36	8	23	47	36	8	23	24	38	7	23	27	42	2
	14:00	90	56	60	25	27	36	8	25	52	36	8	25	25	38	7	24	27	42	2
	14:45	85	63	70	25	27	37	9	25	52	37	9	25	25	38	8	24	28	42	2
	15:30	80	64	70	25	28	37	9	25	52	37	9	25	25	38	8	24	28	42	2
	16:00	75	-	-	25	28	37	9	25	60	37	9	25	25	38	8	24	28	42	2
	16:30	75	-	-	25	28	37	9	25	60	37	9	25	25	38	8	24	28	42	2
Enfriamiento	17:00	-	-	-	24	28	37	9	24	43	37	9	24	25	38	8	23	26	42	2
	17:30	-	-	-	23	26	37	9	23	33	37	9	23	24	38	8	23	26	42	2
	18:00	-	-	-	22	25	37	9	22	31	37	9	22	23	38	8	22	25	42	2
	18:15	-	-	-	-	-	-	-	23	31	21	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	18:50	-	-	-	-	-	-	-	23	33	21	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	19:05	-	-	-	-	-	-	-	23	32	21	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Observaciones	12:30	Encendido de la fuente de poder para fundir acero Inoxidable tipo ASTM 297																		
	16:50	Amperímetro y ratímetro dejan de operar, aparentemente, se dañaron																		
	16:55	Se apaga la fuente, queda material en el crisol, se enfría con el sistema principal.																		
	18:15	Se cambia al sistema auxiliar																		
	19:05	Se deja al sistema auxiliar con apagado temporizado a una hora, el material tenía 570°C																		

Control de funcionamiento de fuente de poder y horno de inducción AJAX																Operador:			
Fecha:		Sistema Eléctrico			Agua de enfriamiento														
Hora de Lectura de datos	% Voltaje (100 = 1250V.)	% Amperaje (100 = 497A.)	% Potencia (100 = 350kw.)	SCR + control electrónico				Bobina de Inducción				Mangueras de poder + condensadores				Sistema Completo			
				Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)		Temperatura (°C)		Presión (psi)	
				in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out
Operación																			
Enfriamiento																			
Observaciones																			



# **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS**

## **LIBRO VI ANEXO 6**

### **0 INTRODUCCIÓN**

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Esta Norma establece los criterios para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final. La presente Norma Técnica no regula a los desechos sólidos peligrosos.

La presente norma técnica determina o establece:

- De las responsabilidades en el manejo de desechos sólidos
- De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos
- Normas generales para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

## **1 OBJETO**

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso aire, agua y suelo.

El objetivo principal de la presente norma es salvaguardar, conservar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes al manejo y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos deberán realizarse en los términos de la presente Norma Técnica.

## **2 DEFINICIONES**

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

### **2.1 Almacenamiento**

Es la acción de retener temporalmente los desechos sólidos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

### **2.2 Aseo urbano**

Es la limpieza y mantenimiento de la ciudad, libre de desechos sólidos producidos por sus habitantes.

### **2.3 Biodegradable**

Propiedad de toda materia de tipo orgánico, de poder ser metabolizada por medios biológicos.

### **2.4 Caracterización de un desecho**

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del desecho, integrado por la toma de muestras, e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y

microbiológicos. Los datos de caracterización generalmente corresponden a mediciones de campo y determinaciones de laboratorio que resultan en concentraciones contaminantes, masas por unidad de tiempo y masas por unidad de producto.

## **2.5 Contaminación**

Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente.

## **2.6 Contenedor**

Recipiente de gran capacidad, metálico o de cualquier otro material apropiado utilizado para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos, generados en centros de gran concentración, lugares que presentan difícil acceso o bien en aquellas zonas donde por su capacidad es requerido.

## **2.7 Control**

Conjunto de actividades efectuadas por la entidad de aseo, tendiente a que el manejo de desechos sólidos sea realizado en forma técnica y de servicio a la comunidad.

## **2.8 Desecho**

Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales, restos, residuos o basuras no peligrosas, originados por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que pueden ser sólidos o semisólidos, putrescibles o no putrescibles.

## **2.9 Desecho sólido**

Se entiende por desecho sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros.

## **2.10 Desecho semi-sólido**

Es aquel desecho que en su composición contiene un 30% de sólidos y un 70% de líquidos.

### **2.11 Desecho sólido Domiciliario**

El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

### **2.12 Desecho sólido Comercial**

Aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, plazas de mercado y otros.

### **2.13 Desechos sólidos de demolición**

Son desechos sólidos producidos por la construcción de edificios, pavimentos, obras de arte de la construcción, brozas, cascote, etc, que quedan de la creación o derrumbe de una obra de ingeniería. Están constituidas por tierra, ladrillos, material pétreo, hormigón simple y armado, metales ferrosos y no ferrosos, maderas, vidrios, arena, etc.

### **2.14 Desechos sólidos de barrido de calles**

Son los originados por el barrido y limpieza de las calles y comprende entre otras: Basuras domiciliarias, institucional, industrial y comercial, arrojadas clandestinamente a la vía pública, hojas, ramas, polvo, papeles, residuos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores.

### **2.15 Desechos sólidos de limpieza de parques y jardines**

Es aquel originado por la limpieza y arreglos de jardines y parques públicos, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas o privadas.

### **2.16 Desechos sólidos de hospitales, sanatorios y laboratorios de análisis e investigación o patógenos**

Son los generados por las actividades de curaciones, intervenciones quirúrgicas, laboratorios de análisis e investigación y desechos asimilables a los domésticos que no se pueda separar de lo anterior. A estos desechos se los considera como *Desechos Patógenos* y se les dará un tratamiento especial, tanto en su recolección como en el relleno sanitario, de acuerdo a las normas de salud vigentes y aquellas que el Ministerio del Ambiente expida al respecto.

### **2.17 Desecho sólido institucional**

Se entiende por desecho sólido institucional aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.

### **2.18 Desecho sólido industrial**

Aquel que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

### **2.19 Desecho sólido especial**

Son todos aquellos desechos sólidos que por sus características, peso o volumen, requieren un manejo diferenciado de los desechos sólidos domiciliarios. Son considerados desechos especiales:

- a) Los animales muertos, cuyo peso exceda de 40 kilos.
- b) El estiércol producido en mataderos, cuarteles, parques y otros establecimientos.
- c) Restos de chatarras, metales, vidrios, muebles y enseres domésticos.
- d) Restos de poda de jardines y árboles que no puedan recolectarse mediante un sistema ordinario de recolección.
- e) Materiales de demolición y tierras de arrojado clandestino que no puedan recolectarse mediante un sistema ordinario de recolección.

### **2.20 Desecho peligroso**

Es todo aquel desecho, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas, irritantes, de patogenicidad, carcinogénicas representan un peligro para los seres vivos, el equilibrio ecológico o el ambiente.

### **2.21 Desechos sólidos incompatibles**

Son aquellos que cuando se mezclan o entran en contacto, pueden reaccionar produciendo efectos dañinos que atentan contra la salud humana, contra el medio ambiente, o contra ambos.

### **2.22 Desinfección**

Es un proceso físico o químico empleado para matar organismos patógenos presentes en el agua, aire o sobre las superficies.

### **2.23 Desratización**

Acción de exterminar ratas y ratones.

#### **2.24 Disposición final**

Es la acción de depósito permanente de los desechos sólidos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

#### **2.25 Entidad de aseo**

Es la municipalidad encargada o responsable de la prestación del servicio de aseo de manera directa o indirecta, a través de la contratación de terceros.

#### **2.26 Estación de transferencia**

Es el lugar físico dotado de las instalaciones necesarias, técnicamente establecido, en el cual se descargan y almacenan los desechos sólidos para posteriormente transportarlos a otro lugar para su valorización o disposición final, con o sin agrupamiento previo.

#### **2.27 Funda**

Especie de saco que sirve para contener desechos sólidos.

#### **2.28 Generación**

Cantidad de desechos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado.

#### **2.29 Generador**

Persona natural o jurídica, cuyas actividades o procesos productivos producen desechos sólidos.

#### **2.30 Lixiviado**

Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos.

#### **2.31 Reciclaje**

Operación de separar, clasificar selectivamente a los desechos sólidos para utilizarlos convenientemente. El término reciclaje se refiere cuando los desechos sólidos clasificados sufren una transformación para luego volver a utilizarse.

### **2.32 Recipiente**

Envase de pequeña capacidad, metálico o de cualquier otro material apropiado, utilizado para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.

### **2.33 Relleno sanitario**

Es una técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública.

Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los desechos sólidos en un área la menor posible, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, y luego cubriendo los desechos sólidos depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada.

### **2.34 Reuso**

Acción de usar un desecho sólido, sin previo tratamiento.

### **2.35 Suelo contaminado**

Todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el medio ambiente en general.

### **2.36 Tratamiento**

Proceso de transformación física, química o biológica de los desechos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial y en el cual se puede generar un nuevo desecho sólido, de características diferentes.

### **2.37 Vía pública**

Son las áreas de la ciudad destinadas al tránsito peatonal, vehicular y a la recreación: Se incluye en esta definición las calles, avenidas, plazoletas, parques, jardines, alamedas y playas de veraneo.

## **3 CLASIFICACIÓN**

Esta norma establece los procedimientos generales en el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde la generación hasta la disposición final; y las normas de calidad que deben cumplir los desechos sólidos no

peligrosos para cumplir con estándares que permitan la preservación del ambiente.

Se presenta la siguiente clasificación:

- De las responsabilidades.
- De las prohibiciones.
- Normas generales para el manejo de los Desechos Sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.



# The amcot Silver Series Cooling Tower

## Design Features:

Lightweight and compact, the AMCOT cooling tower provides quick and easy installation. Job site assembly is simplified by the modular design of all components.

Prevailing wind directions will not affect cooling tower performance due to the unique circular design of the basin and casing.

## Casing:

Easy access through casing simplifies cleaning. Individual fiberglass panels are stainless steel bolted together for periodic wash down and general clean up.

The AMCOT FRP cooling tower is designed for durability and long life even under the most severe environmental weather conditions.

## Fan Blades:

Aerodynamically designed propeller type fan blades are used to conserve power and assure quiet operation. AMCOT model ST-3 through ST-50 feature a factory balanced ABS plastic blade. AMCOT model ST-60 and above feature an all aluminum alloy adjustable fan.

## Fan Motor:

AMCOT ST-3 through ST-200 have a direct drive motor. AMCOT ST-225 and larger feature a unique belt drive design to reduce noise levels to a minimum.

## Water Distribution System:

AMCOT ST-3 through ST-60 use an ABS plastic sprinkler with stainless steel shaft. AMCOT ST-70 and above use an aluminum alloy sprinkler head. Both types of sprinkler heads require little or no head pressure loss and minimum maintenance.

## Inlet Louvers:

Non rusting PVC plastic mesh provides easy access to sump while preventing foreign objects from entering water basin.

## Ladder:

Provided for maintenance and inspection accessibility to fan and sprinkler systems. (Models ST-40 and above)

## Fill Material:

Honeycomb heat embossed PVC is formed to permit high heat transfer efficiency. The AMCOT fill is suitable for operation with inlet water temperature up to 115°F. For temperature above this please select ST-P(polypropylene) or ST-W(wood) models.

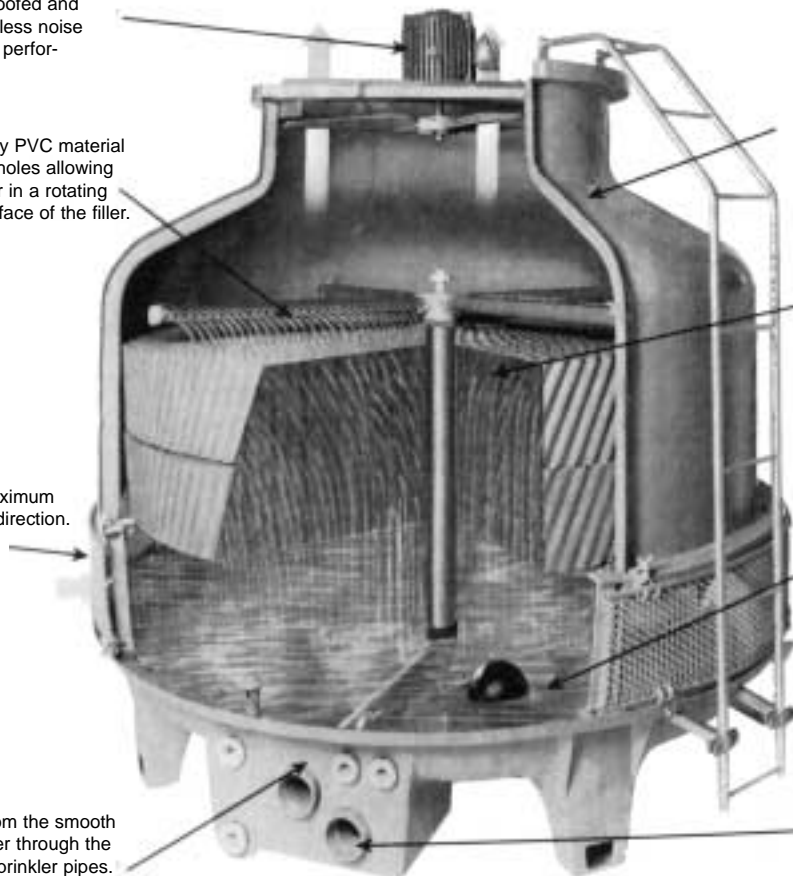
## Engineered for Cost Efficiency & High Performance

The fan motor is weather-proofed and totally enclosed allowing for less noise and more efficient long-term performance.

The sprinkler pipes are sturdy PVC material pierced with closely-spaced holes allowing thorough distribution of water in a rotating spray covering the entire surface of the filler.

The round design permits maximum air intake regardless of wind direction.

Efficient operation results from the smooth pumping of recirculated water through the stand pipe and up into the sprinkler pipes.



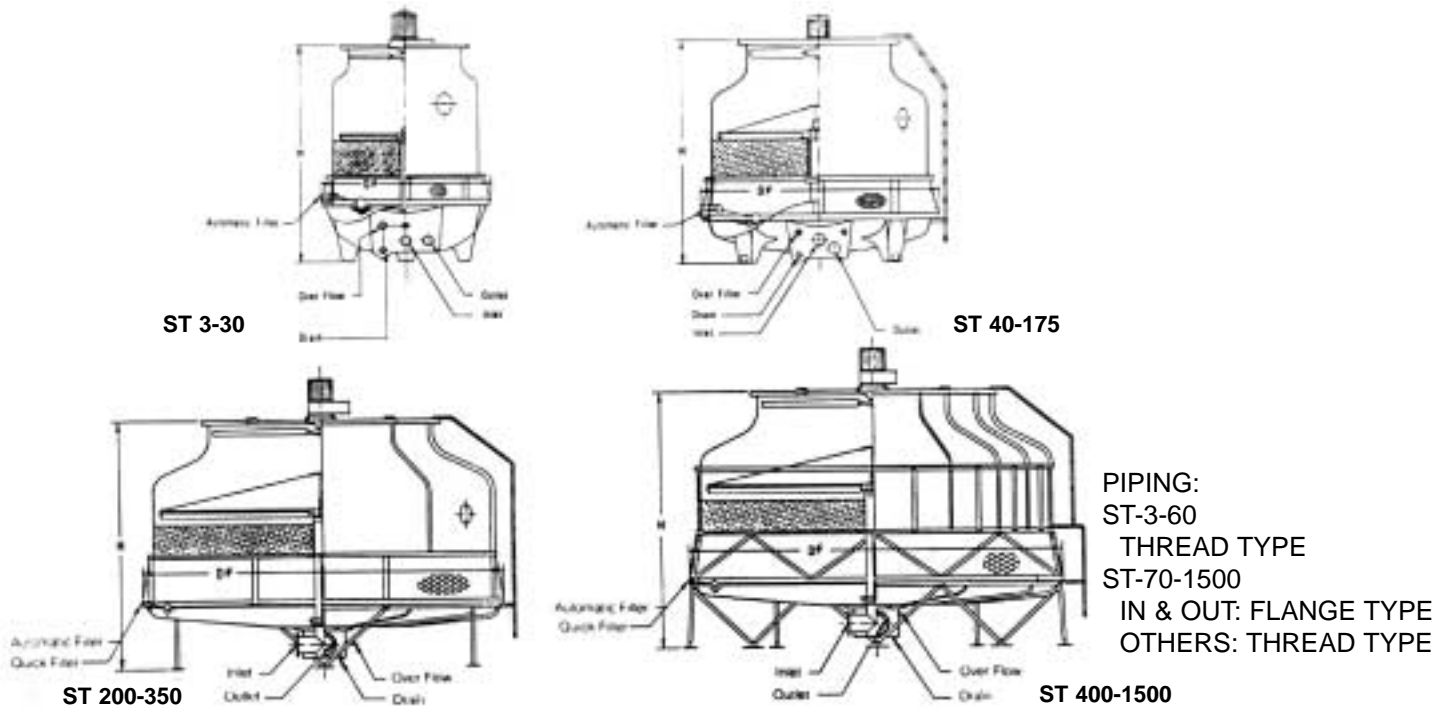
Housing panels and water basin are built of fiberglass reinforced plastic ensuring rust-free long term performance even under the most severe environmental conditions.

The efficiently designed PVC filler creates a surface area that allows for maximum dispersion of water which creates a superior cooling effect.

A large-capacity, durable water basin constructed from rust-proof fiberglass reinforced plastic guarantees low maintenance and long-term operation.

A large diameter outlet pipe draws a constant supply of cooled water from the basin to serve the facility.

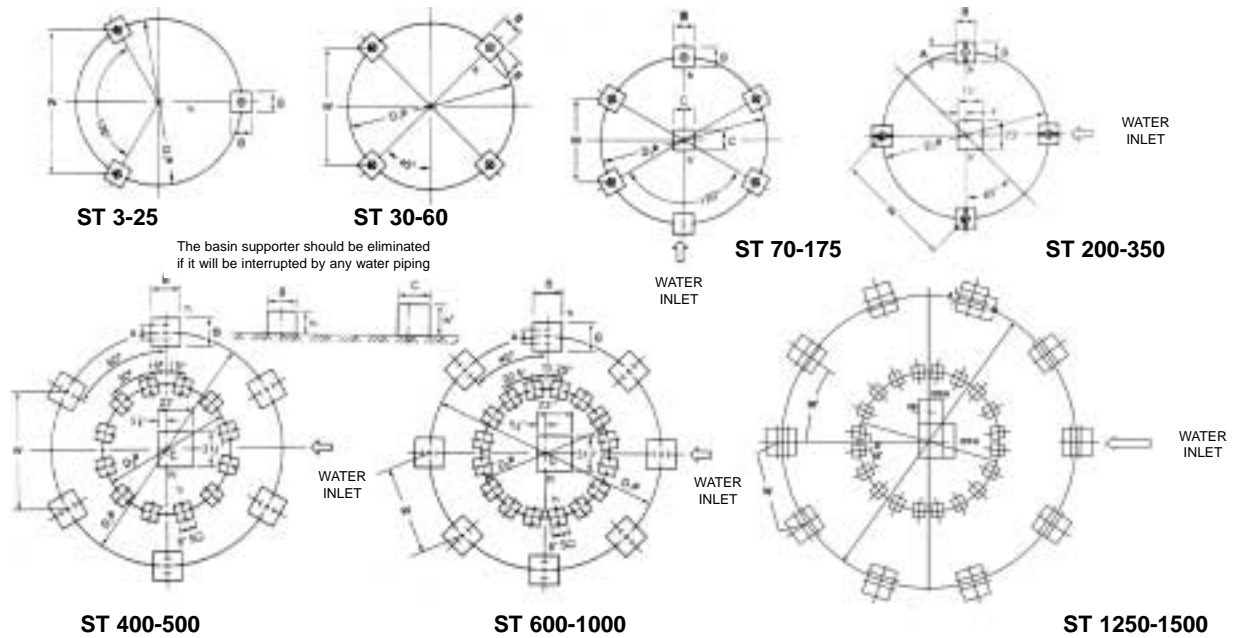
# Dimensions and Pipe Connections



AMCOT COOLING TOWER												
ST MODEL	DIMENSIONS (INCH)		PIPE CONNECTIONS (INCH)						FAN MOTOR (HP)	FAN DIAMETER (INCH)	AIR VOLUME (CFM)	NOMINAL WATER FLOW (GPM)
	HEIGHT	DIA.	IN	OUT	O	Dr	FLO	Q				
3	50	27	1½	1½	1	¾	½		½	19½	870	6
5	52	34	1½	1½	1	¾	½		½	19½	2,100	10
8	56	34	1½	1½	1	¾	½		½	19½	2,620	16
10	54	42	1½	1½	1	¾	½		¾	26½	3,500	20
15	59	46	2	2	1	1	½		¾	26½	4,700	30
20	63	54	2	2	1	1	½		1	30	6,300	40
25	71	54	2½	2½	1	1	½		¾	30	7,000	50
30	68	62	2½	2½	1	1	½		1	30	8,100	61
40	75	72	2½	2½	1	1	¾		1½	38	9,800	83
50	75	79	3	3	1	1	¾		1½	38	11,500	105
60	75	79	3	3	1	1	¾		1½	46	14,700	125
70	80	86	4	4	1	1	¾		1½	46	17,500	145
80	80	86	4	4	1	1	¾		2	46	18,900	168
100	85	105	4	4	1	1	1		3	58	24,500	208
125	87	120	5	5	2	1	1		3	58	29,060	262
150	90	130	5	5	2	2	1		5	69	33,260	318
175	98	130	5	5	2	2	1		5	69	40,250	369
200	118	149	6	6	2	2	1¼	1¼	5	69	43,760	426
225	126	149	6	6	2	2	1¼	1¼	7½	93	61,270	460
250	126	149	8	8	2	2	1¼	1¼	7½	93	61,270	520
300	132	175	8	8	2	2	1¼	1¼	10	93	77,020	620
350	134	189	8	8	2	2	1¼	1¼	10	93	77,020	744
400	153	204	8	8	4	2	2	2	15	117	91,030	845
500	155	220	10	10	4	2	2	2	15	117	91,030	1113
600	171	260	10	10	4	2	2	2	20	133	125,000	1278
700	181	260	10	10	4	2	2	2	20	133	125,000	1546
800	194	299	12	12	4	3	2	2	30	141	175,000	1703
1000	203	299	12	12	4	3	2	2	30	141	175,000	2253
1250	231	332	12	12	4	3	2½	2½	40	168	218,900	2824
1500	240	332	14	14	4	3	2½	2½	50	168	264,800	3380

NOMINAL WATER FLOW IS DEFINED AS RATE OF WATER COOLED FROM 95°F TO 85°F WITH 78°F WET BULB TEMPERATURE

# Recommended Concrete Base of Tower Support Stand



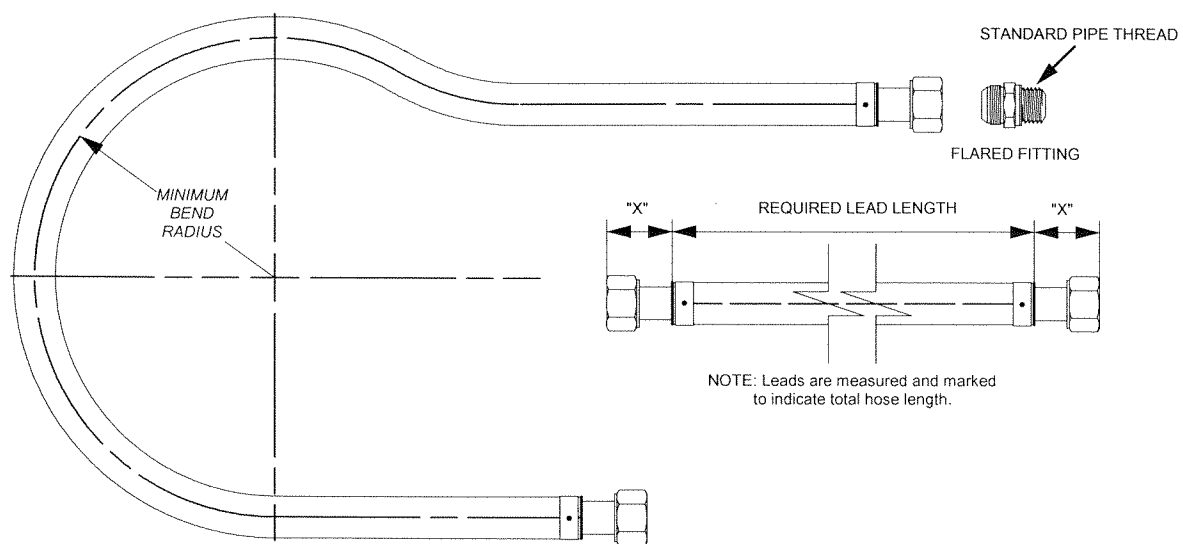
TOWER SUPPORT CONCRETE BASE														
WEIGHT (LB.)		DIMENSIONS (INCH)								ANCHOR BOLT			PUMP HEAD (FT.)	ST MODEL
										SIZE (INCH)	LENGTH (INCH)	QTY. (PCS.)		
DRY	OPERATING	D1	W	B	A	h	h'	C	D2					
62	161	18	15	8		6				½	4¾	3	5.0	3
86	251	21	18¾	8		6				½	4¾	3	5.0	5
93	262	21	18¾	8		6				½	4¾	3	5.0	8
123	443	29½	25	8		6				½	4¾	3	5.0	10
139	536	34	30	8		6				½	4¾	3	5.3	15
190	719	44	38¾	8		6				½	4¾	3	5.6	20
227	887	44	38¾	8		6				½	4¾	3	5.6	25
253	1,074	52½	37	8		6				½	4¾	4	6.0	30
369	1,133	57	40	10		8				½	4¾	4	6.6	40
435	1,313	66	46¾	10		8				½	4¾	4	6.6	50
504	1,472	66	46¾	10		8				½	4¾	4	6.6	60
610	1,555	69	34½	10		8	12	10		½	4¾	5	6.6	70
642	1,588	69	34½	10		8	12	10		½	4¾	5	6.6	80
887	2,361	92½	46¾	12		12	14	12			8	5	8.2	100
1,025	2,983	103	51½	12		12	14	12			8	5	10.0	125
1,375	5,731	112½	56¾	12		12	13½	16			8	5	10.0	150
1,569	5,887	112½	56¾	12		12	13½	16			8	5	11.0	175
1,914	7,612	132	93	12	5	12	16	23			8	8	11.0	200
2,112	7,744	132	93	12	5	12	16	23			8	8	11.0	225
2,266	7,854	132	93	12	5	12	16	23			8	8	12.0	250
2,823	9,995	156	110	12	5½	12	16	23			8	8	12.0	300
2,996	10,164	169	119	12	5½	12	16	23			8	8	13.2	350
4,776	14,984	200¾	100	20	5½	12	16	31½	114½	¾	8	12	13.2	400
5,342	15,550	216½	108¾	20	5½	12	16	31½	122	¾	8	12	13.2	500
7,401	23,637	255	97	20	5½	12	16	31½	141¾	¾	8	16	16.4	600
7,848	24,127	255	97	20	5½	12	16	31½	141¾	¾	8	16	18.2	700
9,636	26,356	295¾	113	20	5½	12	16	31½	163½	¾	8	16	20.0	800
10,199	27,359	295¾	113	20	5½	12	16	31½	163½	¾	8	16	20.0	1,000
14,419	57,341	328	101	20	5½	12	16	31½	168	¾	8	20	21.3	1,250
15,400	58,326	328	101	20	5½	12	16	31½	168	¾	8	20	23.0	1,500

NOTE: TONS OF REFRIGRATION AT 12,000 BTU/HR WITH 3 GPM/TON.

### POWER LEAD DIMENSIONS

LEAD SIZE	HOSE DIAMETER		TERMINAL NUT LENGTH "X"	MINIMUM BEND RADIUS	NUT WRENCH SIZE	MINIMUM CTR. LINE SPACING FOR PROPER END NUT CLEARANCE	FLARED FITTING STD. PIPE THREAD SIZE	CONDUCTOR AREA CROSS SECTION	NUMBER OF CABLES	D.C. RESISTANCE	NOMINAL	
	I.D.	O.D.									AMPS	VOLTS
12	3/4"	1 3/16"	1 5/8"	6"	1 1/4"	2"	1/2" N.P.T.	133,100 cm	1	78 μ ohms/ft.	1000	1500 to 3000
16	1"	1 9/16"	1 7/8"	8"	1 1/2"	2 1/2"	3/4" N.P.T.	266,200 cm	2	39 μ ohms/ft.	2000	
20	1 1/4"	1 3/4"	2"	10"	2"	3"	1 1/4" N.P.T.	399,300 cm 532,400 cm	3-4	26 μ ohms/ft. 20 μ ohms/ft.	3K - 4K	
24	1 1/2"	2"	2 5/16"	12"	2 1/4"	3 1/2"	1 1/2" N.P.T.	665,500 cm 798,600 cm	5-6	16 μ ohms/ft. 14 μ ohms/ft.	5K - 6K	
32	2"	2 1/2"	2 1/2"	16"	2 7/8"	4 1/2"	2" N.P.T.	931,700 cm 1,064,800 cm	7-8	11 μ ohms/ft. 10 μ ohms/ft.	7K - 8K	

TABLE I



NOTE: Leads are measured and marked to indicate total hose length.

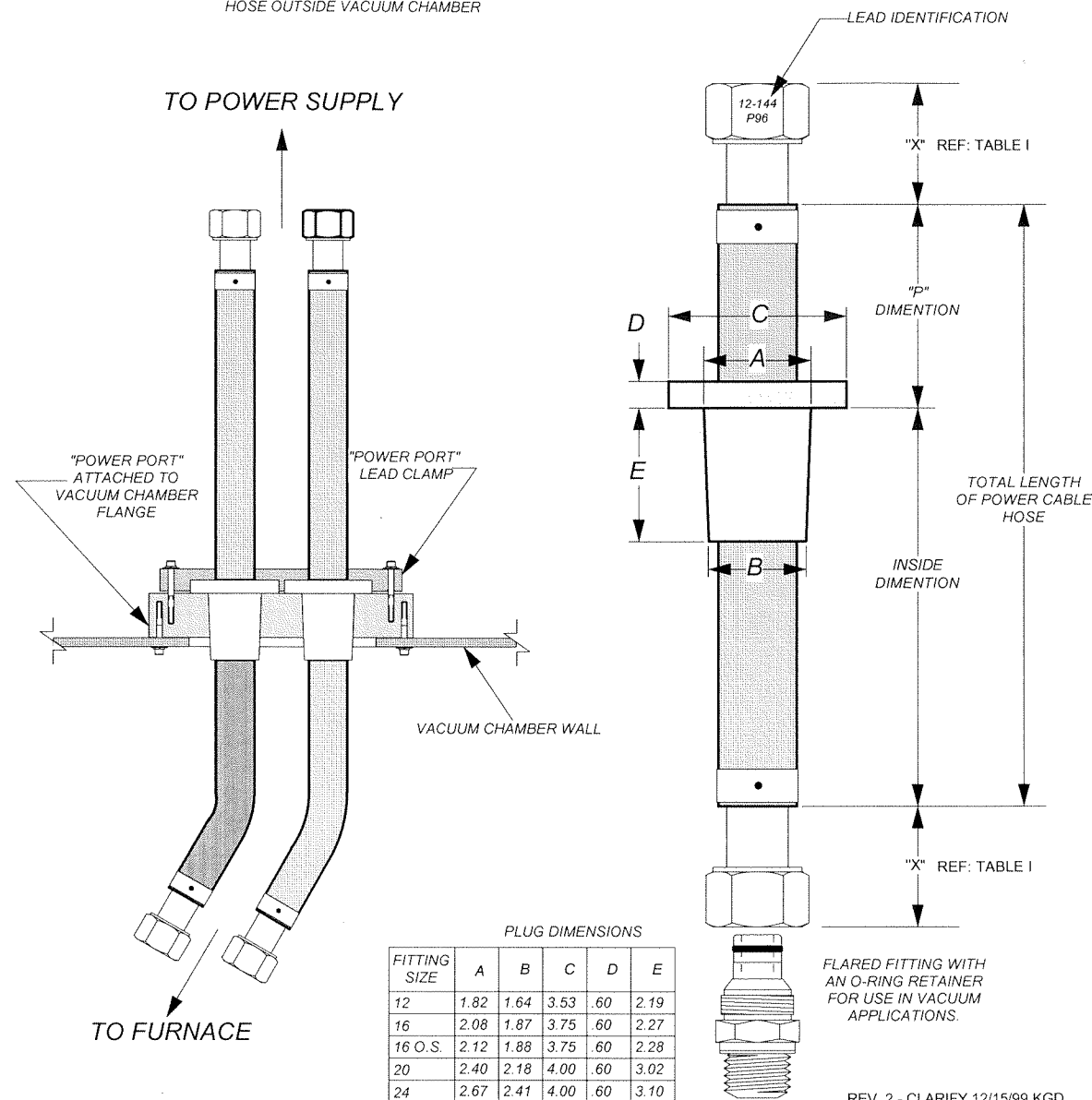
AVERAGE VOLTAGE DROP (IN VOLTS) PER 1,000 AMPS PER PAIR-FOOT OF LEADS			
LEAD CONFIGURATION	1,000 cy.	3,000 cy.	10,000 cy.
Configuration 1	.9	2.7	9
Configuration 2	.57	1.71	5.7
Configuration 3	.33	.99	3.3
Configuration 4	.45	1.35	4.5

TABLE II

### VACUUM CHAMBER APPLICATION

ITC DESIGNED POLYURATHENE PLUG, CHEMICALLY BONDED TO WATER-COOLED FURNACE LEADS, CAN BE EFFECTIVELY USED FOR VACUUM CHAMBER APPLICATIONS. IT PROVIDES A FLEXIBLE VACUUM TIGHT CONNECTION.

VACUUM PLUG TYPE LEADS ARE MARKED TO INDICATE TOTAL HOSE LENGTH AND SPECIFY LENGTH OUTSIDE VACUUM CHAMBER. EXAMPLE: 12-144P96; 12=FITTING SIZE, 144=TOTAL LENGTH OF HOSE IN INCHES, P96=LENGTH OF HOSE OUTSIDE VACUUM CHAMBER



FITTING SIZE	PLUG DIMENSIONS				
	A	B	C	D	E
12	1.82	1.64	3.53	.60	2.19
16	2.08	1.87	3.75	.60	2.27
16 O.S.	2.12	1.88	3.75	.60	2.28
20	2.40	2.18	4.00	.60	3.02
24	2.67	2.41	4.00	.60	3.10

REV. 2 - CLARIFY 12/15/99 KGD  
REV. 1 - REDRAWN 7/21/99 KGD

### POWER LOSSES

The tolerable power loss depends on the Kw rating of the system. Certainly power losses must be minimized but acceptance of some loss often results in a gain in flexibility and cost reduction available with water-cooled leads.

Power losses may be determined by conventional IR calculations. At 60 cycles, the effective resistance can be taken as the DC resistance given in Table I. As the frequency increases, there are many variables; such as proximity, conductor size, etc., but we suggest the following multipliers for determining effective resistance:

- At 60 cycles -- 1.00
- At 180 cycles -- 1.10
- At 540 cycles -- 1.15
- At 1,000 cycles -- 1.20
- At 3,000 cycles -- 1.50
- At 4,200 cycles -- 1.60
- At 10,000 cycles -- 2.00

To keep losses to a minimum, first use the shortest possible leads. Then, at low frequency, increase lead size. At the higher frequencies, it is better to increase the number of leads per leg to minimize the voltage drop as well as power loss.

### VOLTAGE DROP

For optimum operation, voltage drop in a lead system should be kept to within 5% of line voltage. However, a 10% drop is acceptable when necessary.

For 60 cycle or DC applications, voltage drop can usually be ignored if power losses are reasonable. For higher frequency, reactive voltage drop becomes important and is dependent upon the inductance or lead arrangement rather than on the resistance of the conductor. Voltage drop is relatively independent of lead size.

Table II shows the average voltage drop per 1,000 amps per foot of lead run for common high frequencies. These values apply only if the leads are held in tight opposite polarity spacing as shown. This is important for minimum voltage drop.

The number of leads and lead configuration should be selected to keep within the 5% to 10% as recommended above.

### COOLING WATER REQUIREMENTS

The water requirements for water-cooled leads are extremely low. For example, two pair of size 16 leads, 10 ft. long carrying 2,000 amps at 1,000 cycles, require only one quarter GPM water flow. To determine water requirements, allow 1/8th GPM for each Kw power loss as determined in Power Loss Section.

<b>ITC</b> INDUCTION TECHNOLOGY CORPORATION 9924 Rancho Road • Adelanto, CA 92301 (760) 246-7333 • FAX: (760) 246-4366		
TITLE <b>Water Cooled Pwr. Leads</b>	SIZE <b>B</b>	
PART NUMBER <b>ITC925-00036B</b>	DRAWN BY <b>Ken Duax</b>	DATE <b>8/12/98</b>

# Glossary of Cooling Tower Terms

English	Spanish	French	German	Chinese
Access door	Puerta de acceso	Porte d'accès	Zugangstür	檢修門
Air flow	Corriente de aire	Débit d'air	Luftstrom	氣流
Air flow rate	Caudal circulación del aire (Caudal circulación aire)	Débit d'air	Luftdurchsatz	氣流量
Anchor Bolts	Pernos de anclaje (tornillo)	Boulons d'ancrage	Verankerungsbolzen	錨定螺栓
Approach	Acercamiento	Approche	Kühlgrenzabstand	逼近值
Backwall	Pared posterior	Paroi arrière	Rückwand	背牆
Basin	Depósito	Bassin	Becken	水池
Basin curb	Borde del depósito	Rebord du bassin	Beckenrand	水池牆頂
Basin wall	Pared del depósito	Paroi du bassin	Beckenwand	水池牆
Blade	Aspa (de hélice)	Pale (d'hélice)	Flügel	葉片
Blowdown	Purga	Purge	Abschlammung	排污
Bolts	Pernos	Boulons	Schraubenbolzen	螺栓
Capacity	Capacidad	Débit d'eau	Wasserdurchsatz	容量
Casing	Estructura envolvente (cubierta)	Enveloppe	Aussenhaut	外牆
Cast aluminum alloy	Aleación de aluminio fundido	Alliage d'aluminium coulé	Aluminumlegierung	鋁合金鑄件
Cast iron	Hierro fundido	Fonte	Gusseisen	鑄鐵件
Centerline	Eje central	Ligne médiane	Mittelachse	中線
Ceramic	Cerámica	Céramique	Keramik	陶瓷
Cold water	Agua fría	Eau froide	Kaltwasser	冷水
Column	Columna	Colonne - appui - étauçon	Pfosten, Pfeiler	柱
Column extension	Prolongación de columna	Extension de colonne	Länge des Pfostens unterhalb der Beckenwand	柱延伸
Column support	Soporte de columna	Support de colonne	Betonsäule	柱支撐
Commercial bronze	Bronce comercial	Bronze de commerce	Handelsbronze	商用青銅
Connectors	Piezas de empalme (empalmadores)	Joints (ou connections)	Verbindungsstücke	連接件
Corrugated A.C.B.	Planchas de fibro-cemento onduladas (asbesto cemento corrugado)	Plaques ondulées en fibro-ciment	Gewellte A.Z.-Platten	石棉瓦楞板
Current characteristics	Características de la corriente	Données électriques	Elektrische Angaben	現有特性
Cut washers	Arandela plana o cortada	Rondelle	Dichtungen, Unterlegscheiben	鎖定墊圈
Dead load	Peso propio (muerto)	Poids net	Eigengewicht	結構自重
Design data	Datos técnicos	Données techniques	Technische Angaben	設計數據
Diameter	Diámetro	Diamètre	Durchmesser	直徑
Diffusion decks	Parrilla de difusión del agua	Grille de distribution d'eau	Wasserverteilungsroste	擴散甲板
Distribution box	Caja de distribución	Boitier de distribution	Verteilungskasten	分水箱
Double reduction	Doble reducción	Double réduction	Zweifache Untersetzung	雙倍折減
Drift eliminator	Eliminador de pérdidas de agua	Eliminateur de gouttes	Tropfenabscheider	除水器
Drift loss	Pérdida de agua en la corriente de aire (pérdida por arrastre)	Perte par entraînement vésiculaire	Verlust durch mitgerissenes Wasser	飄滴損失
Drive shaft	Arbol de impulsión (flecha de transmisión)	Arbre d'entraînement	Antriebswelle	傳動軸
Dry Bulb	Bulbo seco	Bulbe sec	Lufttemperatur	干球
Eliminator blades	Listones del eliminador (eliminador de arrastre)	Défecteur	Abscheideplatten, Prallplatten	除水器片
Enclosure	Armazón protector	Enceinte	Schutzart	護套
Endwall	Pared lateral	Paroi (arrière)	Stirnwand	山牆
Endwall derrick	Elevador de la pared lateral	Equipement de levage latéral	Überladeanlage	山牆起重機
Equipment handling devices	Aparato para transportar el equipo	Dispositifs de manutention	Transportvorrichtungen	設備搬運裝置
Erection labor	Trabajos de montaje	Main d'oeuvre de montage	Montageüberwachung	安裝勞力

English	Spanish	French	German	Chinese
Evaporation loss Export packing Exportation	Pérdida por evaporación Embalaje para la exportación (empaque) Exportación	Pertes par évaporation Emballage pour exportation Exportation	Verdunstungsverlust Exportverpackung Ausfuhr	蒸發損失 出口包裝 出口 ( 產品 )
Fan Fan cylinder Fan deck Fan shaft power Fill Flow control valves Foundation Framework F.A.S. F.O.B.	Ventilador Cilindro del ventilador Plataforma del ventilador Potencia al eje del ventilador Listones de relleno (relleno) Válvulas reguladoras de caudal (válvula de control de flujo) Cimentación Armazón Libre en puerto de embarque Libre sobre el barco (L.A.B. 'libre a bordo')	Ventilateur Diffuseur Plateforme de ventilateur Puissance à l'arbre de transmission Remplissage Vannes régulatrices Fondations Armature, structure F.A.S. F.O.B.	Ventilator Diffusor Ventilatorplattform Ventilatorwellenleistung Einbauten Durchflus-Regulierschieber Fundamentierung Tragende Konstruktion Frei bis längsseits Schiff Frei an Bord des Schiffes	風機 風筒 風機平台 风机轴传动 填料 節流閥 基礎 框架 離岸价 離岸价
Geareducer Girt Glass-reinforced polyester (GRP) Grid	Engranaje de reducción (reductor de velocidad) Largero Polyester reforzado Rejilla (maya)	Réducteur à engrenages Traverse Matières plastiques renforcées par fibre de verre Grille, caillebotis	Getriebe Riegel Glasfaserverstärktes Polyester Lattenrost	減速器 圈梁 玻璃鋼 填料支架
Handrail Hauling Heat load Helical spiral bevel Hoisting  Horizontal shear Hot dip galvanized steel (HDG) Hot water Hot water basin Hub Hub cover	Pasamanos Transporte al lugar de erección Carga termica Engranaje cónico helicoidal Elevación del material para su montaje en lugar de mas alto nivel  Esfuerzo cortante horizontal Acero galvanizado en caliente Agua caliente Depósito del agua caliente Cubo (maza) Tapacubo (cubierta de la maza)	Main-courante Transport, manutention Charge thermique Roue à denture hélicoïdale Levage  Effort (solicitation) horizontal Acier galvanisé à chaud Eau chaude Bassin d'eau chaude Moyeu Coiffe de moyeu	Geländer Landtransport zur Baustelle Kühlleistung Kegelstirnrad Hochziehen des Materials, wenn der Kühler z.B. auf dem Dach eines Gebäudes aufgestellt wird  Horizontale Beanspruchung Feuerverzinkter Stahl Warmwasser Warmwasserbecken Nabe Nabenabdeckung	欄桿 拖運 熱荷載 螺旋斜面 起吊  水平剪力 熱浸鍍鋅 熱水 熱水池 輪轂 輪轂蓋
Inside basin dimensions	Dimensiones interiores del depósito (dimensiones del depósito interior)	Dimensions intérieures du bassin	Innere Beckenmasse	水池內徑
Job location	Lugar de erección	Emplacement, lieu de montage de l'installation	Aufstellungsort	工地位置
Ladder Live load  Longitudinal Louvers Lubrication	Escala (escalera) Peso que circula en funcionamiento (peso vivo)  Longitudinal Lumbreras (persianas) Engrase	Echelle Charge dynamique  Longitudinal Persiennes Lubrification, graissage	Leiter Betriebsgewicht  Längs Leitwände, Jalousien Ölversorgung	梯子 活荷載  縱向 百葉 潤滑
Make-up Make-up valve  Malleable iron Man-hours Mechanical draft cooling tower  Mechanical equipment	Agua de reposicion Válvula para el agua de reemplazo (válvula para el agua de repuesto)  Hierro maleable Horas de trabajo (Horas de hombre) Torre de enfriamiento de tiro mecánico  Equipo mecánico	Ajout Robinet ou soupape d'appoint  Fer doux Heure-homme Tour à tirage mécanique  Equipement mécanique	Zusatzwasser Zusatzwasserventil  Schmiedeeisen Arbeitsstunden Ventilatorkühlturm  Maschinenteil	补给 補充水閥  韌性鐵 人時 機械通風 冷卻塔 機械設備

English	Spanish	French	German	Chinese
Motor Motor input power Motor output power Motor starter	Motor Potencia entrada al motor Potencia en eje del motor Arranque del motor	Moteur Puissance moteur consommée Puissance à l'arbre moteur Démarrreur	Motor Motorklemmenleistung Motorwellenleistung Motoranlasser	馬達 马达输出功率 马达输出功率 馬達起動器
Nails Net price Nozzles Nuts	Clavos Precio neto Boquillas Tuercas	Clous Prix net Ajutage, disperseur, pulvérisateur Ecrous	Nägel Nettopreis Spritzdüsen Muttern	釘子 淨价 噴嘴 螺帽
Overall dimensions	Dimensiones máximas	Dimensions hors tout	Äussere grösste Abmessungen	總尺寸
Painting Partition Payment Performance Pilaster Pipe Pressure treated Price adds Pumping head Pumps	Pintura Pared divisoria Pago Rendimiento Pilastra Tubería Tratado a presión Precio adicional Altura total de bombeo (carga de bombeo) Bombas	Peinture Paroi de séparation Paieiment Rendement, capacité du refroidisseur Pilastre Tuyau Imprégné sous pression Prix complémentaires Hauteur de pompage Pompes	Anstrich Trennwand Zahlung Leistung Pfeilervorlage Rohr Unter Druck imprägniert Mehrpreise Pumphöhe Pumpen	塗漆 隔牆 付款 性能 短柱 管道 壓力處理 增价 揚程 水泵
Range Redwood Reinforced concrete Relative humidity	Rango Madera roja (pino rojo) Hormigón armado (concreto armado) Humedad relativa	Ecart Redwood Beton armé Humidité relative	Kühlzonenbreite Rotholz Stahlbeton Relative luftfeuchte	冷幅 紅杉 鋼筋混凝土 相对湿度
Section Series Shim Shipment Shipping volume Shipping weight Silicon bronze Size Spacer Spare parts Speed Spiral bevel Splash bars  Stainless steel Stairway Structure Sump Supervision	Sección Serie Lainas Embarque Volumen de embarque Peso de embarque Bronce silíceo Tamaño Separador Repuestos (refacciones) Velocidad Engranaje cónico Listones de pulverización del agua (tiras de pulverización del agua)  Acero inoxidable Escalera Estructura, construcción Colector Supervisión	Profil, coupe Série Cale d'épaisseur Embarquement Volume à l'expédition Poids brut à l'expédition Bronze au Silicium Dimensions Bague d'écartement Pièces de rechange Vitesse Engrenage conique a denture hélicoïdale Claies d'éclaboussement  Acier inoxydable Escalier Structure Bassin de pompage Supervision (du montage)	Schnitt Serie Ausfüllstreifen Verschiffung Schiffsraum Verschiffungsgewicht Silikonbronze Grösse Abstandhalter Ersatzteile Geschwindigkeit Kegelrad Spritzlatten  Rostfreier Stahl Laufsteg Konstruktion Pumpensumpf Montageüberwachung	截面 系列 墊片 貨運 貨運體積 貨運重量 矽銅合金 尺寸 隔片 備件 速度 螺旋斜面 填料棒  不銹鋼 樓梯 結構 集水坑 指導
Transverse Treated fir plywood  Tripod and dolly assembly	Transversal Tablero contrachapado de madera de pino tratada  Carretilla y trípode para el montaje	Transversal Contreplaqué d'épicéa imprégné  Trépied et charriot de montage	Quer Imprägniertes Fichtensperrholz  Montagebock	橫向 防腐處理的 冷杉夾板 起重吊架
Unitized steel support  Unloading	SopORTE de acero de una sola pieza (sopORTE de acero unitario)  Descarga	Support acier d'assemblage  Déchargement	Gemeinsamer Grundrahmen  Entladung	成套鋼支撐  卸載

English	Spanish	French	German	Chinese
Velocity recovery cylinder	Cilindro de recuperación de velocidad	Diffuseur	Diffusor	動能回收風筒
Vertical laminated	Laminado vertical	Divisé en couches verticales	Senkrecht geschichtet	垂直疊層
Vertical uplift	Empuje vertical ascendente	Mouvement vertical ascendant	Zugbeanspruchung	垂直起吊
Water flow rate	Caudal circulación de agua	Débit de circulation	Kühlwasserdurchsatz	水流量
Water inlet	Toma de agua	Entrée d'eau	Wassereinlauf	進水
Water inlet header	Cabezal de la toma de agua	Caisson d'arrivée d'eau	Wassereintrittskasten	進水主管
Wet bulb	Termómetro húmedo (bulbo húmedo)	Température du bulbe humide	Feuchtes Thermometer	溼球溫度
Wet weight	Peso en funcionamiento, incluida el agua (peso de operación)	Poids en opération	Betriebsgewicht einschliesslich Wasser	溼重
Wind pressure	Presión del viento	Pression du vent	Winddruck	風壓
Wiring	Tendido eléctrico, alambrado (alambrado eléctrico)	Cablage	Verdrahtung	線路
Yoke	Culata de unión	Bras d'accouplement	Kupplungsflansch	軛



# 3656/3756LH

**Low Head, Cast Iron, Bronze Fitted, End-Suction Pumps**

*Bombas de Succión Final, Pequeña Carga,  
Hierro Fundido, Recubiertas de Bronce*



## A Full Range of Product Features Una Gama Total de Características del Producto

The 3656LH and 3756LH pumps from Goulds Pumps have been designed with technical benefits to meet the needs of both manufacturers and users in a variety of refrigeration and cooling applications as well as irrigation applications.

- Performance testing of every pump we manufacture assures trouble free operation.
- Back pull-out to reduce maintenance down time.
- Standard John Crane Type 21 mechanical seal for both reliability and availability.
- Available in all iron or bronze fitted construction for application versatility.
- Replaceable wearing components include stainless steel shaft sleeve and casing wear ring to maintain peak efficiency.
- Enclosed impeller design, dynamic balancing and renewable wear ring reduce losses affecting performance and pump life.
- Suction and discharge connections are NPT threaded except for the 4 x 4-5 and 5 x 5-6 sizes which have ANSI class 125 flat faced flanges.
- Casing mounting is standard with a vertical discharge however can be rotated in 90 degree increments for side discharge arrangements.

Las bombas 3656LH y 3756LH de Goulds Pumps han sido diseñadas con beneficios técnicos para cumplir con las necesidades de fabricantes y usuarios en una variedad de aplicaciones para refrigeración y enfriamiento, además de aplicaciones de irrigación.

- Pruebas de funcionamiento de cada bomba que fabricamos, aseguran un funcionamiento sin problemas.
- Extracción trasera para reducir el tiempo de mantenimiento.
- Sello mecánico estándar John Crane Tipo 21 para funcionalidad y disponibilidad.
- Disponibles en todas las construcciones de hierro o recubiertas de bronce para variedad de aplicaciones.
- Componentes reemplazables sujetos a desgaste incluyen camisas de eje de acero inoxidable y anillos de desgaste de la carcasa para mantener un rendimiento óptimo.
- Las conexiones de succión y descarga son NPT roscadas, excepto por los tamaños de 4 x 4-5 y 5 x 5-6 que tienen bridas de cara plana ANSI Clase 125.
- El montaje de la carcasa es estándar con una descarga vertical; sin embargo, se puede rotar en incrementos de 90 grados para disposiciones de descarga lateral.

## 3656LH, 3756LH Numbering System 3656LH, 3756LH Sistema de Numeración

The various versions of the 3656LH and 3756LH are identified by a product code number on the pump label. This number is also the catalog number for the pump. The meaning of each digit in the product code number is shown below.

Las diferentes versiones de las 3656LH y 3756LH se identifican con un número de código del producto en la etiqueta de la bomba. Este número es también el número de catálogo para la bomba. El significado de cada dígito en el número de código del producto se muestra abajo.

### Example Product Code, Ejemplo Código del Producto

51 BF 1 F 2 B 0

#### Mechanical Seal and O-ring, Sello Mecánico y Anillo 'O'

Seal Code, Código del Sello	Rotary, Rotativo	Stationary, Estacionario	Elastomers, Elastómeros	Metal Parts, Partes Metálicas	Part No., Pleza Número
0		Ceramic, Cerámica	BUNA	Type 316 SS, Tipo 316 SS	10K13
1	Carbon	Sil-Carb., Caburo de silicón	EPR		10K19
3			Viton		10K27
5	Sil-Carb.				10K64

Note: 10K27 replaces obsolete 10K25,  
Nota: La 10K27 reemplaza la obsoleta 10K25.

#### Impeller Option Code, Código del Impulsor Opcional

Impeller Code, Código del Impulsor	Pump Size, Tamaño de la Bomba				
	2 x 2-5 Dia.	2½ x 2½-5 Dia.	3 x 3-5 Dia.	4 x 4-5 Dia.	5 x 5-6 Dia.
A	4"	4¾"	4¾"	4¹³⁄₁₆"	5½ x 4½"
B	3¾	3¹⁵⁄₁₆	4³⁄₁₆	4⁵⁄₈	5⁵⁄₁₆ x 4⁵⁄₁₆
C	3½	3¾	4	4½	5 x 3⁷⁄₈
D	3¼	3⁹⁄₁₆	3¹³⁄₁₆	4¼	5 x 3⁹⁄₁₆
E	3	3³⁄₈	3⁵⁄₈	4	5 x 3¹⁄₃₂

#### Driver, Conductor

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| 1 = 1 PH, ODP  | 6 = 575 V, TEFC        |
| 2 = 3 PH, ODP  | 7 = 3 PH, XP           |
| 3 = 575 V, ODP | 8 = 575 V, XP          |
| 4 = 1 PH, TEFC | 9 = 3 PH, TEFC, PREFE. |
| 5 = 3 PH, TEFC | 0 = 1 PH, XP           |

#### HP Rating, HP Potencia

- C = ½ E = 1 G = 2 J = 5 L = 10  
D = ¾ F = 1½ H = 3 K = 7½ M = 15

#### Driver: Hertz/Pole/RPM, Conductor: Hercios/Polo/RPM

- 1 = 60 Hz, 2 pole, 3500 RPM  
2 = 60 Hz, 4 pole, 1750 RPM  
3 = 60 Hz, 6 pole, 1150 RPM  
4 = 50 Hz, 2 pole, 2900 RPM  
5 = 50 Hz, 4 pole, 1450 RPM

#### Material

- AI = All iron, Todo hierro  
BF = Bronze fitted, Recubiertas de bronce

#### Pump Size, Tamaño de la Bomba

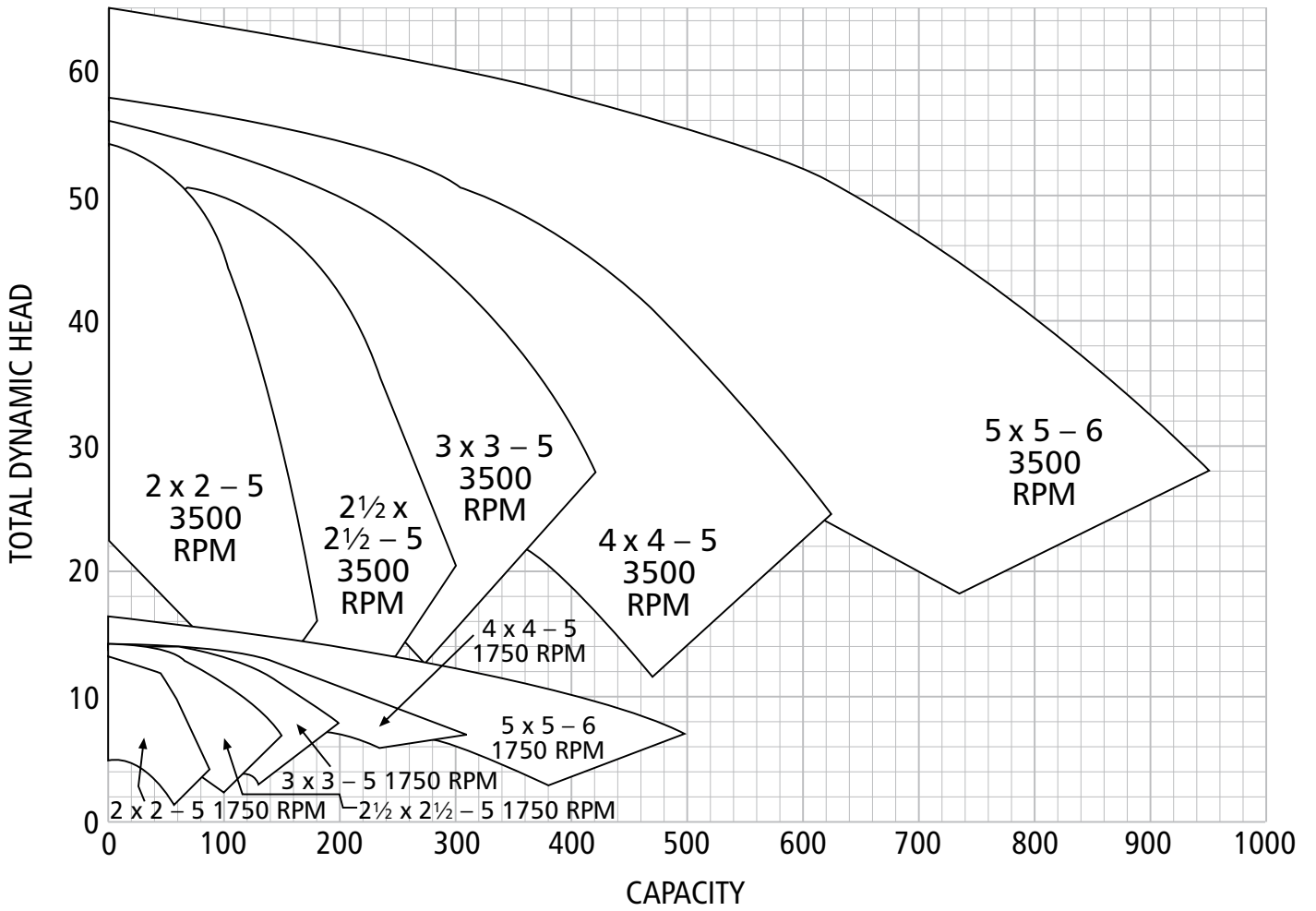
- 51 = 2 x 2-5  
52 = 2½ x 2½-5  
53 = 3 x 3-5  
54 = 4 x 4-5  
55 = 5 x 5-6

Replace with "FRM" for 3756LH

Reemplace con "FRM" para 3756LH



**Performance Coverage**  
**Alcance de Funcionamiento**

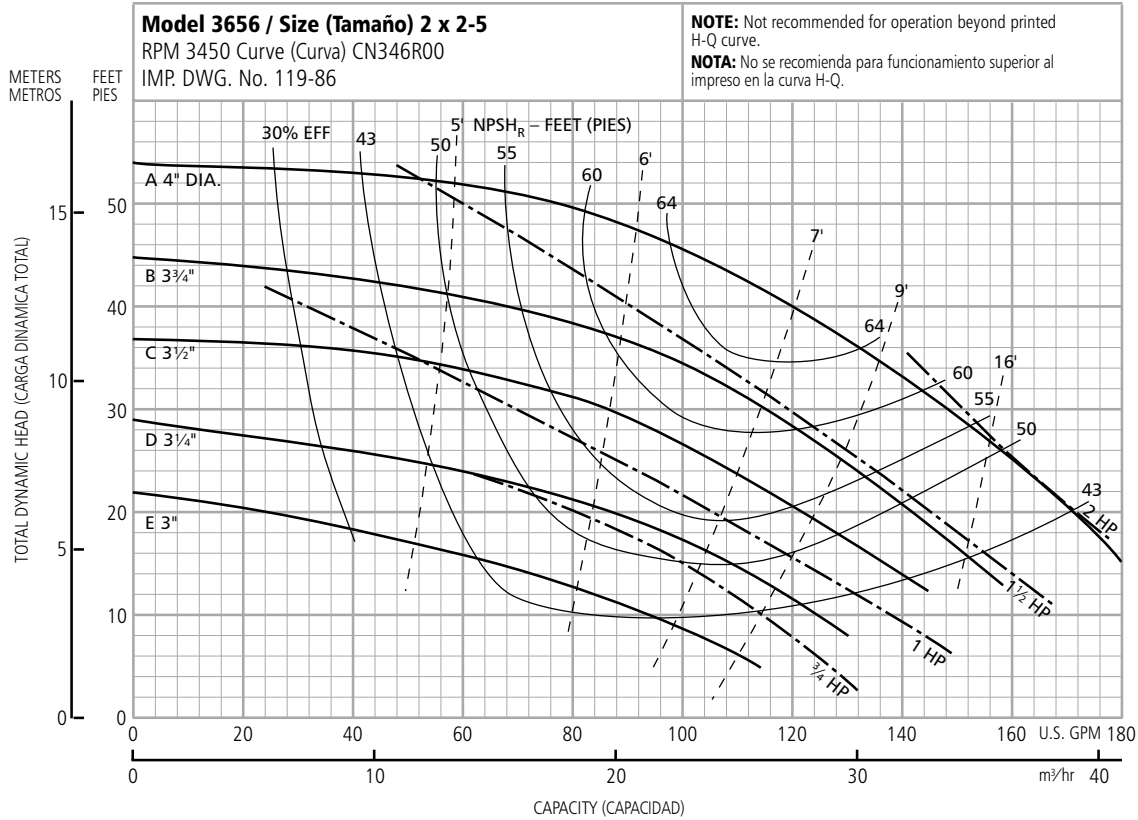


# Performance Curves

## Curvas de Funcionamiento

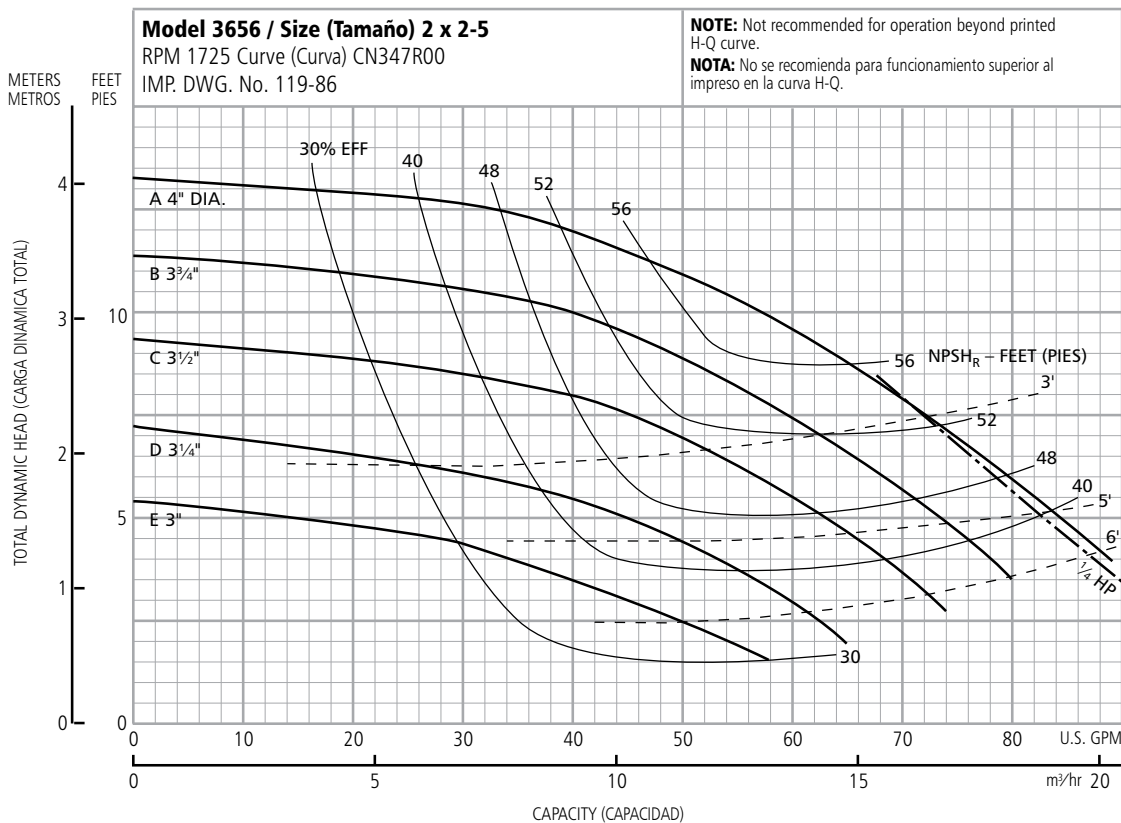
These curves show the performance of the three sizes of the 3656LH and 3756LH at 3500 RPM and 1750 RPM, 60 Hz, and 2900 RPM, 50 Hz. Standard impeller trims are shown.

Estas curvas muestran el rendimiento de los tres tamaños de la 3656LH y 3756LH a 3500 RPM y 1750 RPM, 60 Hz, y 2900 RPM, 50 Hz. Se muestran recortes estándar de impulsor.



Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4"
B	3¾"
C	3½"
D	3¼"
E	3¼"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

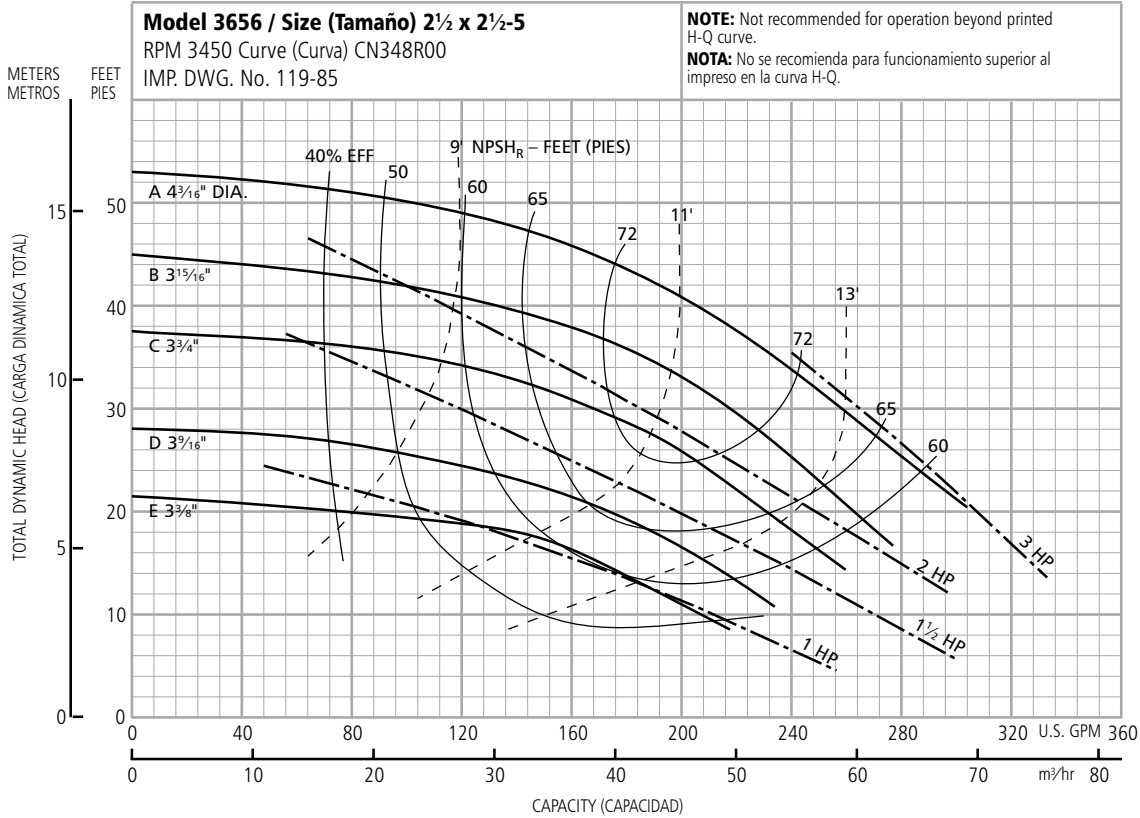


Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4"
B	3¾"
C	3½"
D	3¼"
E	3¼"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

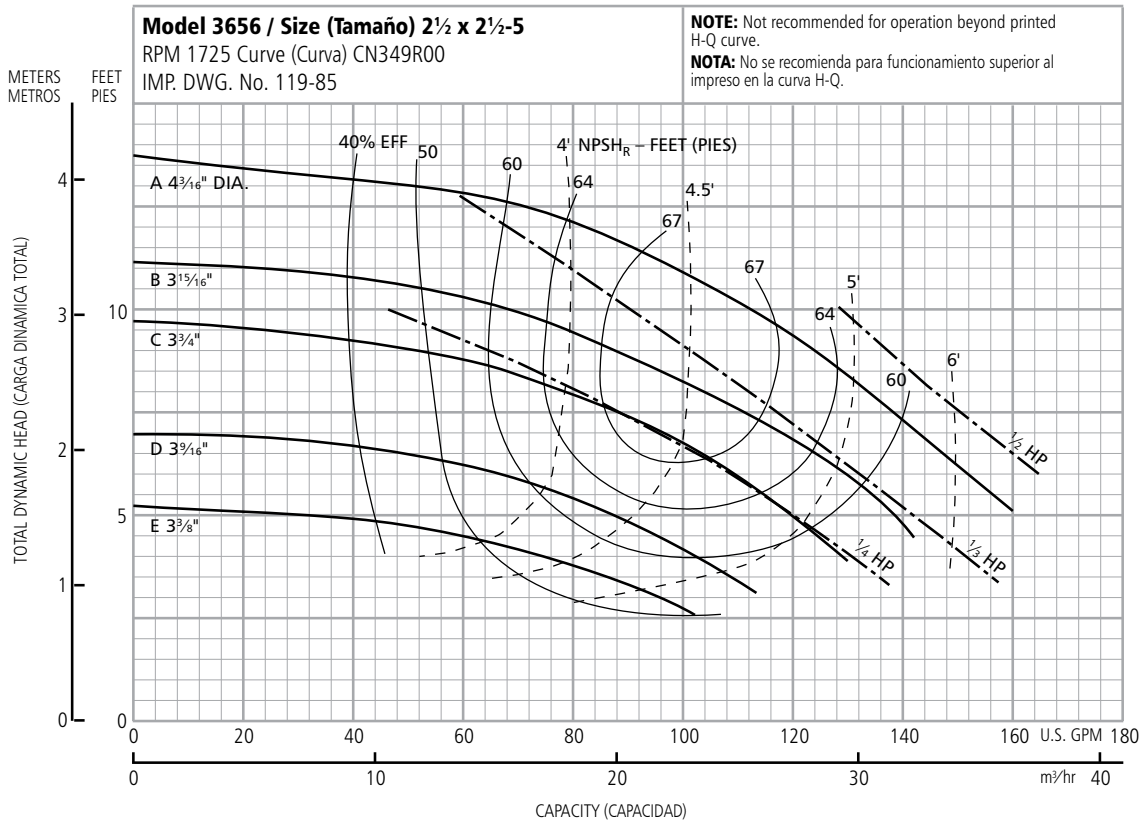
# Performance Curves

## Curvas de Funcionamiento



Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4¾" <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
B	3½" <sup>15</sup> / <sub>16</sub>
C	3¼"
D	3⅜" <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
E	3⅜" <sup>3</sup> / <sub>8</sub>

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.



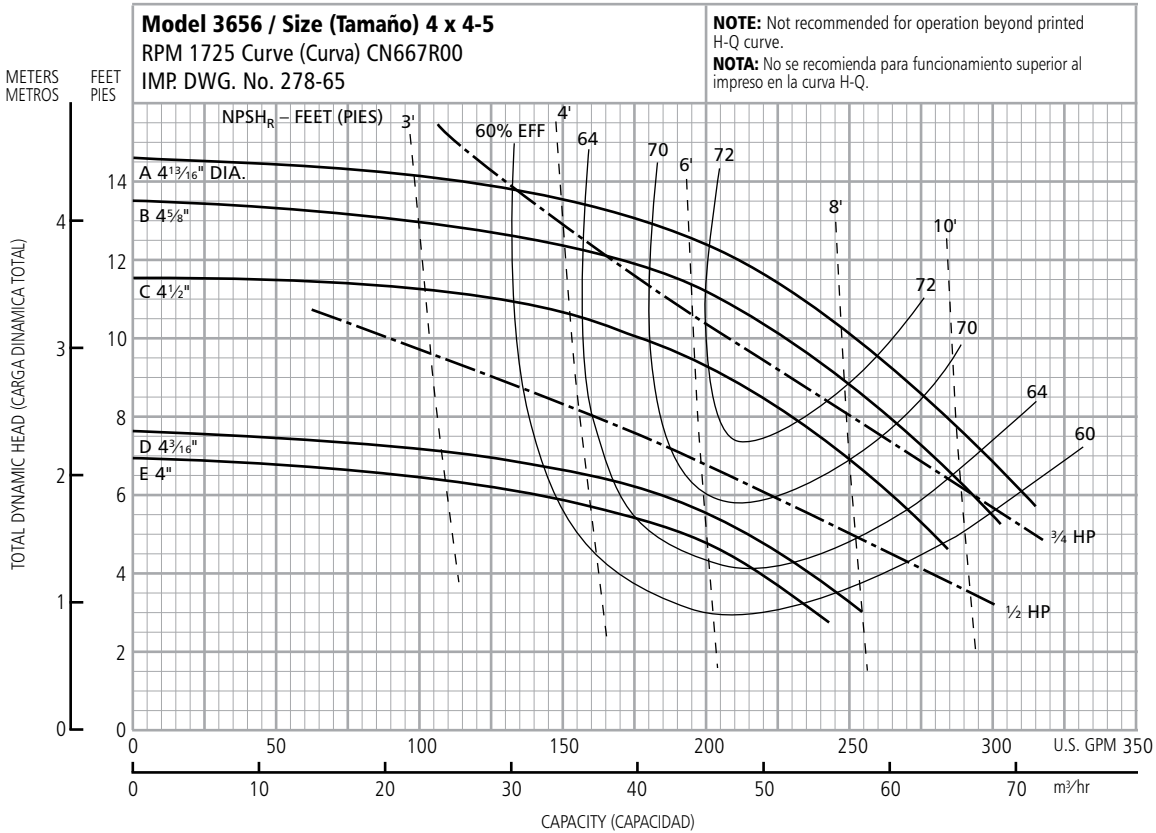
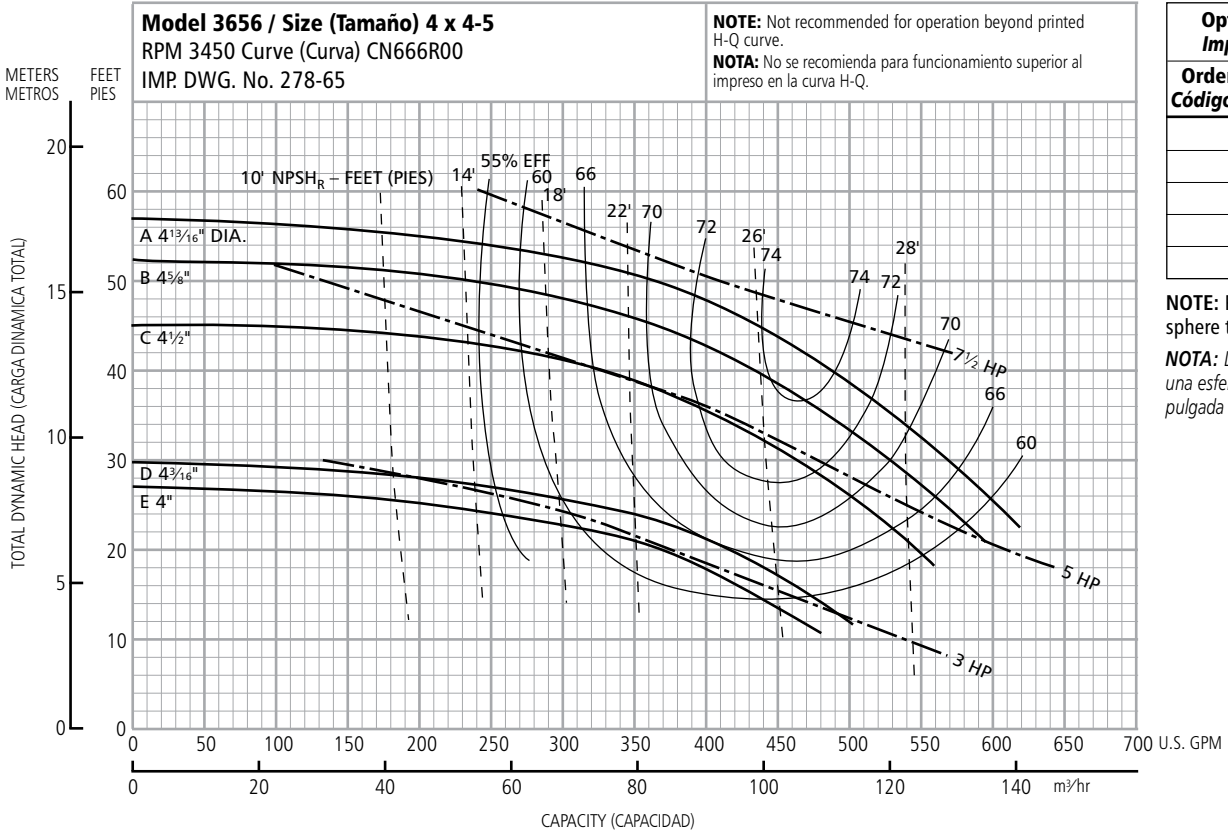
Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4¾" <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
B	3½" <sup>15</sup> / <sub>16</sub>
C	3¼"
D	3⅜" <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
E	3⅜" <sup>3</sup> / <sub>8</sub>

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

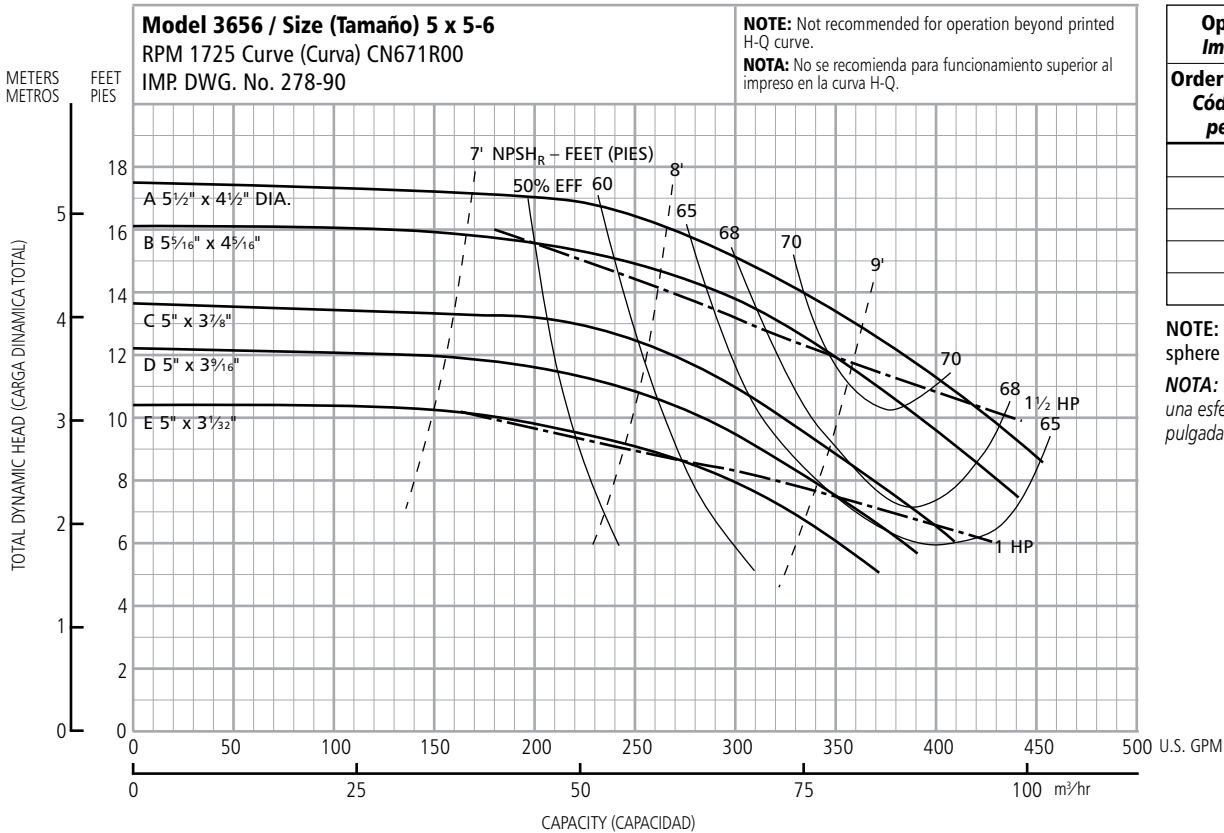
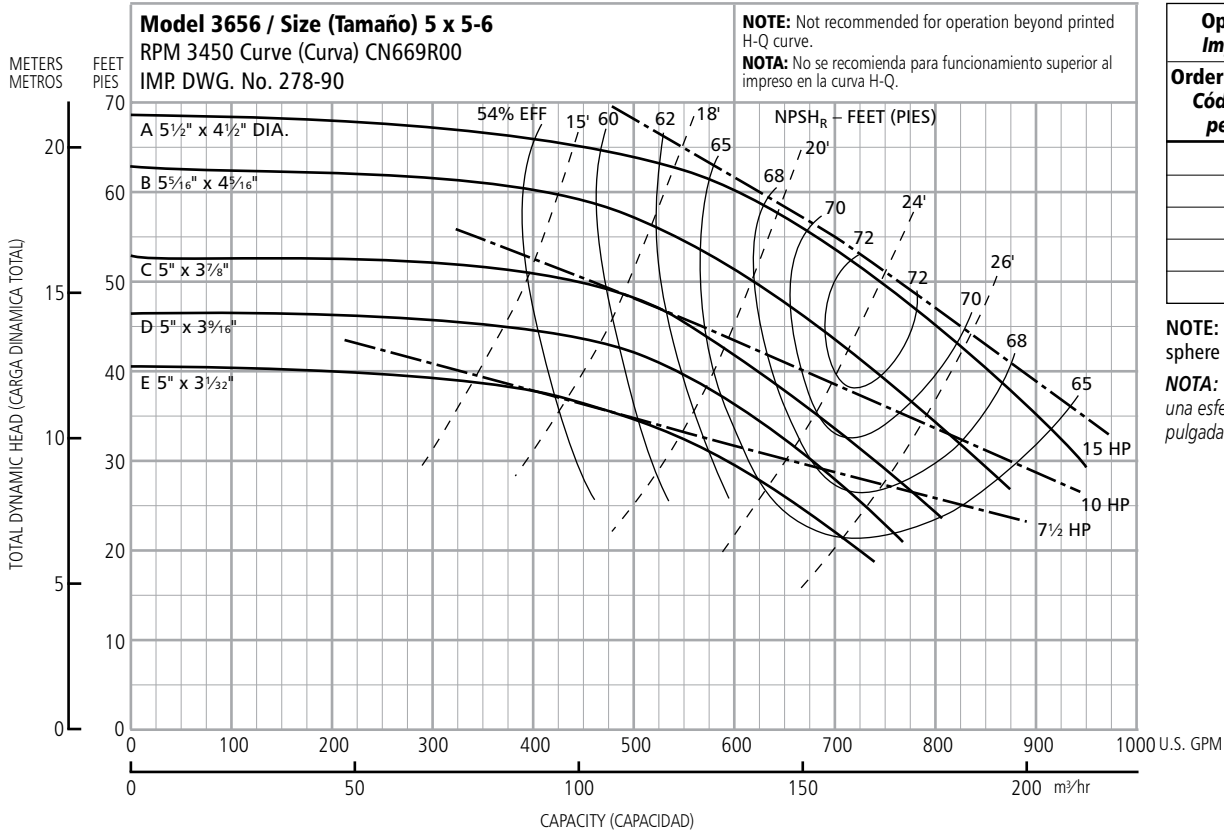


# Performance Curves

## Curvas de Funcionamiento



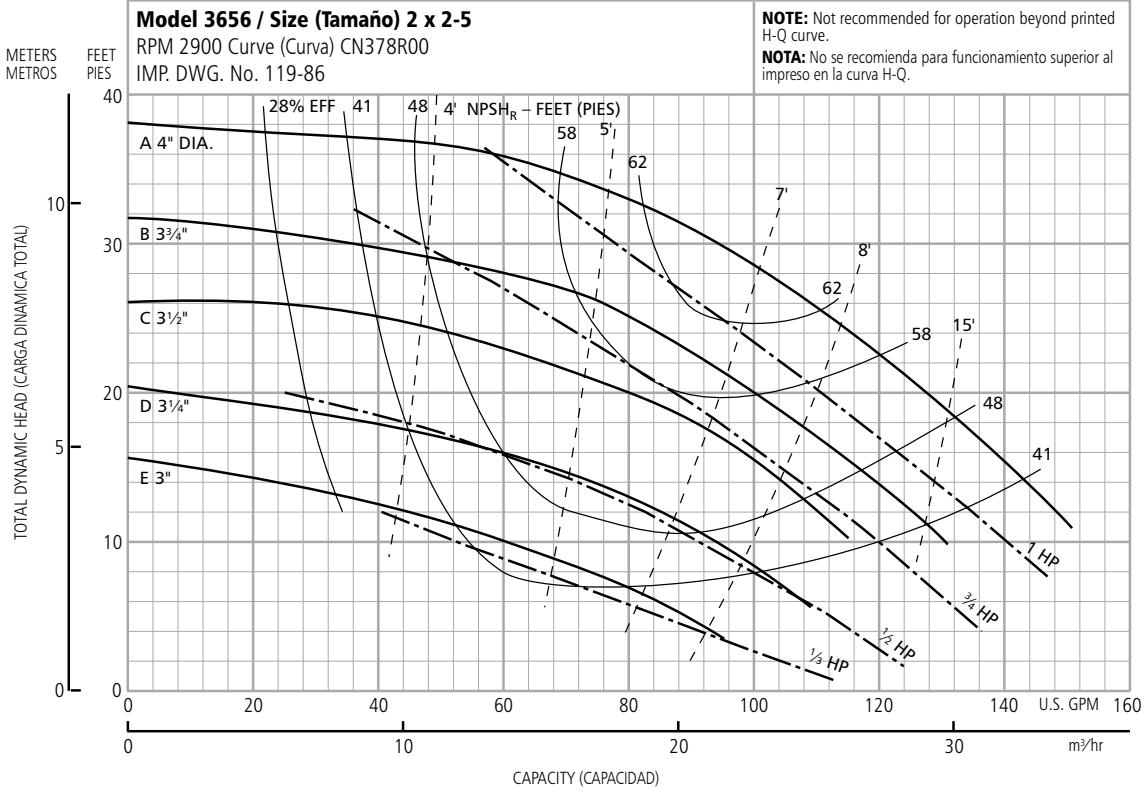
**Performance Curves**  
**Curvas de Funcionamiento**





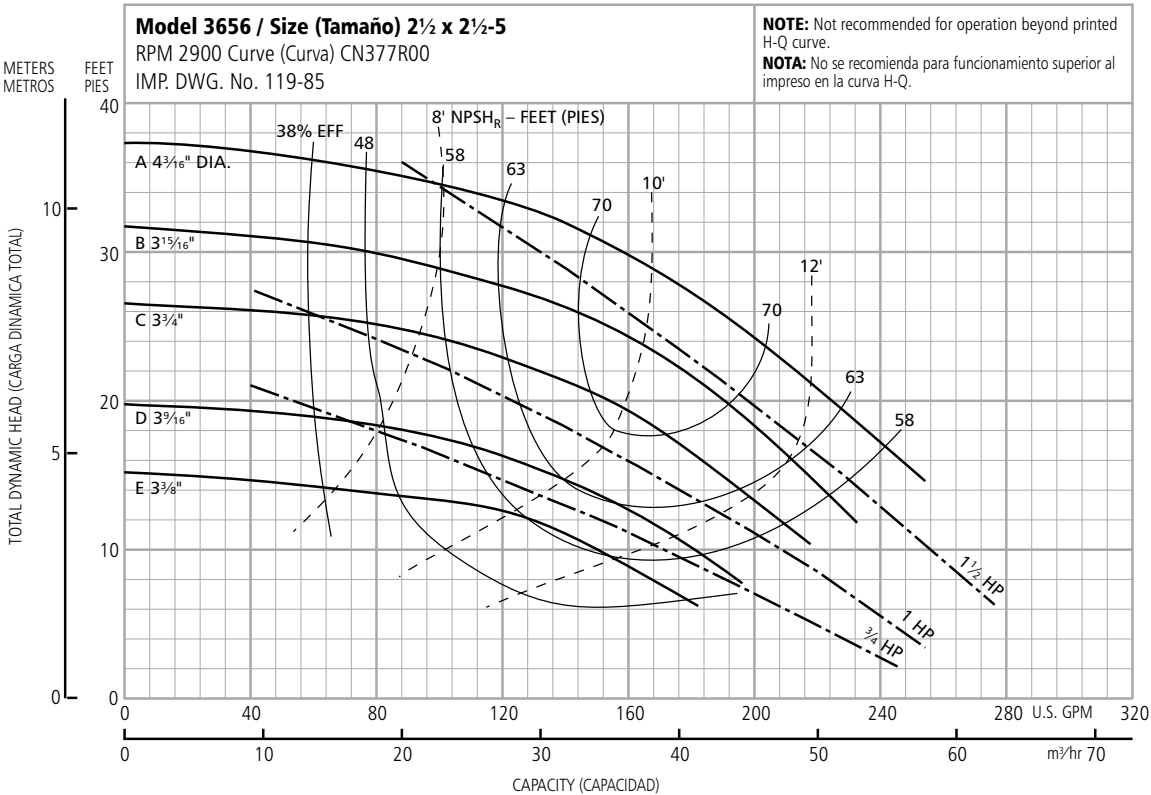
# Performance Curves

## Curvas de Funcionamiento



Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4"
B	3 3/4"
C	3 1/2"
D	3 1/4"
E	3"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

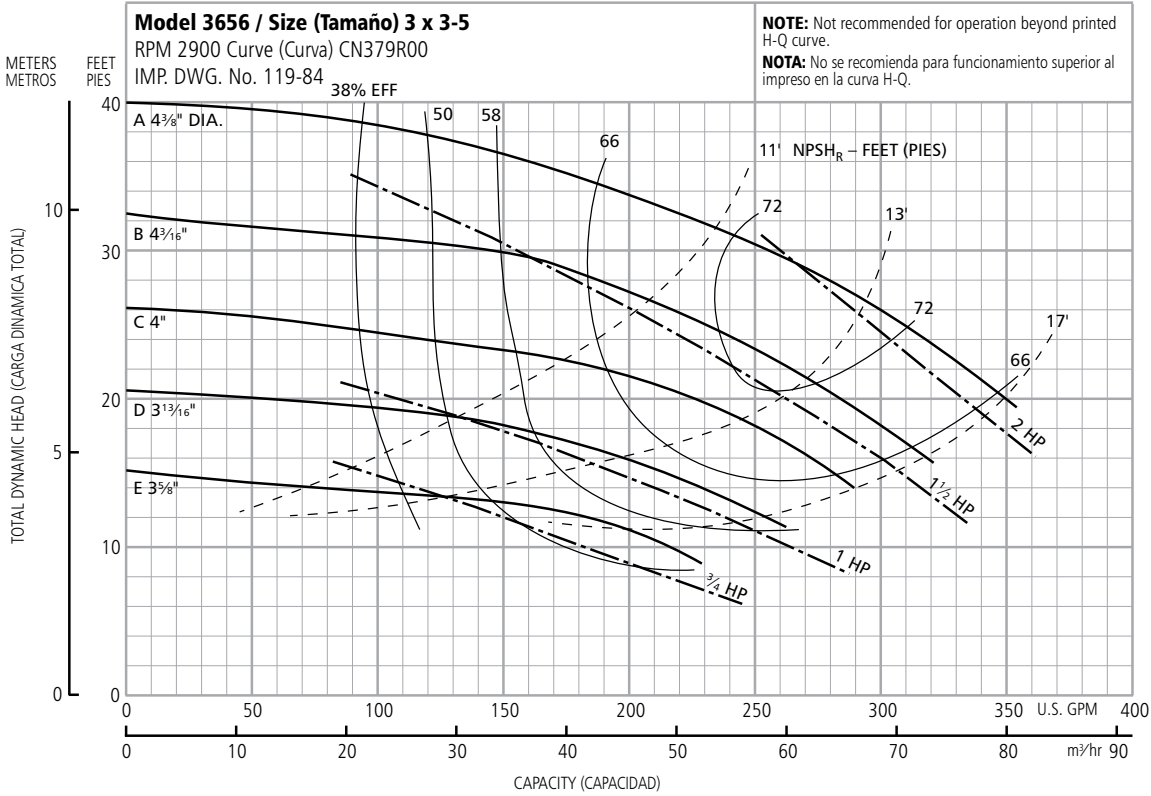


Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4 3/16"
B	3 15/16"
C	3 3/4"
D	3 9/16"
E	3 3/8"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

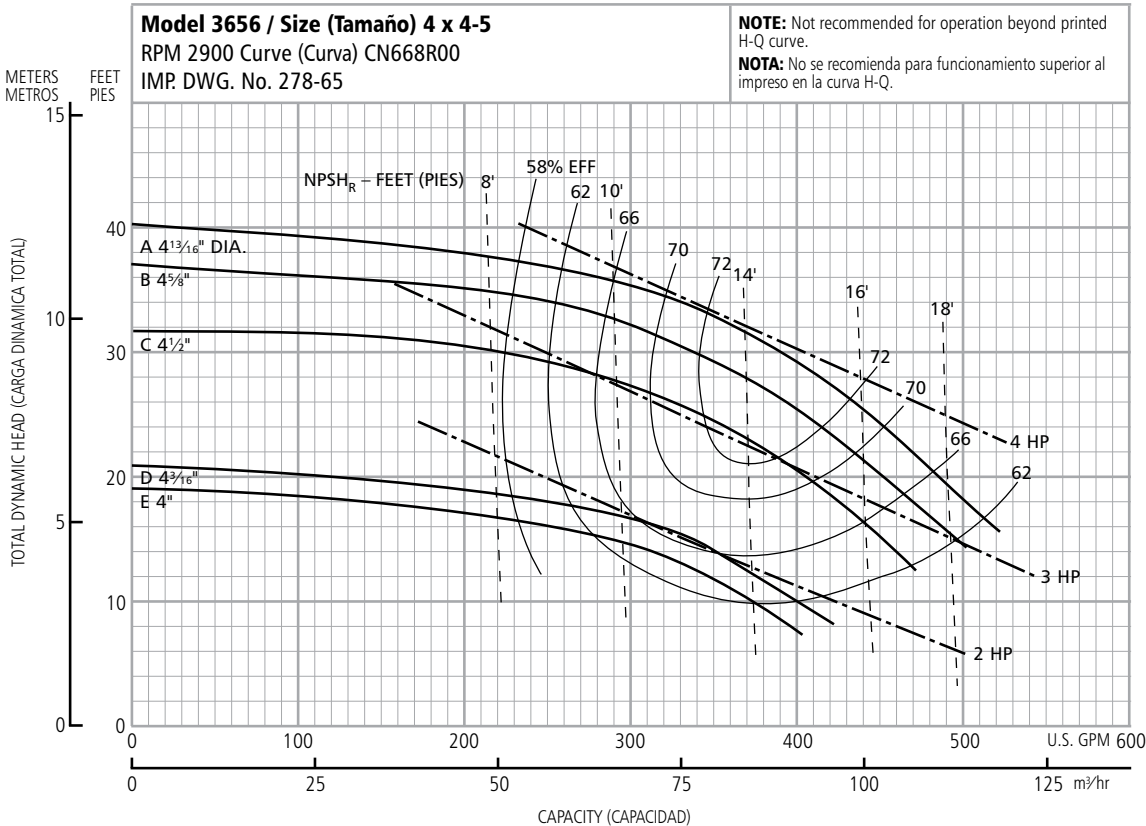
# Performance Curves

## Curvas de Funcionamiento



Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4 3/8"
B	4 3/16"
C	4"
D	3 13/16"
E	3 5/8"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

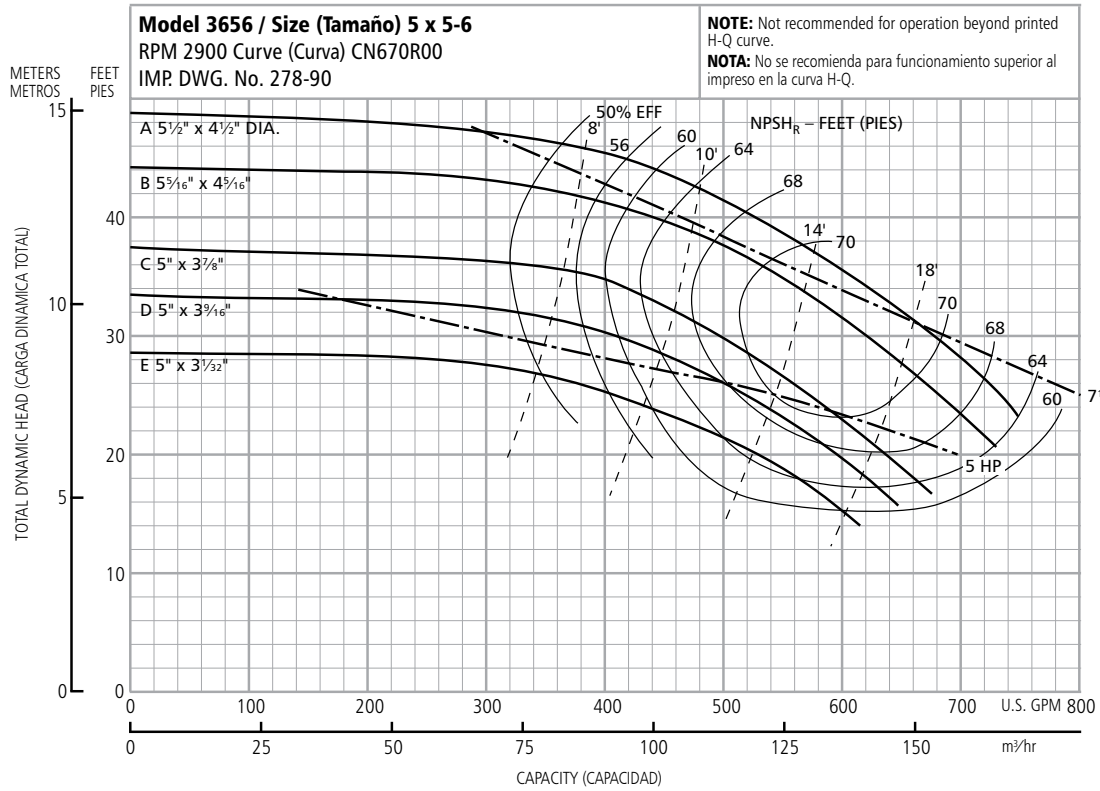


Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	4 13/16"
B	4 5/8"
C	4 1/2"
D	4 1/8"
E	4"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

# Performance Curves

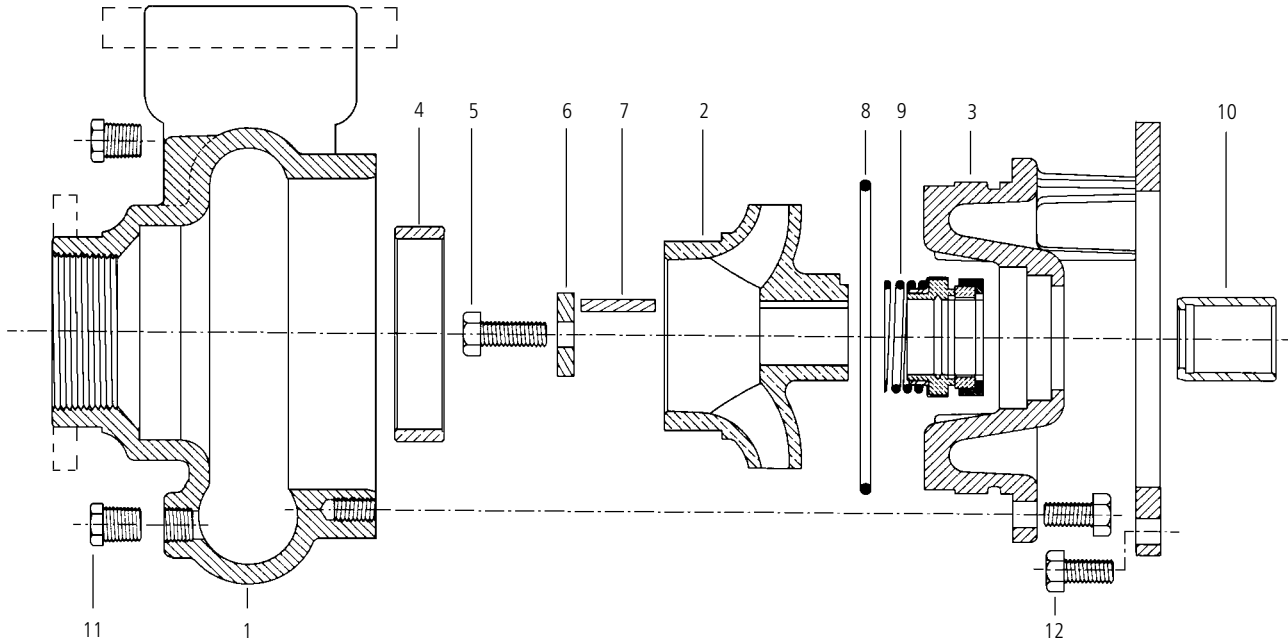
## Curvas de Funcionamiento



Optional Impeller Impulsor optativo	
Ordering Code Código de pedido	Dia. Diá.
A	5 1/2 x 4 1/2
B	5 5/16 x 4 5/16
C	5 x 3 7/8
D	5 x 3 9/16
E	5 x 3 1/2

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 5/32" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 5/32 de pulgada de diámetro.

**Materials of Construction**  
**Materiales de Construcción**

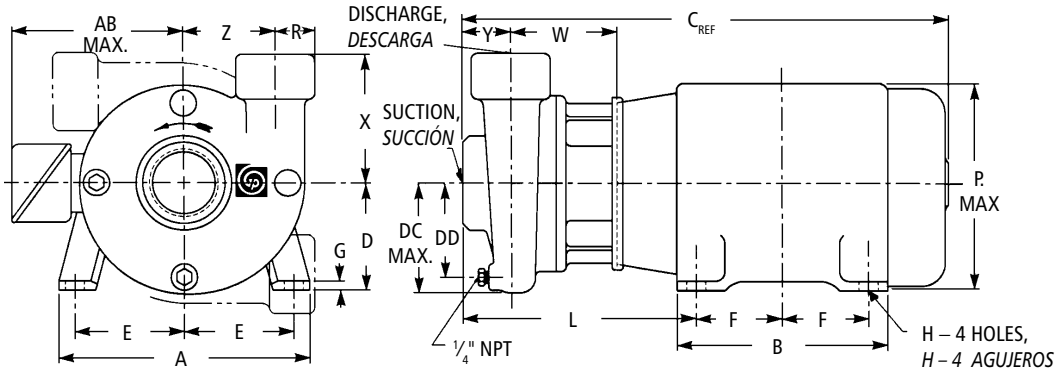


Item No., Parte No.	Description, Descripción	Material, Materiales				
1	Casing, <i>Carcasa</i>	Cast iron, <i>Hierro fundido</i>				
2	Impeller, <i>Impulsor</i>	Cast iron/Sil-brass, <i>Hierro fundido/Bronce</i>				
3	Motor adapter, <i>Adaptador del motor</i>	Cast iron, <i>Hierro fundido</i>				
4	Casing wearing ring, <i>Anillo de desgaste de la carcasa</i>	Cast iron/Sil-brass, <i>Hierro fundido/Bronce</i>				
5	Impeller bolt, <i>Tornillo del impulsor</i>					
6	Impeller washer, <i>Arandela del impulsor</i>	304 SS,				
7	Square key way, <i>Chavetero cuadrado</i>	304 Acero inoxidable				
8	O-ring, <i>Anillo 'O'</i>	BUNA/EPR/Viton				
9	<b>Seal</b> <b>Code,</b> <b>Código</b> <b>del Sello</b>	<b>Rotary,</b> <b>Rotativo</b>	<b>Stationary,</b> <b>Estacionario</b>	<b>Elastomers,</b> <b>Elastómeros</b>	<b>Metal</b> <b>Parts,</b> <b>Partes</b> <b>Metálicas</b>	<b>Part</b> <b>No.,</b> <b>Pieza</b> <b>Número</b>
0	Carbon	Ceramic	BUNA			10K13
1	Carbon	Sil-Carb.	EPR	Type	316 SS,	10K19
3	Carbon	Sil-Carb.	Viton	Tipo	316 SS	10K27
5	Sil-Carb.	Sil-Carb.	Viton			10K64
10	Shaft sleeve, <i>Camisa del eje</i>	304 SS, <i>304 Acero inoxidable</i>				
11	1/4" pipe plug, <i>Tapón macho roscado de 1/4"</i>	Steel, Zinc plated <i>Acero, cinc plateado</i>				
12	Hex head screw, <i>Tornillo de cabeza hexagonal</i>	Steel, zinc plated <i>Acero, cinc plateado</i>				

Material, <i>Materiales</i>	Engineering Standard, <i>Estándar Aprobado</i>
Cast iron, <i>Hierro fundido</i>	ASTM A48CL30
Silicon brass (lead free), <i>Bronce del silicio (sin plomo)</i>	ASTM B584 C87500 (modified, <i>modificado</i> )

## 3656LH Dimensions and Weights

### 3656LH Dimensiones y Pesos



#### Close Coupled Dimensions Determined by Pump, Dimensiones del Acople Cerrado Determinadas por la Bomba

Pump Size, Tamaño de la Bomba	Suction, Succión	Discharge, Descarga	DC Max., DC Máx.	DD	R	W	X	Y	Z	Wt. (lbs.), Peso (libras)	Dimension "L" Motor Frame Size, Tamaño del bastidor del motor de dimensión "L"	
											140	180
2 x 2 - 5	2	2	3 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5	3	3 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	26	10	10 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>
2 1/2 x 2 1/2 - 5	2 1/2	2 1/2	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	6		3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	31	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
3 x 3 - 5	3	3	5 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	4 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	37	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

#### NOTES:

- Pumps will be shipped with top vertical discharge as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate to desired position, replace and tighten bolts to 37 lb. - ft.
- Dimensions are in inches.
- Motor dimensions may vary with motor manufacturer.
- Not to be used for construction purposes.

#### Dimensions Determined by Motor, Dimensiones Determinadas por el Motor

Motor Frame, Armazón del Motor	A	AB Max., AB Máx.	B	C <sub>REF</sub>	D	E	F	G	H	P. Max., P. Máx.
143JM	6 1/2	5 1/4	6	11 1/4	3 1/2	2 3/4	2	1/8	1 1/32	6 5/8
145JM							2 1/2			
182JM	8 1/2	5 7/8	6 1/2	15	4 1/2	3 3/4	2 1/4	3/16	1 3/32	7 7/8
184JM							2 3/4			
213TCZ	10 1/2	7 3/8	8	18 1/2	5 1/4	4 1/4	2 3/4	1/4	1 3/32	9 5/8

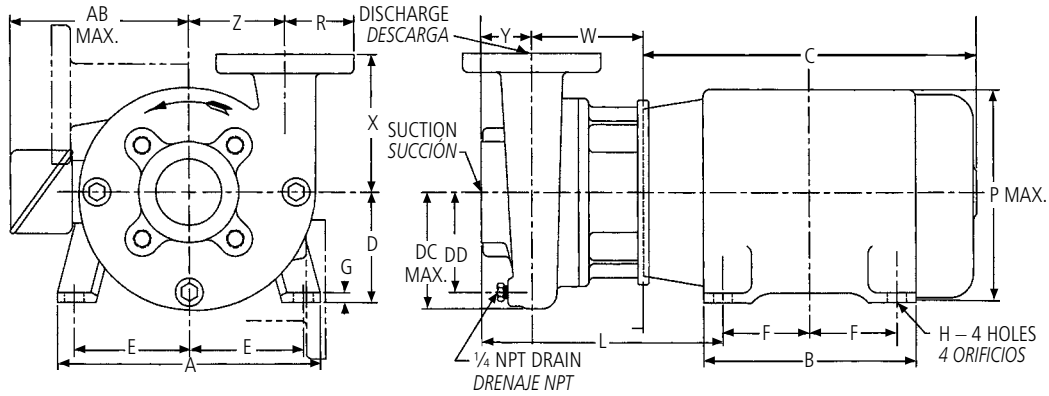
#### NOTAS:

- Las bombas se transportarán con la descarga vertical superior como estándar. Para otras orientaciones, retirar los tornillos de la carcasa, rotar a la posición deseada, reemplazar y apretar los tornillos 37 libras - pies.
- Las dimensiones son en pulgadas.
- Las dimensiones del motor pueden que varien con los fabricantes.
- No debe usarse para propósitos de construcción.

#### Horsepowers, Fuerzas

Motor Frame, Armazón del Motor	HP @ 3500 RPM				HP @ 1750 RPM				Wt. (lbs.), Peso (libras)
	1 Phase, Monofásicos		3 Phase, Trifásicos		1 Phase, Monofásicos		3 Phase, Trifásicos		
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	
143JM	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	1/2, 3/4	1/2, 3/4	1/2, 3/4, 1	1/2, 3/4, 1	41
145JM	2	2	2,3	2,3	1	1	1 1/2, 2	1 1/2, 2	57
182JM	3	3	5	3	3	-	3	3	77
184JM	5	3, 5	7 1/2	5, 7 1/2	3	-	5	5	97
213TCZ	-	-	10	10	-	-	-	-	133

## 3656LH Dimensions and Weights 3656LH Dimensiones y Pesos



### Close Coupled Dimensions Determined by Pump, Dimensiones del Acople Cerrado Determinadas por la Bomba

Pump Size, Tamaño de la Bomba	Suction*, Succión	Discharge*, Descarga	DC Max., DC Máx.	DD	R	W	X	Y	Z	Wt. (lbs.), Peso (libras)	Dimension "L" Motor Frame Size, Tamaño del bastidor del motor de dimension "L"		
											140	180	210
4 x 4 - 5	4	4	6½	5¼	4½	4¼	7	4	4½	110	11¾	12	12⅞
5 x 5 - 6	5	5	8	6¼	5	4¼	8	4	5½	125	11¾	12	12⅞

\* ANSI Class 125 flanges, Bidas ANSI Clase 125

### Dimensions Determined by Motor, Dimensiones Determinadas por el Motor

Motor Frame, Armazón del Motor	A	AB Max., AB Máx.	B	C	D	E	F	G	H	P. Max., P. Máx.
143JM	6½	5¼	6	11¼	3½	2¾	2	⅛	11/32	6⅝
145JM							2½			
182JM	8½	5⅞	6½	15	4½	3¾	2¼	3/16	13/32	7⅞
184JM							2¾			
213JM							3			
213TCZ	10½	7⅞	8	18½	5¼	4¼	2¾	¼	13/32	9⅝
215JM							3½			

### Horsepowers, Fuerzas

Motor Frame, Armazón del Motor	HP @ 3500 RPM				HP @ 1750 RPM				Wt. (lbs.), Peso (libras)
	1 Phase, Monofásicos		3 Phase, Trifásicos		1 Phase, Monofásicos		3 Phase, Trifásicos		
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	
143JM	¾, 1, 1½	¾, 1, 1½	¾, 1, 1½	¾, 1, 1½	½, ¾	½, ¾	½, ¾, 1	½, ¾, 1	41
145JM	2	2	2,3	2,3	1	1	1½, 2	1½, 2	57
182JM	3	3	5	3	3	—	3	3	77
184JM	5	3, 5	7½	5, 7½	3	—	5	5	97
213JM	7½	—	7½, 10	7½	—	—	—	—	133
213TCZ	—	7½	—	7½	—	—	—	—	133
215JM	10	7½, 10	7½, 10, 15	7½, 10, 15	—	—	—	—	154

### NOTES:

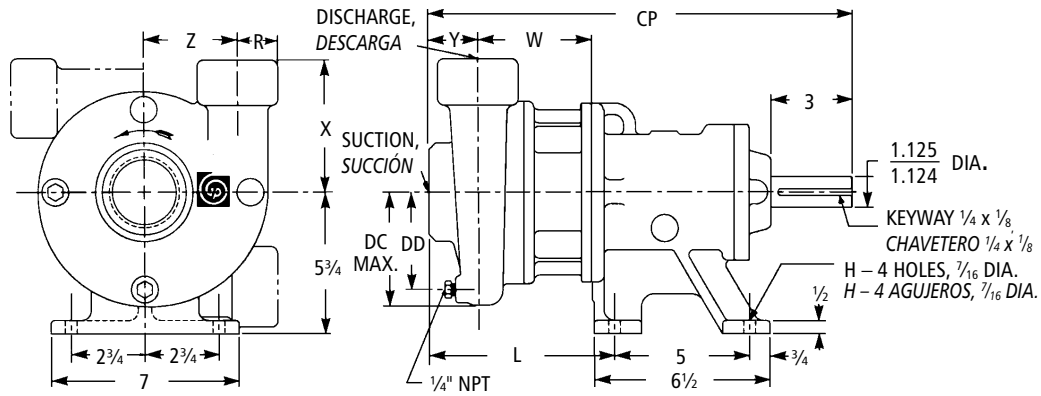
- Pumps will be shipped with top vertical discharge as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate to desired position, replace and tighten bolts to 37 lb. - ft.
- Dimensions are in inches.
- Motor dimensions may vary with motor manufacturer.
- Not to be used for construction purposes.

### NOTAS:

- Las bombas se transportarán con la descarga vertical superior como estándar. Para otras orientaciones, retirar los tornillos de la carcasa, rotar a la posición deseada, reemplazar y apretar los tornillos a 37 libras - pies.
- Las dimensiones son en pulgadas.
- Las dimensiones del motor pueden que varien con los fabricantes.
- No debe usarse para propósitos de construcción.

# 3756LH Dimensions and Weights

## 3756LH Dimensiones y Pesos



### Frame Mounted Dimensions Determined by Pump, Dimensiones del Armazón Montado Determinadas por la Bomba

Pump Size, Tamaño de la Bomba	Suction*, Succión	Discharge*, Descarga	CP	DC Max., DC Máx.	DD	L	R	W	X	Y	Z	Wt. (lbs.), Peso (libras)	HL Motor Frame, Armazón del Motor HL
2 x 2 - 5	2	2	16 3/4	3 15/16	2 15/16	9 1/2	1 5/8	4 1/8	5	3	3 1/16	26	9 1/2
2 1/2 x 2 1/2 - 5	2 1/2	2 1/2	17 3/8	4 3/4	3 3/4	9 5/8	3 3/8	4 1/4	6	3 1/2	3 1/2	31	9 5/8
3 x 3 - 5	3	3	17 3/8	5 5/16	4 5/16	10 3/8	2 3/16	4 1/2	6	3 1/2	3 3/8	37	10 3/8

\* NPT connections, Conexiones NPT

### Dimensions Determined by Bedplate, Dimensiones Determinadas por la Fundación

Motor Frame, Armazón del Motor	HA	HB	HD	HE	HF	HG	HL	HP	Wt. (lbs.), Peso (libras)	Motor Shim, Deflector del Motor	Bearing Frame Shim, Armazón de Balineras
143T	10	28	8	3 3/4	24	2 3/4	10 3/8	3/4	47	1 3/4	-
145T											
182T											
184T											

### Horsepowers, Fuerzas

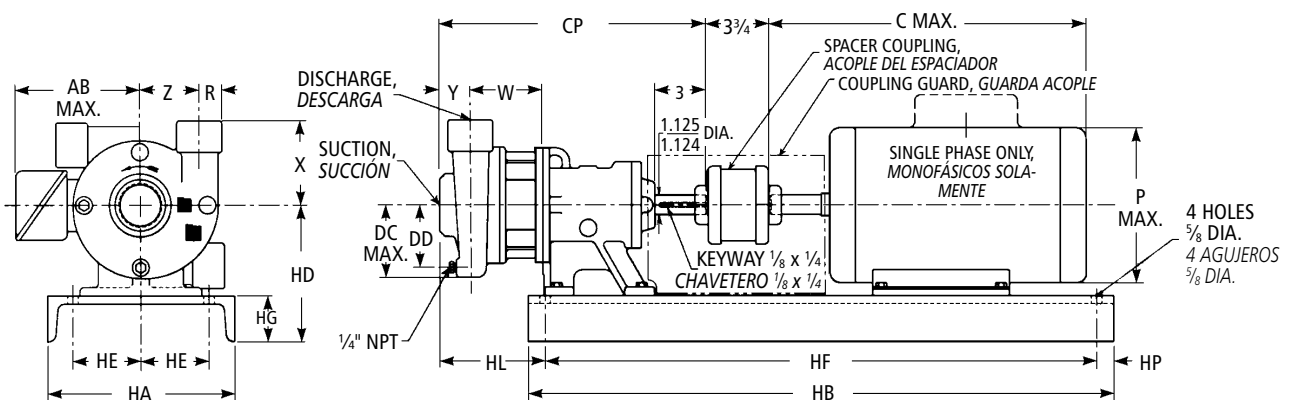
Motor Frame, Armazón del Motor	HP @ 3500 RPM				HP @ 1750 RPM				AB Max., AB Máx.	C Max., C Máx.	P Max., P Máx.	Wt. (lbs.), Peso (libras)
	1 PH, Monofásicos		3 PH, Trifásicos		1 PH, Monofásicos		3 PH, Trifásicos					
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC				
143T	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	1/2, 3/4	1/2, 3/4	1/2, 3/4, 1	1/2, 3/4, 1	5 1/4	13 3/8	6 5/8	45
145T	2	2	2,3	2,3	1	1	-	-	5 1/4	14 1/4	6 5/8	53
182T	3	-	5	3	-	-	-	-	5 7/8	16 5/8	7 7/8	74
184T	5	3	-	5	-	-	-	-	5 7/8	18 1/8	7 7/8	95

### NOTES:

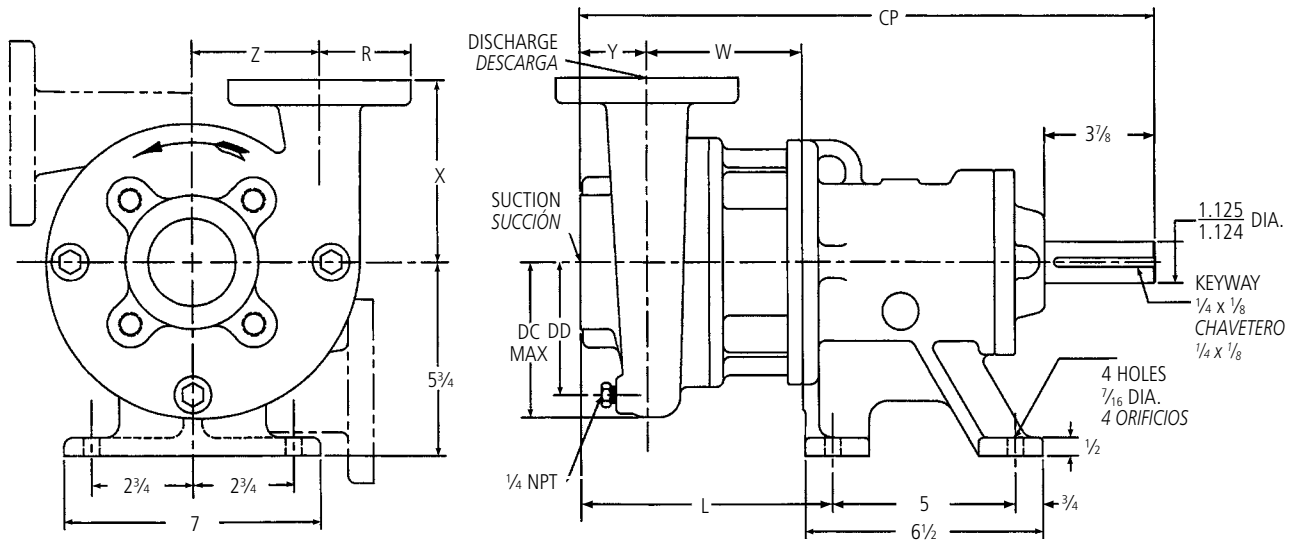
1. Pumps will be shipped with top vertical discharge as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate to desired position, replace and tighten bolts to 37 lb. - ft.
2. Dimensions are in inches.
3. Motor dimensions may vary with motor manufacturer.
4. Not to be used for construction purposes.

### NOTAS:

1. Las bombas se transportarán con la descarga vertical superior como estándar. Para otras orientaciones, retirar los tornillos de la carcasa, rotar a la posición deseada, reemplazar y apretar los tornillos a 37 libras - pies.
2. Las dimensiones son en pulgadas.
3. Las dimensiones del motor pueden que varíen con los fabricantes.
4. No debe usarse para propósitos de construcción.



## 3756LH Dimensions and Weights 3756LH Dimensiones y Pesos



### Frame Mounted Dimensions Determined by Pump, Dimensiones del Armazón Montado Determinadas por la Bomba

Pump Size, Tamaño de la Bomba	Suction*, Succión	Discharge*, Descarga	CP	DC Max., DC Máx.	DD	L	R	W	X	Y	Z	HL Motor Frame Armazón del Motor HL		Wt. (lbs.), Peso (libras)
												140-180	210	
4 x 4 - 5	4		17 7/8	6 1/2	5 1/4	8 3/4	4 1/2	4 1/4	7	4	4 1/2	10 1/4	8 3/4	142
5 x 5 - 6	5			8	6 1/4	9 21/32	5	4 1/4	8		5 1/2	11 1/32	9 21/32	157

\* ANSI Class 125 Flanges, Bidas ANSI Clase 125

### Dimensions Determined by Bedplate, Dimensiones Determinadas por la Fundación

Motor Frame, Armazón del Motor	HA	HB	HD	HE	HF	HG	HP	Wt. (lbs.), Peso (libras)	Motor Shim, Deflector del Motor	Bearing Frame Shim, Armazón de Balineras
143T	10	28	8	3 3/4	24	2 3/4	3/4	47	1 3/4	-
145T									3/4	-
182T									3/4	-
184T									3/4	-
213T/215T	12	31	8 1/4	4 1/4	29	3	1	65	-	-

### Horsepowers, Fuerzas

Motor Frame, Armazón del Motor	HP @ 3500 RPM				HP @ 1750 RPM				AB Max., AB Máx.	C Max., C Máx.	P Max., P Máx.	Wt. (lbs.), Peso (libras)
	1 PH, Monofásicos		3 PH, Trifásicos		1 PH, Monofásicos		3 PH, Trifásicos					
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC	ODP	TEFC				
143T	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	3/4, 1, 1 1/2	1/2, 3/4	1/2, 3/4	1/2, 3/4, 1	1/2, 3/4, 1	5 1/4	14	6 5/8	45
145T	2	2	2,3	2,3	1	1	2	2	5 1/4	14 1/4	6 5/8	53
182T	3	3	5	3	2	2,3	3	3	6 3/8	16 5/8	7 7/8	74
184T	5	3,5	7 1/2	5	3	-	5	5	6 3/8	18 5/8	7 7/8	95
213T	7 1/2	-	10	7 1/2	5	-	7 1/2	7 1/2	8 1/2	20	9 5/8	116
215T	10	-	15	10, 15	-	-	10	10	8 1/2	20	9 5/8	136

### NOTES:

- Pumps will be shipped with top vertical discharge as standard. For other orientations, remove casing bolts, rotate to desired position, replace and tighten bolts to 37 lb. - ft.

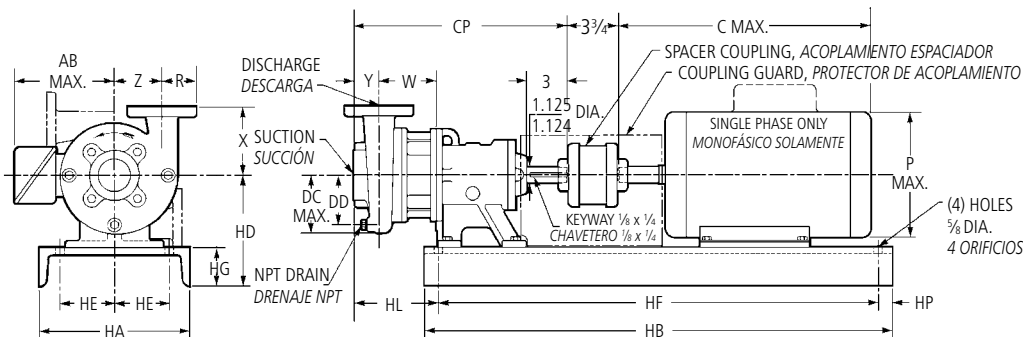
- Dimensions are in inches.

- Motor dimensions may vary with motor manufacturer.

- Not to be used for construction purposes.

### NOTAS:

- Las bombas se transportarán con la descarga vertical superior como estándar. Para otras orientaciones, retirar los tornillos de la carcasa, rotar a la posición deseada, reemplazar y apretar los tornillos a 37 libras - pies.
- Las dimensiones son en pulgadas.
- Las dimensiones del motor pueden que varíen con los fabricantes.
- No debe usarse para propósitos de construcción.







---

**Notes,  
Notas**

---

---

**Notes,**  
**Notas**

---

## Specifications *Especificaciones*

**Capacities to:**

900 GPM (204 m<sup>3</sup>/hr) at 3500 RPM

**Heads to:**

65 feet THD (19.8 m) at 3500 RPM

**Working pressure to:**

175 PSIG (12 bars)

**Maximum suction pressure to:** 100 PSIG (9 bars)**Maximum temperature to:**

212°F (100°C) with standard seal or  
250°F (121°C) with optional seal.

**Motor:**

NEMA standard JM frame for 3656LH or T-frame for 3756LH. Open dripproof, totally enclosed fan cooled and explosion proof enclosures available. Single phase (115/230 V) and Three phase (208 – 230/460 V) versions are available. Horsepower are 1/2 at 1750 RPM and 3/4 – 5 HP at 3500 RPM.

**Capacidades:**

900 GPM (204 m<sup>3</sup>/hr) a 3500 RPM

**Cargas:**

65 pies THD (19.8 m) a 3500 RPM

**Presión de trabajo a:**

175 PSIG (12 baras)

**Presión máxima de succión a:** 100 PSIG (9 baras)**Temperatura máxima:**

212°F (100°C) con sello estándar o  
250°F (121°C) con sello opcional.

**Motor:**

Armazón JM estándar NEMA para 3656LH o armazón T para 3756LH. A prueba de goteo, ventilador totalmente encerrado y recintos a prueba de explosión disponibles. Las versiones para Monofásicos (115/230 V) y Trifásicos (208-230/460 V) están disponibles. Las fuerzas son 1/2 HP a 1750 RPM y 3/4 – 5HP a 3500 RPM.

## Typical Applications *Aplicaciones Típicas*

- Evaporative condensers
- Industrial fluid coolers
- Refrigeration and air conditioning systems
- Water circulation
- Liquid transfer
- Irrigation
- Condensadores de goteo
- Enfriadores industriales de líquidos
- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado
- Circulación de agua
- Transferencia de líquidos
- Irrigación

Goulds Pumps is a brand of ITT Water Technology, Inc. - a subsidiary of ITT Industries, Inc.

Goulds Pumps and the ITT Engineered Blocks Symbol are registered trademarks and tradenames of ITT Industries.

*Goulds Pumps son una marca de fábrica de ITT Water Technology, Inc. - un subsidiario de ITT Industries, inc.*

*Goulds Pumps y el símbolo ITT Engineered Blocks son marcas registradas y marcas comerciales de ITT Industries.*

 Printed on recycled paper.

© 2005 ITT Water Technology, Inc.  
September, 2005 (*Septiembre de 2005*)  
Printed In U.S.A.  
GL3656LH

Specifications subject to change without notice.  
*Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.*  
240 Fall Street, Seneca Falls, NY 13148

Goulds Pumps



ITT Industries

# CONDENSADORES PARA HORNOS DE INDUCCIÓN

# 7



7.1. Ejecuciones 7.2. Características.

### 7. Condensadores para hornos de inducción.

El principio de funcionamiento de un horno de inducción se basa en el calor producido por las corrientes inducidas en el metal a fundir o tratar. Para ello se introduce el metal en el campo creado por una bobina alimentada en corriente alterna. La frecuencia de la corriente depende del proceso.

En **hornos de fusión** se empleaba hasta hace unos años la frecuencia de red, sin embargo en la actualidad, debido a la implantación de los convertidores electrónicos se trabaja a frecuencias desde 500 Hz a varios kHz.

En los **hornos de tratamientos térmicos** de metales la frecuencia de trabajo está comprendida entre varios kHz y 3Mkz.

#### 7.1. Ejecuciones.

Para **frecuencia de red** 50 / 60 Hz se emplean condensadores monofásicos de polipropileno metalizado **ESTAprop®** hasta 1000 V de tensión nominal. Para tensiones superiores se emplean condensadores monofásicos **ESTAfilm®** con tecnología de media tensión como se describen en el Capítulo 6. El sistema de ventilación es natural o forzado mediante ventiladores.

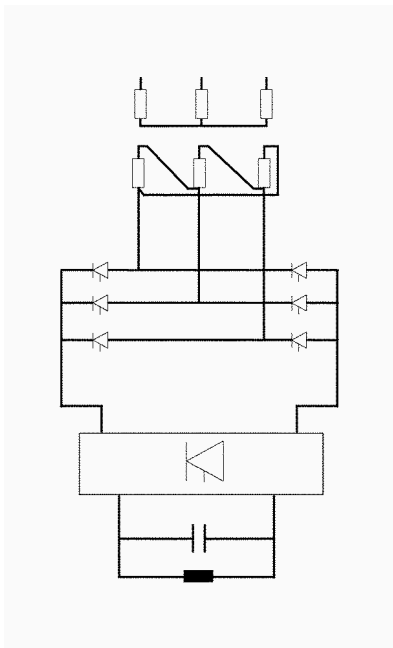
Para frecuencias desde 150 Hz hasta 100 kHz se emplean condensadores de film de polipropileno **ESTAfilm®** en caja de latón y refrigerados por agua. Es usual que estos condensadores tengan comunes las conexiones eléctricas y del circuito de refrigeración. También puede utilizarse la caja viva, es decir, bajo tensión.

- El agua de refrigeración debe ser,
- Mecánicamente pura (calibre de malla: 0,38 mm)
  - Químicamente neutra
  - 8 DH de máxima dureza en carbonatos
  - Baja conductividad eléctrica (máx. 500  $\mu\text{S} / \text{cm}$ )

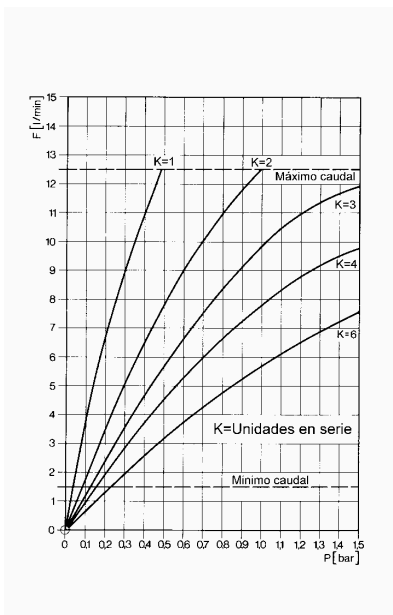
El caudal mínimo del circuito de refrigeración debe estar comprendido entre 1,5 y 12,5 l / min.

La máxima presión de entrada no debe superar 8 bar y la temperatura de salida debe ser inferior a 40°C.

Pueden conectarse hasta un máximo de 6 unidades de condensadores en serie en el circuito de refrigeración debido a la pérdida de carga (Fig. 7.1-1). La manguera del circuito de refrigeración deberá ser aislada y su longitud puede que deba aumentarse en caso de agua de baja resistividad.



► Fig. 7-1. Horno de fusión o tratamiento con convertidor de frecuencia.

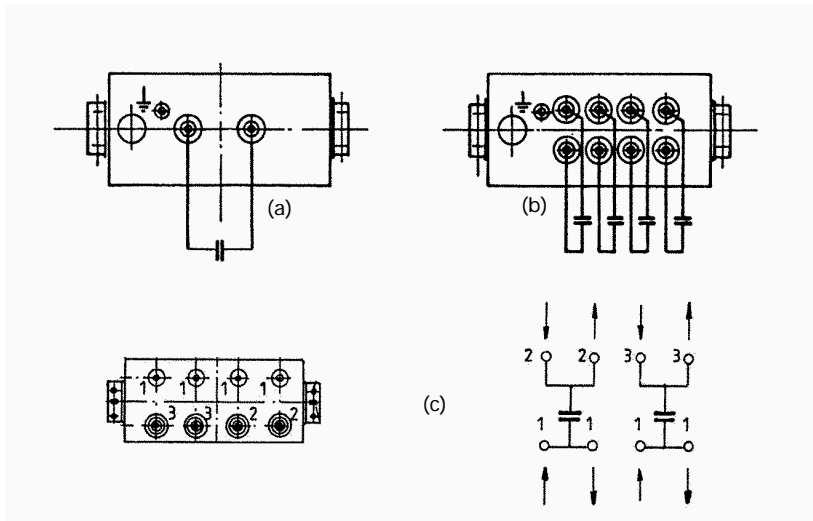


► Fig. 7.1-1. Caudal y pérdida de carga del sistema de refrigeración para diferente nº de unidades de serie.

## 7. CONDENSADORES PARA HORNOS DE INDUCCIÓN

Frecuencia Hz	Tensión V	Tipo	Construcción	Refrigeración
50 / 60	200 - 1000	PhMKP...	Film de polipropileno metalizado	Natural o forzada
	800 - 3000	Phao...	Film de polipropileno y folio de aluminio	Natural o forzada
150 - 100.000	250 - 3000	Phawo...	Film de polipropileno y folio de aluminio	Por agua

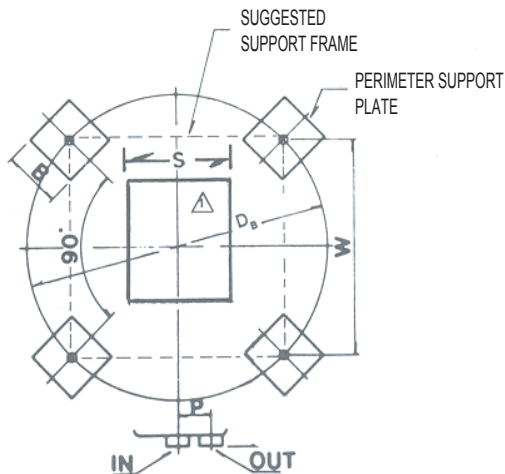
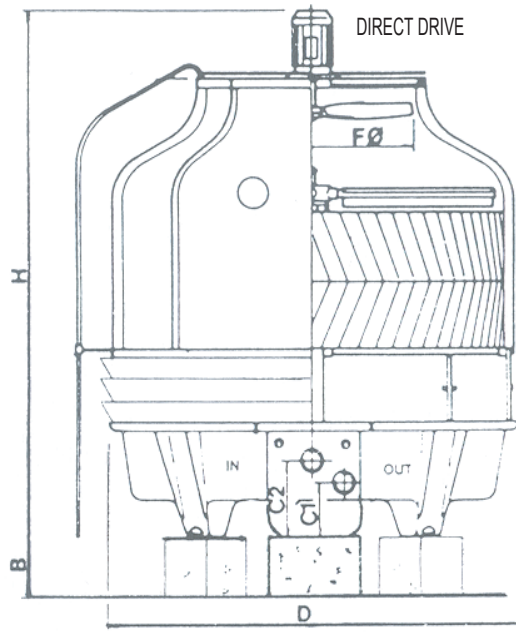
► Tabla 7.1-I. Ejecuciones de condensadores para hornos de inducción.



► Fig. 7.1-2. Ejemplos de conexiones en condensadores de frecuencia de red **(a y b)** y media frecuencia **(c)** refrigerados por agua. Los ejemplos b y c corresponden a condensadores subdivididos en varios escalones.

### 7.2. Características.

<b>Dieléctico</b>	ESTAprop <sup>®</sup> , Film de polipropileno metalizado ESTAfilm <sup>®</sup> , Film de polipropileno y folio de aluminio
<b>Impregnante</b>	Aceite natural: no PCB
<b>Tensiones frecuencias</b>	de 250 V a 3000 V y de 50 / 60 Hz a 10 kHz
<b>Pérdidas</b>	ESTAprop, a 0,25 W / kvar ESTAfilm, 0,15 W / kvar
<b>Tolerancia de capacidad</b>	-5 / 10%
<b>Sobretensiones</b>	1,05 U <sub>N</sub> hasta 1h / día
<b>Sobrecargas de corriente</b>	1,25 I <sub>N</sub> permanente para f <sub>N</sub> ≤ 60 Hz 1,25 I <sub>N</sub> para f <sub>N</sub> > 60 Hz y U <sub>N</sub> < 400 V 1,35 I <sub>N</sub> para f <sub>N</sub> > 60 Hz y U <sub>N</sub> ≥ 400 V
<b>Temperatura admisible</b>	Refrigeración natural : -25 / 40°C Refrigeración por agua : temperatura del agua de salida 40°C máximo, temperatura del aire 50°C.
<b>Normas</b>	CEI 110, VDE 0560 apt.9

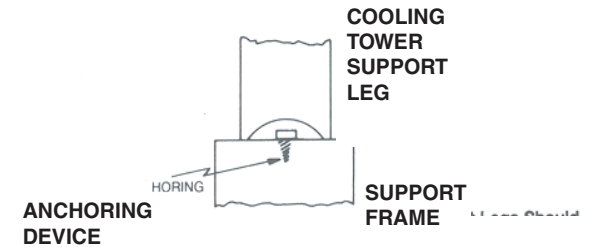


USE THESE DIMENSIONS FOR BASE DESIGN PURPOSES

MODEL	PCT-30	PCT-40	PCT-50	PCT-60	PCT-80
H	6'-3"	6'-8"	7'-0"	7'-7"	8'-2"
FØ	2'-6"	3'-0"	3'-0"	3'-11"	3'-11"
D	5'-6"	5'-6"	6'-3"	6'-11"	6'-11"
WATER INLET & OUTLET	3"	3"	3"	4"	4"
OVERFLOW & DRAIN	1"	1"	1"	1"	1"
MAKE-UP	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"
AUX MAKE-UP	-	-	-	-	-
D <sub>B</sub>	3'-10 1/4"	3'-10 1/4"	4'-6 1/4"	5'-1 1/4"	5'-1 1/4"
W	2'-9"	2'-9"	3'-2"	3'-7"	3'-7"
B SQ.	8"	8"	10"	10"	10"
S SQ.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
P	7 1/4"	7 1/4"	5 1/2"	5 7/8"	5 7/8"
C1	4 1/2"	4 1/2"	4 3/4"	5 1/4"	5 1/4"
C2	7"	7"	8 3/4"	8 1/4"	8 1/4"
C	-	-	-	-	-
OPERATING WEIGHT	816 lbs	860 lbs	1,216 lbs	1,852 lbs	1,896 lbs
EACH PERIMETER SUPPORT	204 lbs	215 lbs	242 lbs	370 lbs	379 lbs
CENTER SUPPORT	-	-	242 lbs	370 lbs	379 lbs
MOTOR HP	1	2	2	2	2
VOLT/PHASE					
WATER TEMP IN					
WATER TEMP OUT					
WET BULB					
GPM					
DRY WEIGHT	330	380	450	640	690

NOTES:

- 1 - Ladder not available from model PCT-8 thru PCT-50 and is standard from model PCT-60 and above.
- 2- This data is subject to change without notice.
- 3- Spring Vibration Isolators are not recommended and cannot be installed directly underneath the support legs. Please contact the factory for installation details of your specific application.
- 4- N/A = Not applicable. Models PCT-30 and PCT-40 do not require a center support.



Support Legs Should Be Properly Anchored

<b>PROTEG<sup>®</sup></b> Cooling Towers, Inc.	
6935 NW 50 Street Miami, FL 33166 Tel: (305) 594-3684 Fax: (305) 477-2514 E-mail: info@protechtowers.com www.protechtowers.com	
<b>MODELS PCT-30 THRU PCT-80</b>	
<b>SUBMITTAL DATA</b>	
- revisions -	job name _____
date	location _____
changes	engineer _____
	drawn by _____
	checked by _____
	date _____
	drawing no. _____ _____ of _____



## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre Ormazá José Luis y Aztirraga Urquiza Julio, Hornos Industriales de Inducción, Edición Especial, McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, Colombia, 1999.
2. ASHRAE, 2000 ASHRAE Systems and Equipment Handbook (SI), Chapter 36, ASRAE, Atlanta, USA, 2000.
3. Avallone Eugene A. y Theodore Baumeister III, Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, Tenth Edition, Section 12, McGraw-Hill, New York, 1998.
4. Coz Fernández Alberto, "Comportamiento Ambiental de Lodos de Fundición Estabilizados/Solidificados" (Tesis Doctoral de la Universidad de Cantabria, 2005).
5. CRANE, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, Traducción de la Primera Edición de Flow of Fluids Technical Paper 410, McGraw - Hill, México, DF. 1992.

6. Departamento de Aeronáutica de la Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales de la U.N.C., Torre de Enfriamiento de Tiro Forzado, Resumen, U.N.C. Córdoba, Argentina, 2000.
7. EUROVENT 9–5, Guía Práctica Recomendada Para Mantener su Sistema de Enfriamiento Eficiente y Seguro, Segunda Edición, [www.energias.com](http://www.energias.com), 2002.
8. Fox Robert W. y McDonald Alan T, Introducción a la Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición, McGraw-Hill, New York, 1992.
9. Frankel Michael, CIPE y CPD, Facility Piping Systems Handbook, Second Edition, McGraw-Hill, New York, 2003.
10. Mite Federico, “Prolongación de la Vida Util del Revestimiento Refractario en un Horno de Inducción de INTRAMET” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005 ).
11. NFPA, National Electrical Code, Edición del año 2002, NFPA, New York, 2003.
12. Rase Howard F, Diseño de Tuberías Para Plantas de Proceso, Primera Edición en Español, Editorial Blume, Madrid, España, 1978.

13. Saldarriaga V. Juan G, Hidráulica de Tuberías, Emma Ariza H, Santafé de Bogotá, Colombia, 1998.
14. [www.amcot.com](http://www.amcot.com)
15. [www.csmexico.com](http://www.csmexico.com)
16. [www.monografias.com/trabajos10/toen/toen.zip](http://www.monografias.com/trabajos10/toen/toen.zip)
17. [www.montefiore.com.ar/catálogos/torres/tapa.htm](http://www.montefiore.com.ar/catálogos/torres/tapa.htm)
18. [www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre\\_de%20refrigeración.htm](http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre_de%20refrigeración.htm)