



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



**“REDISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
DE AGUA DE UNA PLANTA TRANSFORMADORA
DE PLASTICO”**

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Daniel Gustavo Benavides Bravo

Guayaquil - Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO

Al Ing. ERNESTO MARTINEZ
Director de Informe Técnico,
por su valiosa y desinteresada ayuda en la
elaboración del presente
Informe Técnico.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS



Ing. Nelson Cavallos
DECANO



Ing. Ernesto Martinez
DIRECTOR INFORME

Francisco Andrade

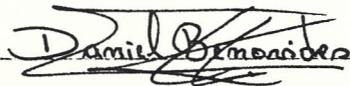
Ing. Francisco Andrade
MIEMBRO TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

DECLARO QUE:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos).

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel Benavides", is written over a horizontal dashed line.

Daniel Gustavo Benavides Bravo

RESUMEN

FLAPASA es una industria dedicada a la transformación de plásticos, instalada en la Ciudad de Guayaquil, como tal posee una serie de máquinas inyectoras y moldes las cuales servían para cubrir una porción del mercado; con el paso del tiempo se aumentó la cantidad y variedad de artículos a producir, causando un incremento en la instalación de maquinarias y equipos, habiendo sido su crecimiento un tanto desordenado.

Ante esta circunstancia, en el año 1986 realicé un estudio, del cual determiné que el sistema de enfriamiento era inadecuado, por lo tanto llegé a la siguiente conclusión:

- a.- Cambiar la red de distribución de agua.
- b.- Mejorar la capacidad de enfriamiento, esto se logró, reactivando un enfriador que estaba fuera de uso y construyendo un acumulador de agua fría.

Como resultado de este proyecto tenemos que ahora se fabrican artículos plásticos de mejor calidad, en menor tiempo, operación ininterrumpida de máquinas inyectoras y operación de moldes a temperaturas recomendadas, reduciendo de esta manera en forma circunstancial los gastos de planta.

Este informe explica los pasos que seguí en la determinación del problema y como encontré una solución que hasta el momento ha dado los resultados esperados.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

1.- ANTECEDENTES

1.1.- Historia

1.2.- Objetivo

1.3.- Justificación

2.- DESCRIPCION DEL PROBLEMA

2.1.- Descripción del proceso

2.2.- Problemas de producción

2.3.- Problemas en mantenimiento de máquinas y equipos

2.4.- Problemas en mantenimiento de moldes

3.- POSIBLES SOLUCIONES

3.1.- Tiempos de producción mayores

3.2.- Aumentar capacidad de enfriamiento

3.3.- Modificación de la red de distribución de agua de enfriamiento

4.- REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

4.1. Cálculo del requerimiento

4.2. Rediseño del sistema de refrigeración

4.3. Rediseño de la red de distribución de agua

5.- CONSTRUCCION Y MONTAJE

5.1. Instalación de la red de enfriamiento de agua

5.2. Instalación y montaje del sistema de enfriamiento

to

5.3. Puesta en marcha y ajustes

5.4. Análisis de costo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INDICE DE FIGURAS

- FIG. 2.0.- MAQUINA INYECTORA
- FIG. 2.1.- PROCESO DE INYECCION
- FIG. 2.2.- TUNEL DE CALEFACCION
- FIG. 2.3.- MATERIAL TRITURADO
- FIG. 2.4.- MATERIAL MOLIDO
- FIG. 2.6.- SEPARADOR DE METALES
- FIG. 3.1.- ESQUEMA DE ENFRIADOR
- FIG. 3.2.- a. ACUMULADOR DE AGUA FRIA
b. CAMARAS DEL ACUMULADOR DE AGUA FRIA
- FIG. 4.1.- VISCOSIDAD CINEMATICA PARA FLUIDOS COMUNES A PRESION ATMOSFERICA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA
- FIG. 4.2.- RUGOSIDAD RELATIVA PARA TUBOS COMUNES
- FIG. 4.3.- FACTOR DE FRICCION EN TUBOS CIRCULARES
- FIG. 4.4.- PERDIDA DE DIFERENTES ACCESORIOS Y SU EQUIVALENCIA EN TUBERIA RECTA
- FIG. 4.5.- CURVAS DE POTENCIA, NPSH DE BOMBAS HIDRAULICAS
- FIG. 5.1.- a. BOMBA CENTRIFUGA
b. DISTRIBUIDOR PARA ENFRIAMIENTO DE MOLDES
c. INTERCAMBIADOR DE CALOR
- FIG. 5.2.- EVAPORADOR DEL ENFRIADOR MK-60T
- FIG. 5.3.- TORRE DE ENFRIAMIENTO
- FIG. 5.4.- EVAPORADOR DEL ENFRIADOR MK-36T
- FIG. 5.5.- CONDENSADOR DEL ENFRIADOR MK-36T
- FIG. 5.6.- COMPRESOR DEL ENFRIADOR MK-60T
- FIG. 5.7.- ELEMENTOS DEL COMPRESOR DEL ENFRIADOR MK-60T

FIG. 5.8.- PLANO DE DIAGRAMA ELECTRICO

FIG. 5.9.- PLANO DE DIAGRAMA ELECTRICO

FIG. 5.10. DISTRIBUIDOR PRINCIPAL

INDICE DE TABLAS

- TABLA 1.- FLUJOS DE AGUA FRIA, TEMPERATURAS INICIALES RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE
- TABLA 2.- PERDIDAS POR FRICCION DEL AGUA A 16°C
- TABLA 3.- ENFRIAMIENTO DE ACEITES HIDRAULICOS EN LAS MAQUINAS. CALCULO DE PERDIDAS
- TABLA 4.- ENFRIAMIENTO DE ACEITES HIDRAULICOS EN LAS MAQUINAS. CALCULO DE PERDIDAS
- TABLA 5.- ENFRIAMIENTO DE MOLDES EN CADA MAQUINA. CALCULO DE PERDIDAS
- TABLA 6.- ENFRIAMIENTO DE MOLDES EN CADA MAQUINA. CALCULO DE PERDIDAS
- TABLA 7.- PRESION DE VAPOR, DENSIDAD Y VISCOSIDAD PARA AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS
- TABLA 8.- RESULTADOS DE TEMPERATURAS DE RETORNOS DEL ENFRIAMIENTO DE AGUA
- TABLA 9.- RESULTADOS DE TEMPERATURAS DE AGUA EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. Historia

Plásticos Panamericanos es una empresa dedicada a la fabricación de artículos plásticos tanto de línea industrial como doméstica; inicialmente operó con dos máquinas inyectoras de 750 y 250 toneladas de cierre respectivamente. En vista de la demanda de éstos productos en el mercado, adquiere dos inyectoras más de 500 y 1000 toneladas de cierre respectivamente, bajo esta circunstancia la planta para enfriamiento de agua, contaba con los siguientes equipos de enfriamiento:

- Un enfriador de capacidad 20 Ton Ref, con un tanque que de 570 lts.
- Una torre de enfriamiento con una carga térmica de 8 Ton Ref.

Posteriormente con el crecimiento de la planta la empresa adquiere una torre de enfriamiento de capacidad 0.39 Ton Ref con caudal de 276 lts/min, y un segundo enfriador de Chiller de capacidad 15 Ton de Ref, los cuales eran suficientes para mantener el agua a temperaturas recomendables pero, las instalaciones de la red de agua para enfriamiento de moldes así como sistemas hidráulicos de las máquinas fueron realizados sin estudio alguno, y a medida que la empresa crecía, únicamente se extendía las

instalaciones de agua de enfriamiento por medio de mangueras rígidas de PVC de 1" de diámetro las mismas que se conectaron a partir de las antiguas instalaciones, las mismas que eran de tubos galvanizados de diámetros incorrectos.

Por la falta de mantenimiento, el enfriador de 20 Ton de Ref, se destruyó: el compresor, el tanque de Chiller, estructuras e instalaciones tanto hidráulicas como eléctricas. Posteriormente por las mismas causas se destruye la torre de enfriamiento modelo 450 ST. Por lo tanto la capacidad de enfriamiento de la planta se redujo al 50% y es bajo estas condiciones que la empresa decide ampliar sus instalaciones y es allí donde comienza el problema, pues se obtienen piezas plásticas de mala calidad, con problemas de encogimientos, chupaduras, deformaciones y rebabas, las mismas que eran rechazadas en el control de calidad, o por los clientes.

Además de lo anteriormente anotado, la operación de las inyectoras se interrumpía constantemente por daños, sin poder cumplir el plazo fijado para entregar los diferentes artículos pactados con el cliente, trayendo como consecuencia problemas de eficiencia en la empresa.

1.2. OBJETIVO

Dentro de un estudio realizado en el año 1986, por el cual, problemas de diferente índole surgían en la fabricación de artículos plásticos, se tomó como una medida correctiva establecer mantenimiento preventivo a todas las máquinas y equipos instalados; y poder entonces determinar específicamente el problema, para de esta manera obtener productos elaborados de buena calidad abaratando costos y competir en el mercado, por otro lado cumplir con los programas de producción establecidos por la empresa y cumplir con los clientes que es lo más importante, otras de las metas en este proyecto es reducir los costos de mantenimiento que son los que más afectaban en la economía de esta empresa.

1.3. JUSTIFICACION

Posiblemente cuando se realizó en su etapa inicial las instalaciones de los sistemas de enfriamiento y la red de agua fueron correctas, pero con el crecimiento de la Empresa sus instalaciones se ampliaron inadecuadamente.

Posteriormente los equipos de enfriamiento fueron atacados por la corrosión, incrustaciones, etc., los mismos que se deterioraron por la falta de mantenimiento.

Operar bajo estas condiciones cada vez resultaba anti-económico para la Empresa, ya que cada año se incrementaban los gastos tanto de mantenimiento como de producción además en la degradación en la calidad de los artículos inyectados, por lo tanto es necesario tomar medidas que solucionen este problema.

El poder operar correctamente, disminuye los costos de producción de tal manera que se pueda competir comodamente y cubrir un mayor mercado, lo que lógicamente produce una mayor utilidad a la Empresa.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de transformación de plásticos en PLAPASA se lo realiza en máquinas inyectoras, ver figura 2.0; el material plástico ya sea en forma granular o reciclado se lo mezcla con pigmento en máquinas de tambores o sin fin aproximadamente durante 10 minutos, dando una mezcla homogénea; luego a través de una tolva esta mezcla entra al túnel de calefacción o plastificación, donde se realiza la siguiente secuencia (figura 2.1):

a. Ajustar la temperatura de inyección.

Esta temperatura de plastificación depende del tipo de material a inyectarse variando en rangos de 150°C-300°C, la misma que se logra a través de bandas de calefacción divididas en el túnel en 3 a 4 zonas controladas por su respectiva termocupla o un sensor de temperatura. Se recomienda que las zonas del centro sean las de plastificación, describiendo siempre la temperatura dentro del túnel una parábola como se muestra en la figura 2.2.

b. Se juntan las dos partes del molde a través del plato móvil y fijo de la inyectora para luego proceder a inyectar el material plastificado dentro del mismo, teniendo en consideración la

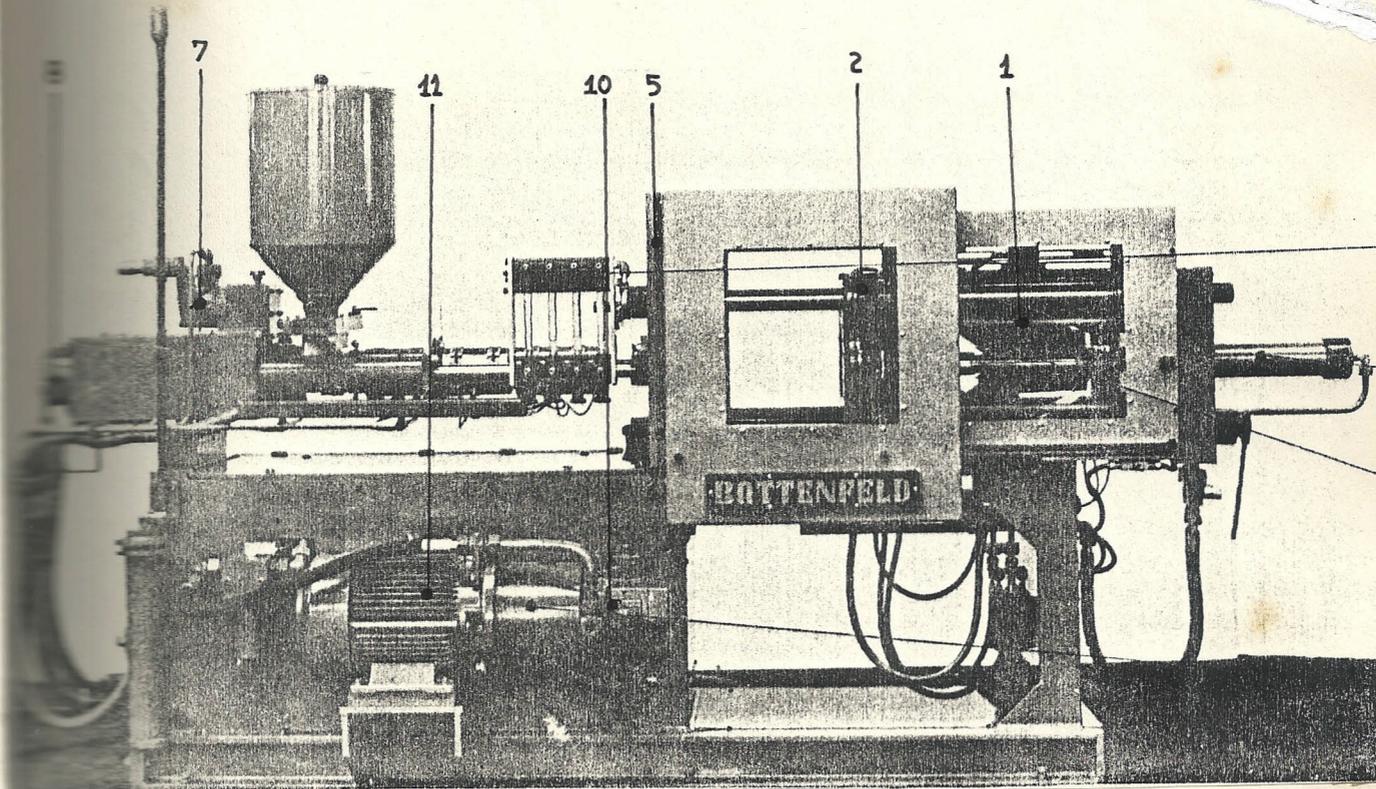
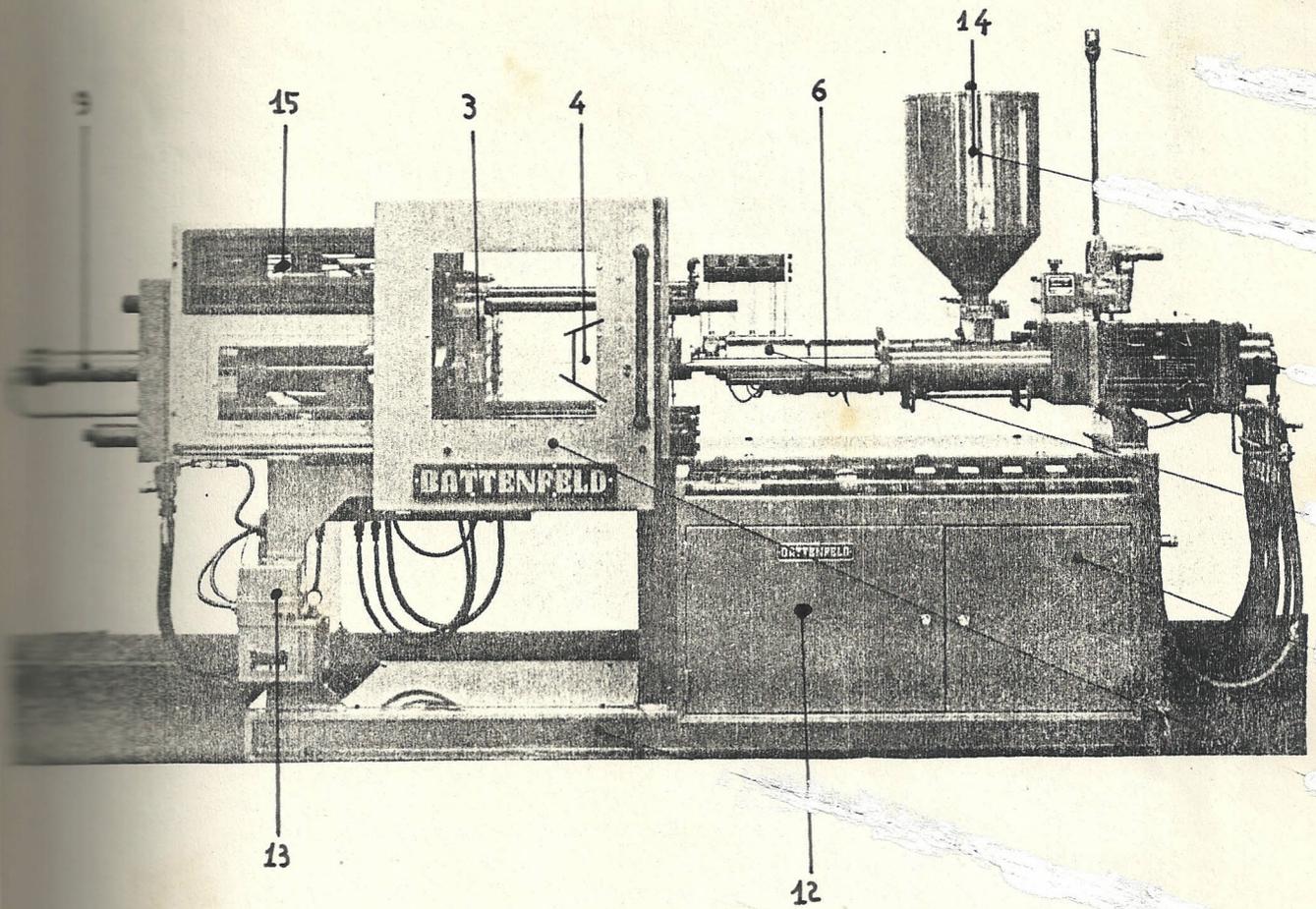
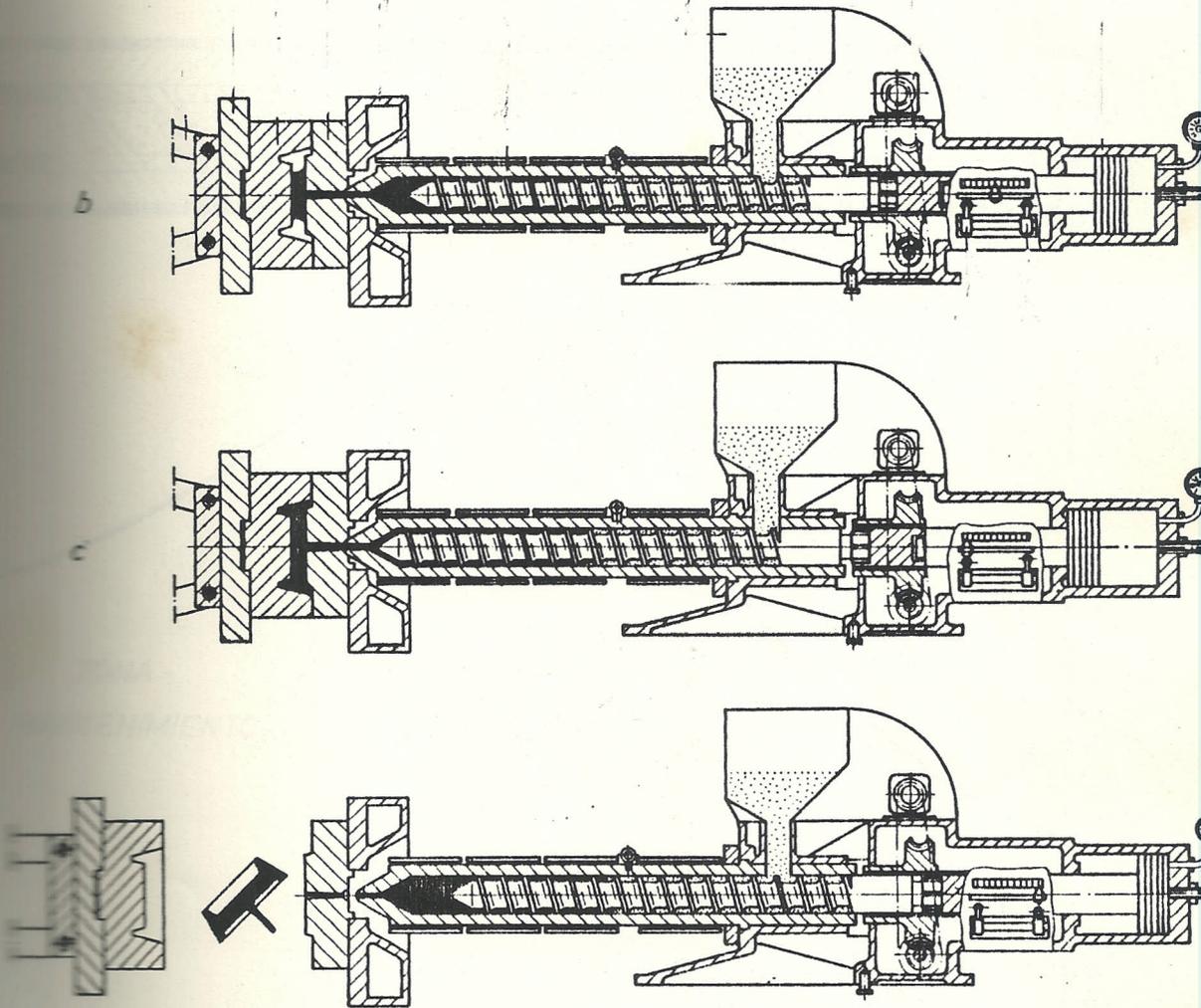


FIGURA 2.0.- MAQUINAS INYECTORAS

ELEMENTOS DE MAQUINAS INYECTORAS

1. Mecanismo de cierre
2. Plato móvil de inyectora
3. Molde lado móvil
4. Molde lado fijo
5. Plato fijo de inyectora
6. Cilindro de plastificación
7. Motor Hidráulico
8. Cilindro hidráulico de Inyección
9. Pistón de cierre
10. Bomba Hidráulica
11. Motor Eléctrico
12. Panel de control
13. Bomba de lubricación
14. Tolva
15. Final de Carrera de sistema de cierre



- b. Etapa de inyección
- c. Tiempo de enfriamiento
- d. Extracción del artículo

FIGURA 2.1.- PROCESO DE INYECCION DE TERMOPLASTICOS

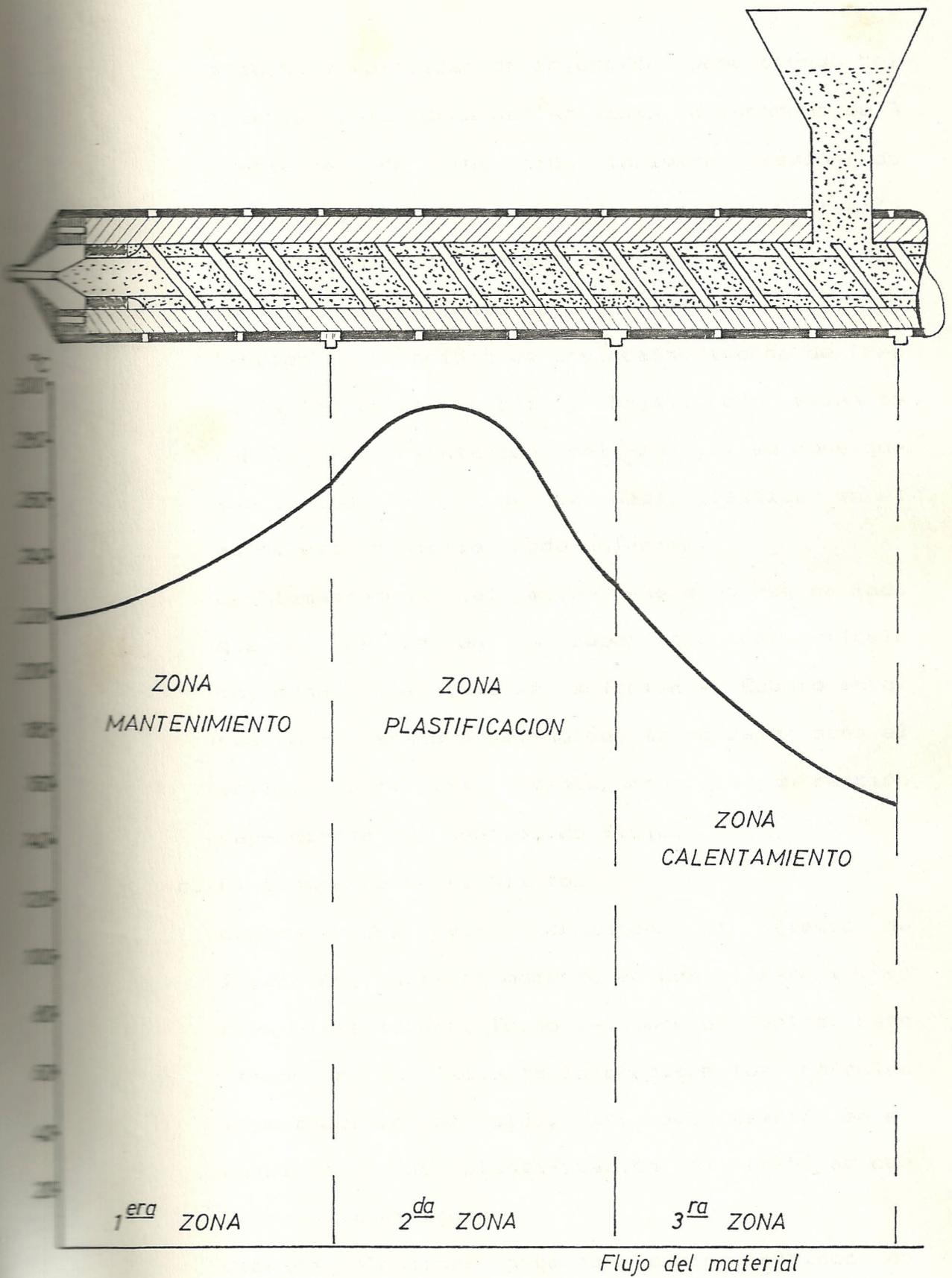


Fig.-2.2 ESQUEMA DE TUNEL DE CALEFACCION
PLASTIFICACION DEL MATERIAL

presión y velocidad de inyección. Dependiendo del material y la forma del artículo disponemos de 3 presiones de inyección (primera presión de inyección, segunda presión de inyección y presión de sostenimiento), éstas se deben elegir de tal forma que el artículo obtenido sea perfecto. Así también la velocidad de inyección dispone de tres variables (alta, media y baja), con ellas se reduce la orientación del flujo, y se consigue que la temperatura de la masa plástica en el molde sea en amplio grado uniforme.

La temperatura del molde debe elegirse de modo que el brillo en la superficie del artículo inyectado sea todavía suficiente. Cuanto mayor sea la temperatura del molde, tanto mejor será el brillo superficial y tanto menor la contracción dependiente del sentido de flujo.

c. El tiempo de enfriamiento.

Comienza una vez terminado el tiempo de inyección, hasta el momento en que el material se haya plastificado, luego se abre el molde. Este tiempo de enfriamiento lo precisan los artículos inyectados en el molde, así como también en el rendimiento de plastificación al trabajar con inyectoras antiguas.

Ciertos plásticos permiten ciclos rápidos de inyección, dado que, por su rigidez, es posible

realizar el desmoldeo a temperatura relativamente elevadas después de su breve enfriamiento. El ciclo total de inyección de un artículo encuentra su principal limitación en el tiempo de enfriamiento, aunque en el moldeo por inyección, el material, la máquina y el molde deben considerarse como una unidad y tenerse siempre en cuenta como tal.

d. Extracción del artículo del molde

La misma que puede ser dependiendo del molde y del artículo; mecánica, manual, neumático, hidráulico, etc., luego se procede a cortar la colada del punto de inyección, y rebabarlo si es necesario.

La calidad de los artículos inyectados y el ritmo de producción dependen del empleo del material apropiado, de que el molde sea correcto, y del principio de construcción de la inyectora.

Seguidamente es sometido al control de calidad y al embalaje respectivo, quedando listo para su despacho. El ciclo total de inyección en una máquina depende también si ésta opera manual, semiautomático o automático. La secuencia de la operación automática es la siguiente:

1.- Cierre del molde

2.- Inyección del material al molde bajo condiciones

antes señaladas

3.- Enfriamiento o plastificación del artículo durante el tiempo que permanece cerrado el molde

4.- Apertura del molde

5.- Expulsión del artículo

Una vez expulsado el artículo y luego de pasado cierto tiempo se repite el ciclo; cada uno de los pasos anteriores tienen su tiempo que es controlado a través de temporizadores. Para el caso de ciclo semiautomático, hay que abrir y cerrar la puerta una vez expulsado el artículo.

Anteriormente manifestamos que el material plástico a inyectarse puede ser de dos formas: virgen (granulado), o reciclado (partículas de 8 mm de espesor), para la obtención de este último debemos seguir los siguientes pasos:

a. TRITURADO. Todo material plástico es recuperado ya que éste no pierde sus propiedades químicas y mecánicas como peso molecular, fluidez, densidad, dureza, rigidez y el índice de fusión, etc.

Cuando se trate de artículos grandes que se quiera reprocesar es necesario que este sea triturado, como primer paso, consistiendo en disminuir el tamaño de tal forma que facilite el siguiente paso que es el molido, como se muestra

en la figura 2.3.



FIGURA 2.3.- TRITURADO

b. MOLIDO. Una vez revisado el material triturado o artículos plásticos pequeños, es sometido al molino donde a través de filas de cuchillas reduce el material a tamaño y forma variada de hasta 8 mm de espesor, como se muestra en la figura 2.4.

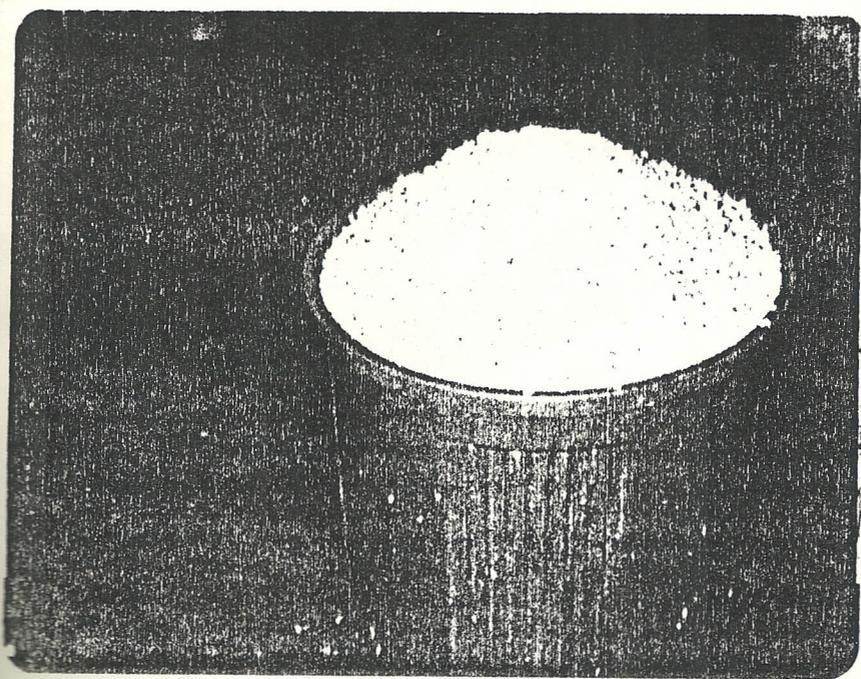


FIGURA 2.4.- MOLIDO

c. LAVADO. Seguidamente este material plástico se le coloca en tanques con soda cáustica disuelta en agua en un 5% de concentración, durante 10 minutos aproximadamente, con el fin de suavizar la superficie; inmediatamente después entra en el centrifugador vertical donde a alta velocidad es transportado a través de cucharitas desde la tolva hasta la parte superior donde sale totalmente limpio como se muestra en la figura 2.5.

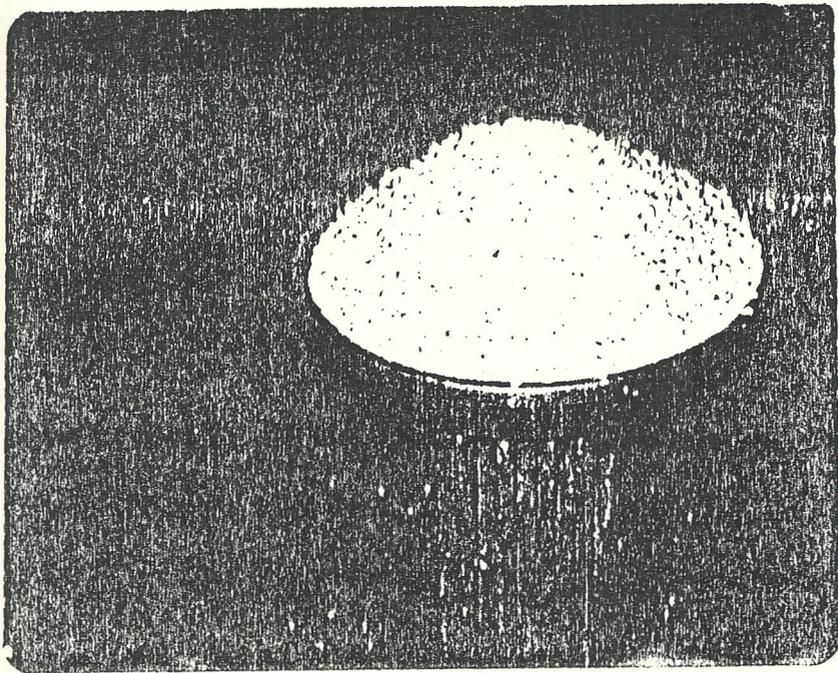
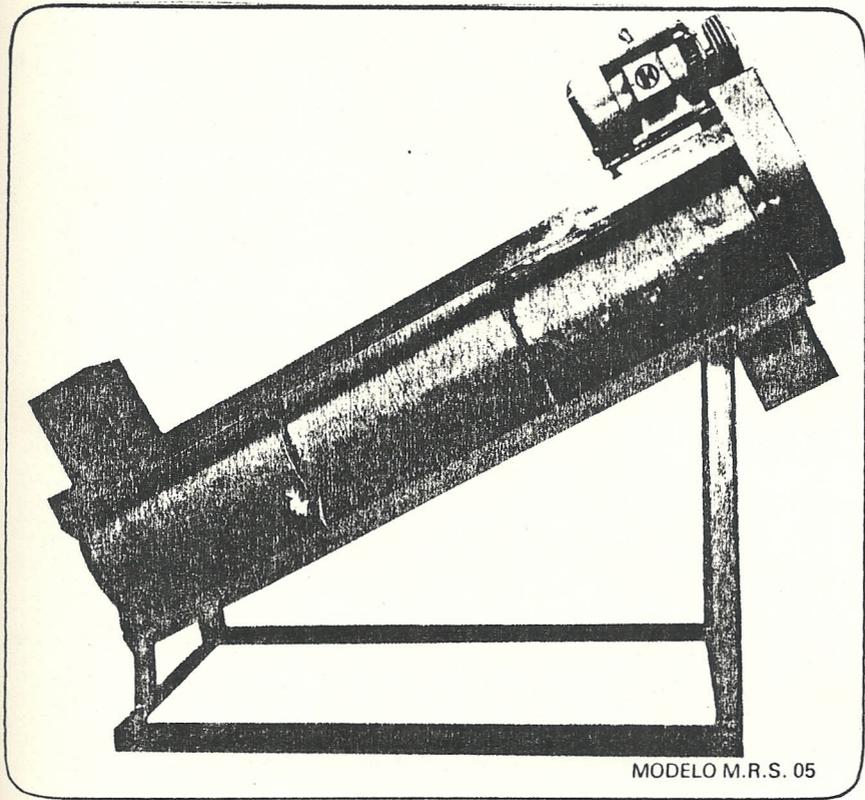


FIGURA 2.5.- LAVADO

d. SECADO. Es el siguiente paso después de lavar. El material entra en el secador, en el cual recircula con aire caliente a temperatura de hasta 150°C, durante 30 minutos. Cada parada es de 80 Kg.

También se puede secar en los tendales de cemento, cuando existen días claros, el mismo que resulta ser un proceso más rápido y económico.

e. SEPARACION DE METALES. Es el último procedimiento de la obtención de material reciclado; en la cual el material pasa a través de una máquina separadora de metales con el fin de extraer pedazos de metales y evitar que estos entren en el túnel de calefacción de las máquinas, los cuales traen graves consecuencias como: tapado de boquillas y puntos de inyección, daños en los tornillos y cilindros de inyección por lo tanto retrasan la producción.

Cabe indicar que el material plástico que ha sido reciclado durante los procesos anteriores, en ninguno de ellos pierde sus propiedades tanto químicas como mecánicas, de tal forma que puede reutilizarse, solo o mezclado con material virgen en cualquier proporción (ver figura 2.6).

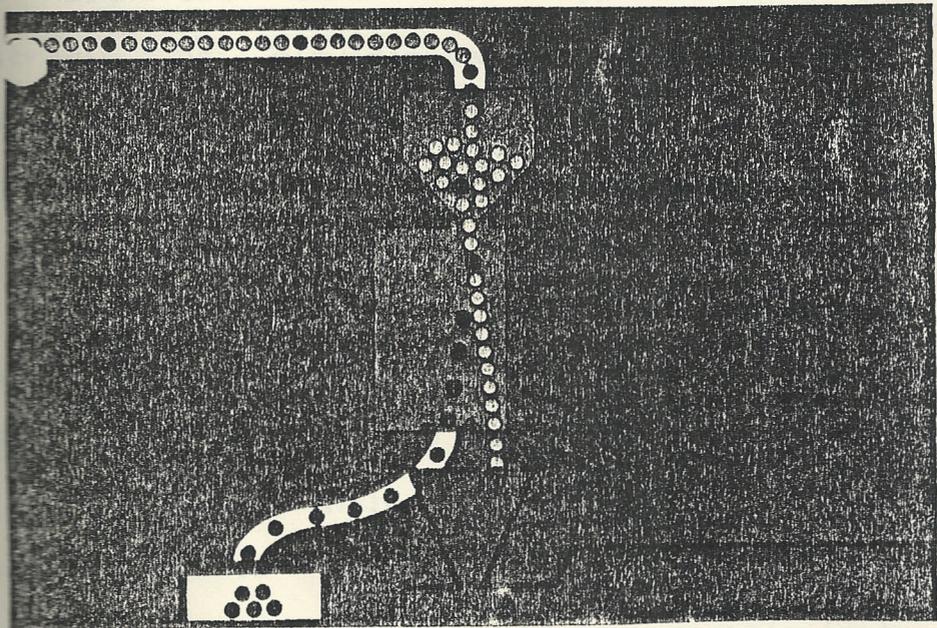
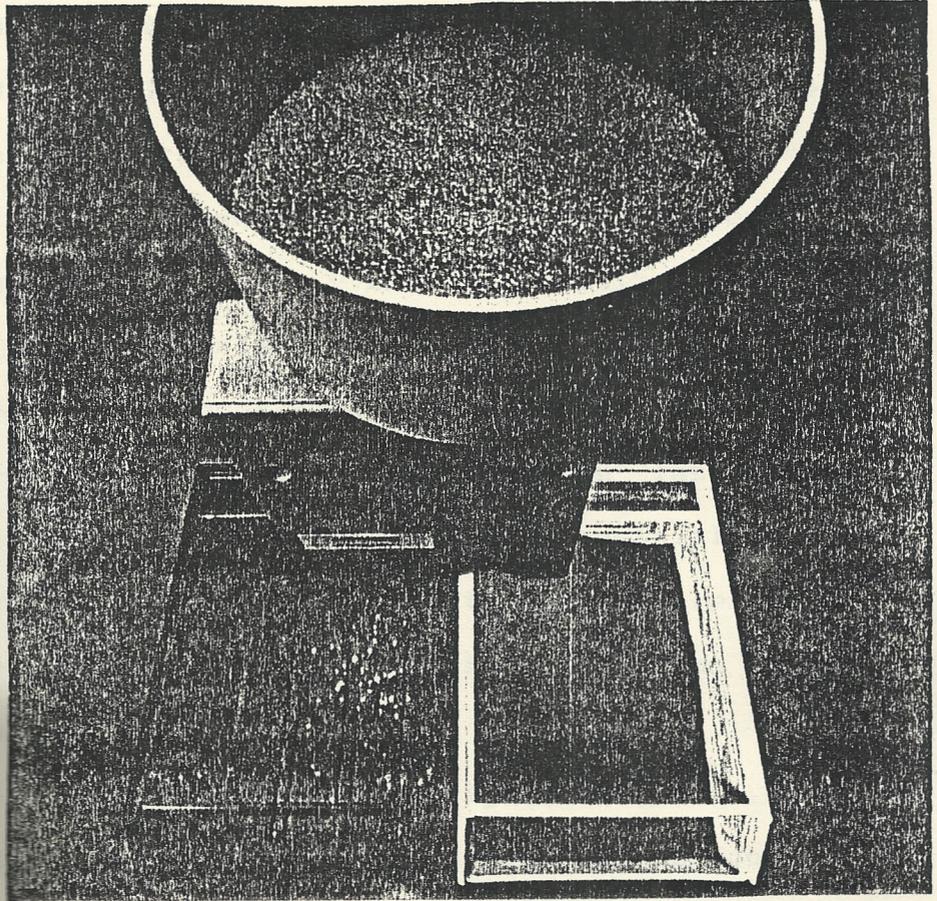


FIG. 2.6.- SEPARADOR DE METALES

2.2. PROBLEMAS DE PRODUCCION

FLUJO DE AGUA.- En todo proceso de enfriamiento de agua, es necesario tener presente que éste entrega o recibe calor sensible de acuerdo a su constante de capacidad de calor; y entrega o recibe calor latente en base a su entalpía de evaporación; por lo tanto el agua constituye un excelente medio de refrigeración, siendo ésta una de las principales aplicaciones que tiene a nivel industrial.

Por otro lado como su costo es cada vez mayor, es necesario extraer el máximo provecho antes de descartarle.

Dentro del proceso de refrigeración, esto significa recircular el agua cuanta veces como sea posible, lo que significa tener el flujo adecuado; caso contrario causa elevadas temperaturas en el aceite hidráulico de las inyectoras, lo que ocasiona perdida y contaminación del aceite ya que el sistema de sellos se destruye; por otro lado se incrementa la temperatura de los moldes, lo que influye en el acabado de los artículos y aumenta los tiempos de enfriamiento, por lo tanto los costos de fabricación se elevan. Además en los intercambiadores de calor, moldes y en la tubería misma hace que sean influenciados por la corrosión, ensuciamiento, crecimientos biológicos del tipo microbiológicos y las incrustaciones de que hablaremos más adelante;

son parámetros que limitan al flujo, si no existe un verdadero control químico o mecánico en los sistemas de enfriamiento de agua.

ENFRIADORES.- Cuando el agua está actuando como refrigerante, en cuyo proceso como es obvio absorbe calor, éste debe ser eliminado (es decir el agua debe ser enfriada antes de volver a usarla).

Esto es lo que precisamente se persigue en los circuitos de recirculación, sean éstos cerrados o abiertos, y utilizando enfriadores de chiller, los mismos que son afectados por la falta de tratamientos químicos y mecánicos en las aguas utilizadas causando los efectos anteriormente anotados.

Todo esto trajo como consecuencia que el primer enfriador comience a fallar, hasta que se quemó el compresor, se destruyó el tanque del chiller y todo el sistema de control tanto eléctrico como hidráulico; quedando de ésta manera fuera de uso.

TORRES DE ENFRIAMIENTO.- Como sabemos en nuestra ciudad cada día el costo de agua se incrementa, por lo tanto es necesario recircularla, especialmente cuando se trata de uso industrial y para esto hay que volver a enfriarla, y es ahí donde el uso de una torre de enfriamiento es necesario especialmente cuando la temperatura del agua de retorno es elevada.

Por estas razones esta industria tenia inicialmente dos torres de enfriamiento, pero por los mismos agentes destructores de los enfriadores se presentan en las torres de enfriamiento, acompañado a la falta de mantenimiento, lo cual trajo como consecuencia que también se destruya la torre de mayor capacidad, quedando fuera de uso al igual que el enfriador, disminuyendo la capacidad total de enfriamiento, lo que ocasionó serios problemas de producción.

Debemos indicar que el agua cuando se enfria por el método evaporativo, pierde alrededor de 1000 BTU por cada libra de agua evaporada. Este calor arrastrado en el vapor de agua producido se llama calor latente de vaporización. Cuando el aire extrae el calor del vapor de agua en esta forma, puede enfriar el agua a menos de la temperatura atmosférica, esto significa realizar un estudio para ver si es conveniente reactivarlo.

2.3. PROBLEMAS EN MANTENIMIENTO DE MAQUINAS Y EQUIPOS

Una de las causas fundamentales que afectan en el rendimiento de una máquina hidráulica es la temperatura.

Es conocido que los aceites hidráulicos experimentan cambios en su densidad y fluidez por las variaciones de temperatura, volviendo más delgados a los de consistencia pesada, estas variaciones de

temperatura ocasionan daños en los retenedores de bombas hidráulicas y pistones hidráulicos, en O-ring de válvulas y en general a todo lo que se refiere a sellos y empaquetaduras de caucho, además pierde presión y velocidad todo el sistema hidráulico de las inyectoras ocasionado por las fugas de aceite, el mismo que a su vez se desperdicia y contamina. Todo esto trae como consecuencia que disminuya el tiempo de operación de las máquinas, disminuya la productividad y aumente los gastos de mantenimiento. Cabe indicar que en estas circunstancias la temperatura de los aceites hidráulicos ascendía hasta 65°C obteniendo agua de retorno de 45°C , ya que en los equipos de refrigeración solo se lograba enfriarla hasta 30°C que en este caso constituía el agua de suministro a la planta.

En cuanto a los equipos, anteriormente poco o nada se les dio mantenimiento por lo cual muchos de ellos se han deteriorado quedando inclusive algunos fuera de uso.

2.4. PROBLEMAS EN MANTENIMIENTO DE MOLDES

Primeramente definamos lo que significa un molde en la transformación de plásticos: El corazón del molde es el molde mismo, éste determina la forma del objeto acabado, pero también cumple funciones; tiene que surtir el corredor para que el plástico

ablandado pase del cilindro inyector a la cavidad, también debe expeler el aire que queda atrapado en el molde después de que se cierra. Para el perfecto y rápido moldeo por inyección de las poliolefinas es de capital importancia que la refrigeración del molde esté perfectamente concebida. Al trazar los canales de refrigeración, deben considerarse tanto los factores relativos a la técnica de producción como los económicos.

Aunque el dotar a los moldes de una refrigeración perfecta suele llevar aparejados considerables gastos adicionales, éstos resultan compensados por la rapidez y continuidad en el trabajo, así como por la perfecta calidad de los artículos obtenidos.

El trazado de la refrigeración del molde debe permitir que la masa, después de finalizado el proceso de inyección, presente la menor diferencia posible de temperaturas en todas las zonas del molde. Deben refrigerarse con la máxima intensidad las zonas del molde que resultan más calentadas por la masa, a saber: las inmediaciones del punto de inyección y la parte del molde opuesta al mismo.

Uno de los problemas principales que se produce en el molde es la falta de refrigeración como acabamos de ver y esto ocurre cuando se obstruyen los ductos de enfriamiento, debido a que las aguas contienen dureza (sales de calcio, magnesio y sílice) y

alcalinidad, con el calor tienden a formar compuestos insolubles que se "precipitan" sobre las superficies metálicas del sistema formando las llamadas incrustaciones, las mismas que debieron ser eliminadas mediante un tratamiento químico en las aguas de enfriamiento. Consecuentemente aumentó el mantenimiento correctivo en los moldes es decir desarmarlos, limpiarlos, cambio de empaquetaduras, etc., que afectan en la producción y por ende en la economía de la empresa.

CAPITULO III

POSIBLES SOLUCIONES

3.1. TIEMPOS DE PRODUCCION MAYORES

La temperatura del molde influye asimismo en las características del artículo inyectado, como por ejemplo aspecto superficial, contracción y deformación. La principal premisa para obtener artículos de elevado brillo superficial es que la superficie del molde sea perfecta, y que la temperatura del molde cuanto más elevada sea la misma, tanto más brillante resulta el acabado de la pieza, dependiendo del peso molecular del material. Pero, cuando la temperatura del molde se ha elevado a rangos superiores a los 80°C, entonces es por la falta de enfriamiento; existen ciertos casos o la mayoría en la que el artículo necesariamente tiene que salir frío del molde para que sea perfecta sin deformaciones, por lo tanto a temperaturas elevadas del molde resulta imposible, la única forma en éste caso es aumentar el tiempo de enfriamiento o moldeo, pero esta solución trae como consecuencia, menos productividad por turno, lo que significa que el costo de fabricación sea elevado y que la calidad del producto se degrade ya que aparecen con rebabas.

3.2. AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO

Existen varias maneras de mejorar la capacidad de

enfriamiento del agua para uso industrial. Dependien
do de las condiciones ya establecidas para el
enfriamiento en ésta empresa, realizamos un estudio
con las siguientes alternativas:

TORRES DE ENFRIAMIENTO

El dispositivo más importante que emplea el contacto
directo entre el agua y el aire atmosférico es la
torre de enfriamiento. Aquí el objetivo no es el
procesamiento del aire, sino el enfriamiento del
agua pulverizada. Las torres de enfriamiento se
usan en el enfriamiento de agua que recircula por
condensadores de refrigerante, condensadores de
plantas térmicas y otros cambiadores de calor.

Una torre de enfriamiento es una estructura con
vanteos que tiene una cubierta o casco que aloja una
red de obstrucciones o rellenos. El agua que va a
enfriar se bombea hacia un sistema de distribución
en la parte superior de la torre, desde donde cae en
láminas delgadas o se asperja hacia el relleno. El
relleno está dispuesto de modo que el agua se
extienda para exponer a nuevas superficies al aire
que circula por la torre. El agua enfriada se recoge
en un depósito.

El aire que pasa por la torre se satura en forma
parcial o completa por la evaporación de una parte
del agua. Esta evaporación es la que, en su mayoría
enfriá el agua. Cuando hay abundantes superficies de

enfriamiento y aire, el agua se puede enfriar a la temperatura de bulbo húmedo del aire, como límite. Según las condiciones, el agua se suele enfriar dentro de 1 a 6 °C de la temperatura de bulbo húmedo.

La selección del tipo y tamaño del sistema de enfriamiento para un servicio dado, depende de los requisitos, costo inicial y costo de operación. El sistema de enfriamiento rara vez se considera por separado, pues se debe estudiar su relación con los aparatos al cual sirve. Es decir, un costoso sistema de enfriamiento enfriara el agua de condensación dentro de unos cuantos grados de la temperatura de bulbo húmedo. El que esto resulte o no económico, depende de muchos factores que se toman en cuenta al inicializar una industria.

ENFRIADORES

Son máquinas frigoríficas de evaporación que utilizan como principal elemento de absorción de calor, el refrigerante Freon 22, el mismo que tiene mayor calor de vaporización y su vapor es también más denso. Es semi-miscible con aceite, siendo bien miscible a temperatura ambiente, pero relativamente immiscible a temperatura por debajo de - 17.77 °C. Este refrigerante hierve a - 40.77 °C y a 1 atmósfera.

En el evaporador la sustancia frigorífica en

ebullición a una temperatura y presión determinada absorbe una cantidad de calor necesaria para la evaporación. El vapor se comprime en el compresor a una presión mayor a la que en el condensador, se licúa y cede el calor de evaporación.

El líquido condensado, fluye a través de la válvula de expansión regresando al evaporador. Cabe indicar que el condensador va refrigerado por aire a través de ventiladores, como se muestra en la figura 3.1.

Bajo estas condiciones es más conveniente instalar o rehabilitar el enfriador que esta fuera de uso, debido a la mayor capacidad de enfriamiento que la que tiene la torre de enfriamiento que también está fuera de uso. Además si analizamos costos, más económico resulta la rehabilitación del enfriador, tratándose de la misma capacidad de carga requerida para abastecer la planta.

INSTALACION DE BOMBAS EN PARALELO

Como es conocido, una bomba es un aparato mecánico cuya única función es adicionarle energía a un fluido incompresible para que puede realizar un trabajo. Generalmente las bombas para el uso industrial son centrífugas de diferente tipo de rotor dependiendo del caudal que se requiera.

Si la red de tubería de enfriamiento de agua, fuésea la correcta y la temperatura del agua sea la recomendada; talvez la solución de poner más bombas

ESQUEMA DE EMFRIADOR MK 60T

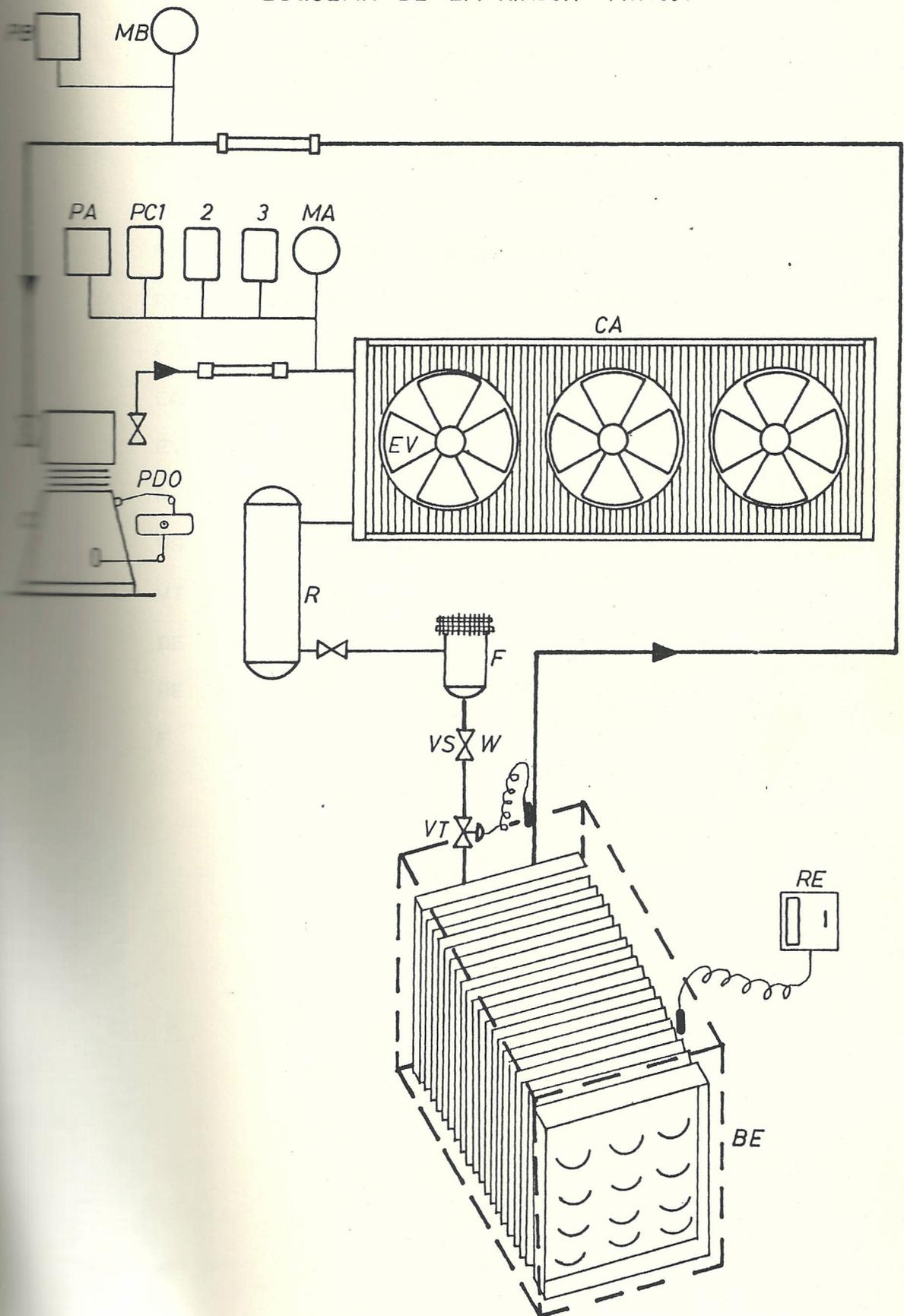


FIG.3.1 ESQUEMA DE ENFRIADOR

Donde:

- PB Presostato de baja presión
- C Compresor
- MB Manómetro de baja presión
- PA Presostato de alta presión
- MA Manómetro de alta presión
- PC Control de presión de condensación
- PDO Diferencial de presión de aceite
- CA Condensador de aire
- EV Ventiladores
- R Recipiente del líquido
- VS Válvula solenoide
- VT Termostato
- BE Evaporador
- RE Regulador de temperatura electrónica
- F Filtro

en paralelo sería lo correcto, pero debido a que no cumple con las condiciones anteriores, no se justifica realizar estas instalaciones; lo que obtendríamos más bien sería agua caliente a mayor presión, lo que no ayudaría en nada al sistema de enfriamiento.

CONSTRUCCION DE UN ACUMULADOR DE AGUA FRIA

Cuando se inició ésta empresa, para recolección de las aguas de enfriamiento que circulan por la planta se construyó una cisterna de las siguientes dimensiones: 4x3x1.4 mts, con la finalidad de desde ésta succionar el agua hacia los enfriadores, para desde allí ser bombeada hacia la planta.

Aprovechando esta cisterna podremos construir un acumulador de agua fría consistente en lo siguiente: interiormente construir una pared con bloques refractarios de tal manera de dividir en dos partes iguales la cisterna, formándose de ésta manera dos cámaras que se intercomunican por la parte inferior a través de ventanas de 20 a 30 cm con la finalidad primero de evitar reboce en cualquiera de las dos cámaras, y en segundo lugar, como el agua más fría por diferencia de densidad se irá al fondo se estaría aprovechando éste diferencial de temperatura, como se muestra en la figura 3.2(a).

De esta manera el agua caliente entra en la cámara #1, para ser succionado a través de una bomba hacia

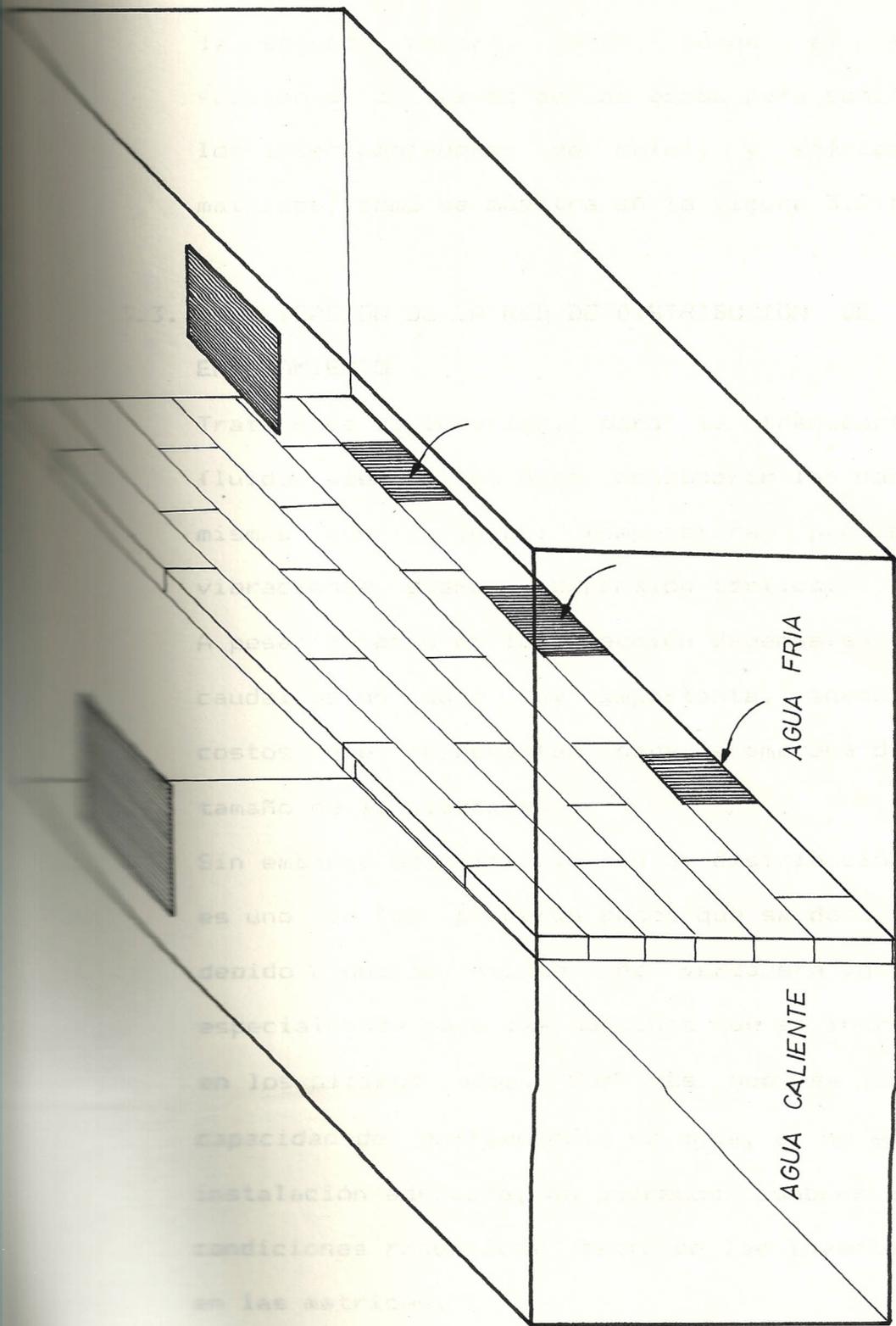


Fig- 3.2.a ACUMULADOR DE AGUA FRIA

los enfriadores, luego de enfriada es depositada en la segunda cámara, donde desde el fondo es succionada a través de una bomba para suministrar a los intercambiadores de calor, y enfriamiento de matrices, como se muestra en la figura 3.2(b).

3.3. MODIFICACION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Tratándose de tuberías, para la transportación de fluidos siempre se debe considerar las cargas, las mismas que incluyen: temperatura, presión, peso, vibraciones, sismos y expansión térmica.

A pesar de esto en la selección debemos saber que el caudal es un dato muy importante, además de los costos que representan para la empresa depende el tamaño de la elección.

Sin embargo modificar la red de distribución de agua es uno de los primeros pasos que se debe realizar, debido a que no existe una verdadera instalación, especialmente para las máquinas que se incrementaron en los últimos años. Por más que se aumente la capacidad de enfriamiento de agua, si no existe una instalación adecuada, no podremos bombear agua bajo condiciones requeridas tanto en las inyectoras como en las matrices.

Los circuitos a instalarse serían dos: el primero un circuito cerrado, para enfriamiento de los moldes,

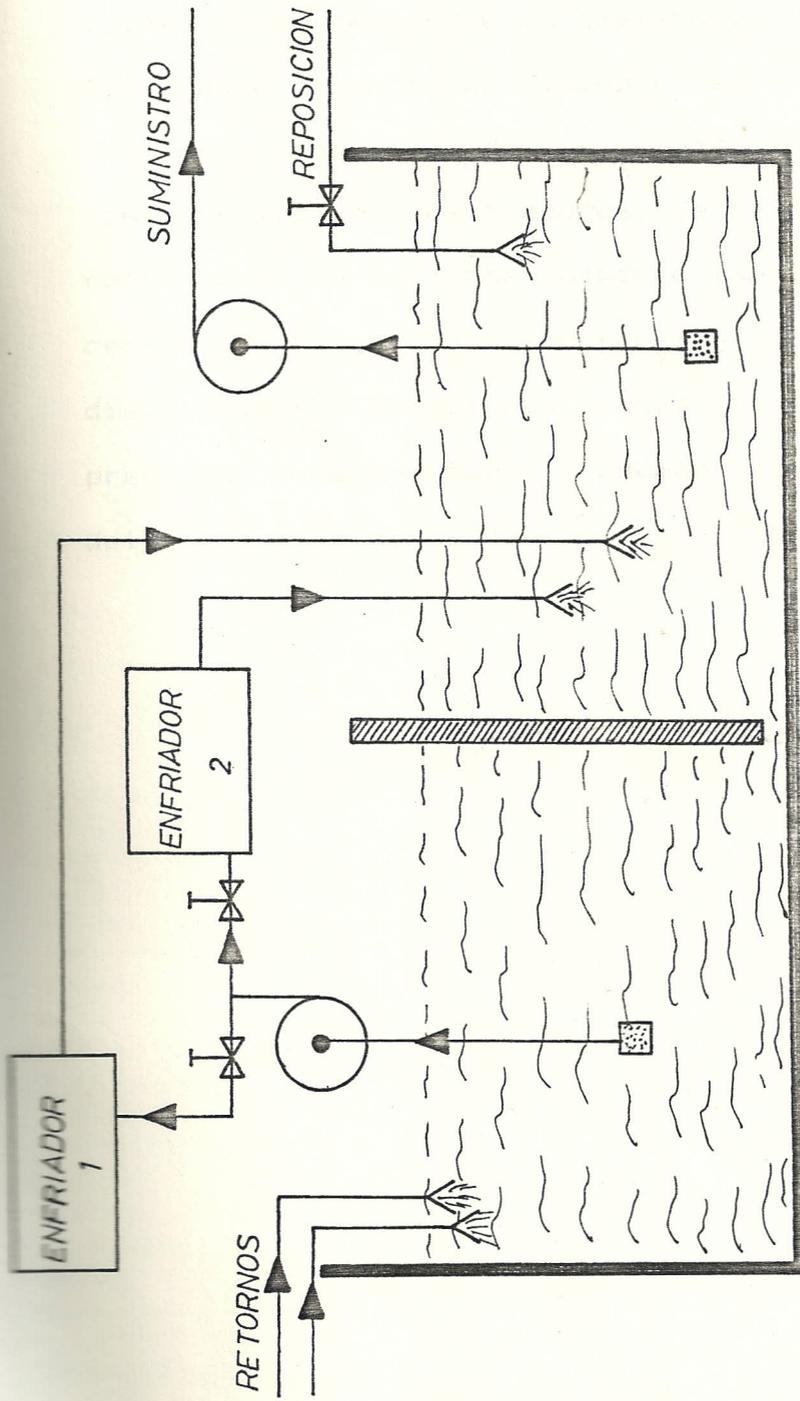


Fig.- 3. 2. b CAMARAS DEL ACUMULADOR DE AGUA FRIA

él mismo que llega a cada una de las inyectoras y se las dispone con tomas de tubería de 1/2", reguladas con llaves de paso, de acuerdo a las necesidades del molde, luego retorna a la cisterna.

El segundo circuito destinado al enfriamiento de los aceites hidráulicos de las inyectoras, el mismo que pasa por los intercambiadores de calor, para luego retornar a la cisterna formando también un circuito cerrado. Estos dos circuitos parten de un distribuidor principal donde se verifican las presiones y temperaturas, además de la regulación del flujo en cada línea.

CAPITULO IV

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

4.1. CALCULO DE REQUERIMIENTO

Para la selección de equipos de enfriamiento de agua, bombas hidráulicas y dimensiones de tuberías; me basé en recomendaciones de los fabricantes de las máquinas inyectoras, en cuanto al flujo y temperatura de enfriamiento del agua que debe circular por los intercambiadores de calor de cada inyectora en parámetros de trabajo de los diferentes moldes que recomiendan los catálogos y experiencias acumuladas, etc.

En la tabla 1 puede observarse los flujos de agua fría y las temperaturas iniciales recomendadas por los fabricantes de las inyectoras.

MAQUINAS	CAUDAL Ltrs/min	TEMPERATURAS °C
IMI-500	40	25
IMI-3000	70	25
IMI-5000	70	25
REED-1300	50	25
REED-2500	50	25
SOPLADORA	10	25
BOY-50T	10	25
BATTENFELD	10	25
MOLINO #1	5	25
MOLDES	115	25
TOTAL	430	

TABLA 1.- FLUJOS DE AGUA FRÍA, TEMPERATURA INICIALES RECOMENDADAS POR EL FABRICANTE.

Por lo tanto el caudal total que se requiere en planta es de 430 ltrs/min = 114 GPM.

En cuanto a la temperatura de trabajo de los aceites hidráulicos recomiendan que sea de 40 a 45 °C, lo que significa una temperatura de 30 °C en el agua de retorno.

DATOS PARA EL CALCULO DE REQUERIMIENTO

$Q_t = 114 \text{ GPM}$

$T_e = 25 \text{ °C}$

$T_s = 30 \text{ °C}$

FORMULA PARA EL CALCULO DE CARGA

$q = \text{GPM} (T_s - T_e) 15$

donde:

q = Carga de refrigeración en BTU/min

Q_t = Caudal total requerido en GPM

T_s = Temperatura de retorno de agua de enfriamiento, °C.

T_e = Temperatura de entrada de agua de enfriamiento, °C.

15 = Factor de conversión

CALCULO DE CARGA

Reemplazando en la formula anterior:

$q = 8550 \text{ BTU/min}$

$q = 42.8 \text{ Ton de ref.}$

Esta es la carga de refrigeración total que necesitamos en nuestro requerimiento, por lo tanto podemos determinar nuestros equipos de

refrigeración.

4.2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

Actualmente disponemos de una torre de enfriamiento de capacidad de 0.39 Ton de ref., con un flujo de 275 ltr/min que se encuentra en funcionamiento.

También disponemos de un enfriador tipo MK-60T de condensador enfriado por aire, con una capacidad de enfriamiento de 20 toneladas de refrigeración a un flujo de 240 ltr/min.

Por otro lado tenemos un enfriador tipo MK-36T de condensador enfriado por aire, de capacidad de enfriamiento de 15 ton de ref., a un flujo de 160 lts/min, en mal estado.

Si reparamos este enfriador, nuestro equipo de enfriamiento será suficiente para la capacidad de 45 ton de ref., que solamente con los dos enfriadores cubriríamos el total requerido. Además con la ayuda del acumulador de agua fría que receipta un volumen de 4200 galones; obtendríamos por lo tanto 2000 galones aproximadamente de agua fría acumulada a 24°C listos para bombear a la planta.

4.3. REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCION

Un paso importante dentro del sistema de enfriamiento de agua en ésta empresa, es rediseñar la red de distribución, la misma que se realizó de

la siguiente manera, de la cámara del acumulador de agua fría succiona una bomba hacia un distribuidor principal del cual salen cuatro ramales; para enfriamiento de moldes y aceites hidráulicos.

Los cuatro ramales principales tienen llaves de paso con la finalidad de independizar cada uno de los circuitos para el caso de mantenimiento en cualquiera de las líneas o simplemente que no trabaje las inyectoras en una de las secciones. Más detalladamente lo observaremos en los planos 1 y 2.

Como nuestras instalaciones necesitan un caudal de agua de 114 GPM aproximadamente, para los dos circuitos de enfriamiento, éste es un dato importante para dimensionar nuestra red de enfriamiento de agua, como también para seleccionar las bombas.

A continuación realizamos los pasos de la selección del diámetro de la tubería y selección de bombas.

1.- Datos para el cálculo

$$Q_t = 114 \text{ GPM}$$

$$H_{ss} = 0.6 \text{ mts}$$

$$H_{sd} = 2.0 \text{ mts}$$

$$L = 149.0 \text{ mts}$$

$$AET = H_{ss} + H_{sd}$$

$$AET = 2.6 \text{ mts}$$

2.- Selección del diámetro de la tubería

Para el caso de enfriamiento de los aceites

hidráulicos de las máquinas se lo seleccionó de acuerdo al diámetro de suministro y retorno del agua de enfriamiento que indican los intercambiadores de calor de cada máquina.

Para el caso de las tuberías principales, al menos que el costo inicial limite la selección, la pérdida de altura por fricción no debe ser mayor a un 20% de la altura estática total.

La altura estática total es de 2.6 mts, por lo tanto el 20% es 0.52 mts, siendo ésta la pérdida máxima recomendable; al dividir por la longitud de la tubería y multiplicar por 100 encontramos el porcentaje máximo de pérdida recomendable, es decir:

$$0.52/72 * 100 = 0.72 \text{ mts}/100\text{mts}$$

Con $Q_t = 114 \text{ GPM}$ y de la tabla 2 obtenemos:

TUBERIA	PERDIDA	PERDIDA X FACTOR DE C
1 1/2"	144.0mts/100mts	$\times 1.0 = 144.0\text{mts}/100\text{mts}$
2"	24.7mts/100mts	$\times 1.0 = 24.7\text{mts}/100\text{mts}$

Podemos observar que la tubería de 2" nos da pérdidas más cercanas al máximo recomendable para este caudal requerido. Por consiguiente seleccionamos la tubería galvanizada de 2" de diámetro que instalaremos en las líneas principales, tanto en el enfriamiento de moldes

como en el enfriamiento de los aceites hidráulicos.

3.- Cálculo de las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios,

Las pérdidas en tuberías son fuerzas que se oponen a que un líquido se movilice por un tubo. Básicamente esas fuerzas están estrechamente relacionadas con la viscosidad del líquido, las condiciones de rugosidad del tubo, del diámetro del tubo, de la cantidad de líquido que está pasando por él, de los accesorios colocados, etc.

La fricción da como resultado una pérdida de la presión del líquido que está pasando por el tubo.

A continuación mostramos los cálculos:

CALCULOS DE PERDIDAS EN TUBERIAS

Sección #1 para enfriamiento de aceite

Máquina sopladora HAYSSEN

$$Q_c = 10 \text{ lts/min} = 1.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$L = 2.95 \text{ mts}$$

$$D = 0.0381 \text{ mts}$$

$$g_c = 9.8 \text{ m/seg}^2$$

$$\delta_{H_2O} = 999 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Gamma_{H_2O} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ Kg/m-seg}$$

$$\frac{P_A}{\delta} + \alpha_A \frac{V_A^2}{2} + g Z_A = \frac{P_B}{\delta} + \alpha_B \frac{V_B^2}{2} + g Z_B + h_{LT}$$

$$Z_A \approx Z_B$$

$$V_A = V_B$$

$$a_A \approx a_B$$

$$h_{LT} = h_L + h_{Lm}$$

Flujo incompresible: $h_{Lm} = 0$

$$\Delta P = P_A - P_B = f (L/D) \rho (V^2/2)$$

$$\Delta P = f (L/D) (\rho/2) (4Q/\pi D^2)^2$$

$$\Delta P = 8fL\rho Q^2/\pi^2 D^5$$

Número de Reynolds

$$Re = \rho V D/\mu = V D/\Gamma = (4Q/\pi D^2)(D/\Gamma)$$

$$Re = (4Q)/(\pi \Gamma D)$$

donde:

Re = Número de Reynolds

V = Velocidad del fluido

D = Diámetro de la tubería

ρ = Densidad del fluido

μ = Viscosidad del fluido

h_L = Pérdidas mayores

f = Coeficiente de rozamiento

Γ = Viscosidad cinemática

L = Longitud de tubería

gc = Gravedad específica

ϵ = Rugosidad de la tubería

ϵ/D = Rugosidad relativa

Q = Caudal

De la figura 4.1, obtenemos para H_2O a $20^\circ C$:

$$\Gamma = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$$

$$Re = (4Q)/(\pi fD) = 55.47 \times 10^2$$

$$Re = 5.547 \text{ (Flujo turbulento)}$$

De la figura 4.2, encontramos $\epsilon/D = 0.0045$

De la figura 4.3, tenemos $f = 0.037$

$$\Delta P = 8fL\delta Q^2/\pi^2 D^5$$

$$\Delta P = 3.0952 \text{ Kg/m}^2$$

$$hL = \Delta P/\delta$$

$$hL = 0.003098 \text{ mts.}$$

MATERIALES	CANT.	LONG. EQUIV.	TOTAL mts.
Codo 90° x 1 1/2"	1	0.60	0.60
Válv. comp. 1 1/2"	1	0.29	0.29
Tee reduc. 2"-1 1/2"	1	1.40	1.40

Longitud equivalente de accesorios obtenida de la figura 4.4.

$$hLT = (0.003098 + 2.29) \text{ mts.}$$

$$hLT = 2.29309 \text{ mts.}$$

Máquina inyectora BATTENFEL

$$Q = 1.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$L = 3.70 \text{ mts}$$

$$D = 0.0254 \text{ mts}$$

$$g_c = 9.8 \text{ m/seg}^2$$

$$\delta_{H_2O} = 999 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Gamma_{H_2O} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ Kg/m-sec}$$

Como para todos los casos siguientes la aplicación de la Ecuación de Bernoulli es igual y las asunciones también, solo aplicaremos las fórmulas deducidas.

Número de Reynolds

$$Re = (4Q)/(\pi D)$$

$$Re = 6321 \text{ (Flujo turbulento)}$$

De figura 4.2:

$$\epsilon/D = 0.006$$

De figura 4.3, con ϵ/D y Re :

$$f = 0.038$$

Obtenemos:

$$\Delta P = 8fL\delta Q^2/\pi^2 D^5$$

$$\Delta P = 0.003028 \text{ Kg/m}^2$$

$$HL = \Delta P/\delta$$

$$HL = 0.0303 \text{ mts}$$

$$HL = 0.06062 \text{ mts}$$

MATERIALES	CANT.	LONG. EQUIV.	TOTAL
			mts.
Codo 90° x 1	2	0.76	1.52
Válv. comp. 1" (TA)	1	0.17	0.17
Tee reduc. 2"-1"	2	0.80	1.60
TOTAL		1.73	3.29

$$HLT = 0.06062 \text{ mts} + 3.29 \text{ mts}$$

$$HLT = 3.3506 \text{ mts}$$

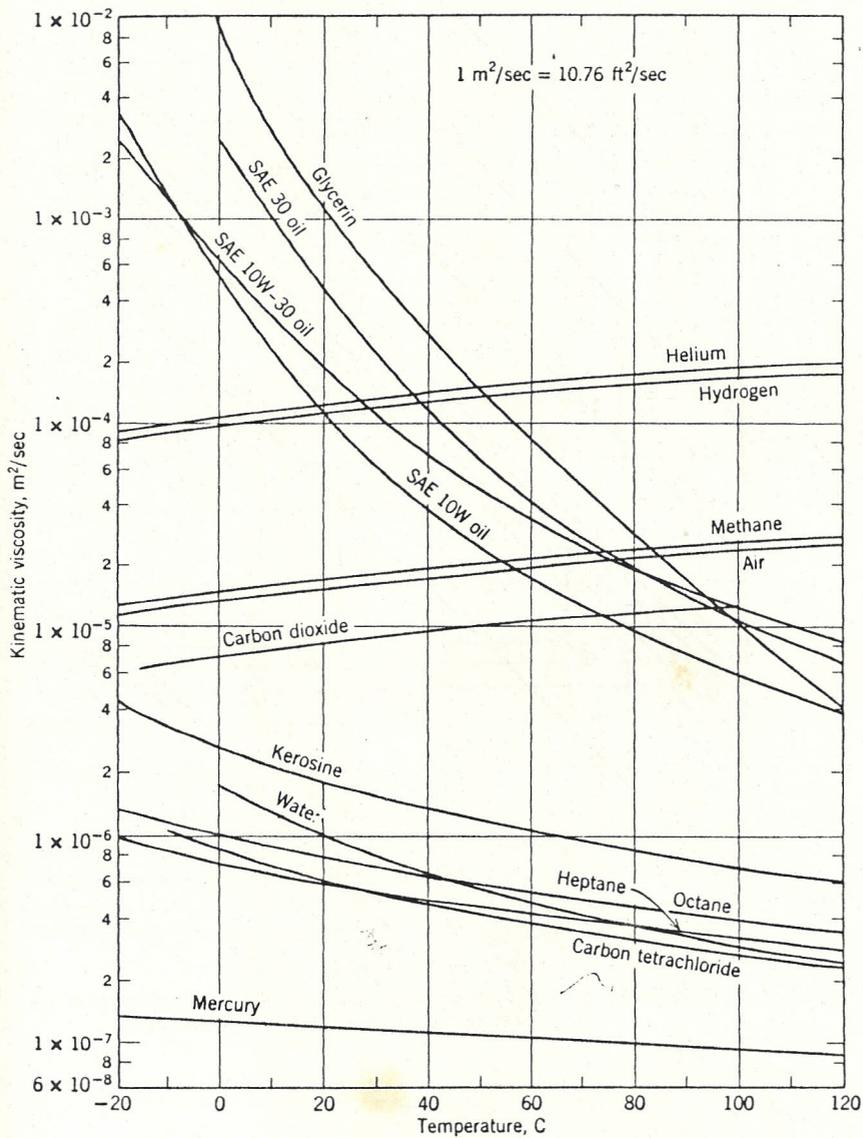


Fig. A.3 Kinematic viscosity of common fluids (at atmospheric pressure) as a function of temperature (data from Refs. 1, 5 and 9).

Espanol

Fig. 4.1

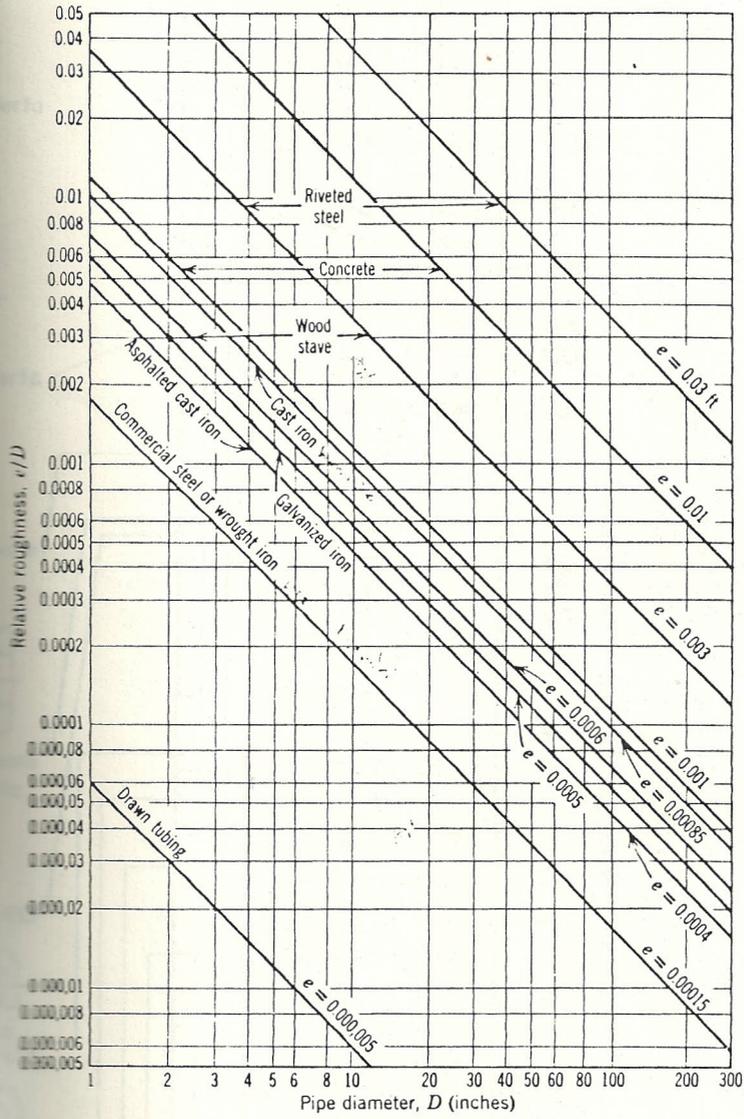
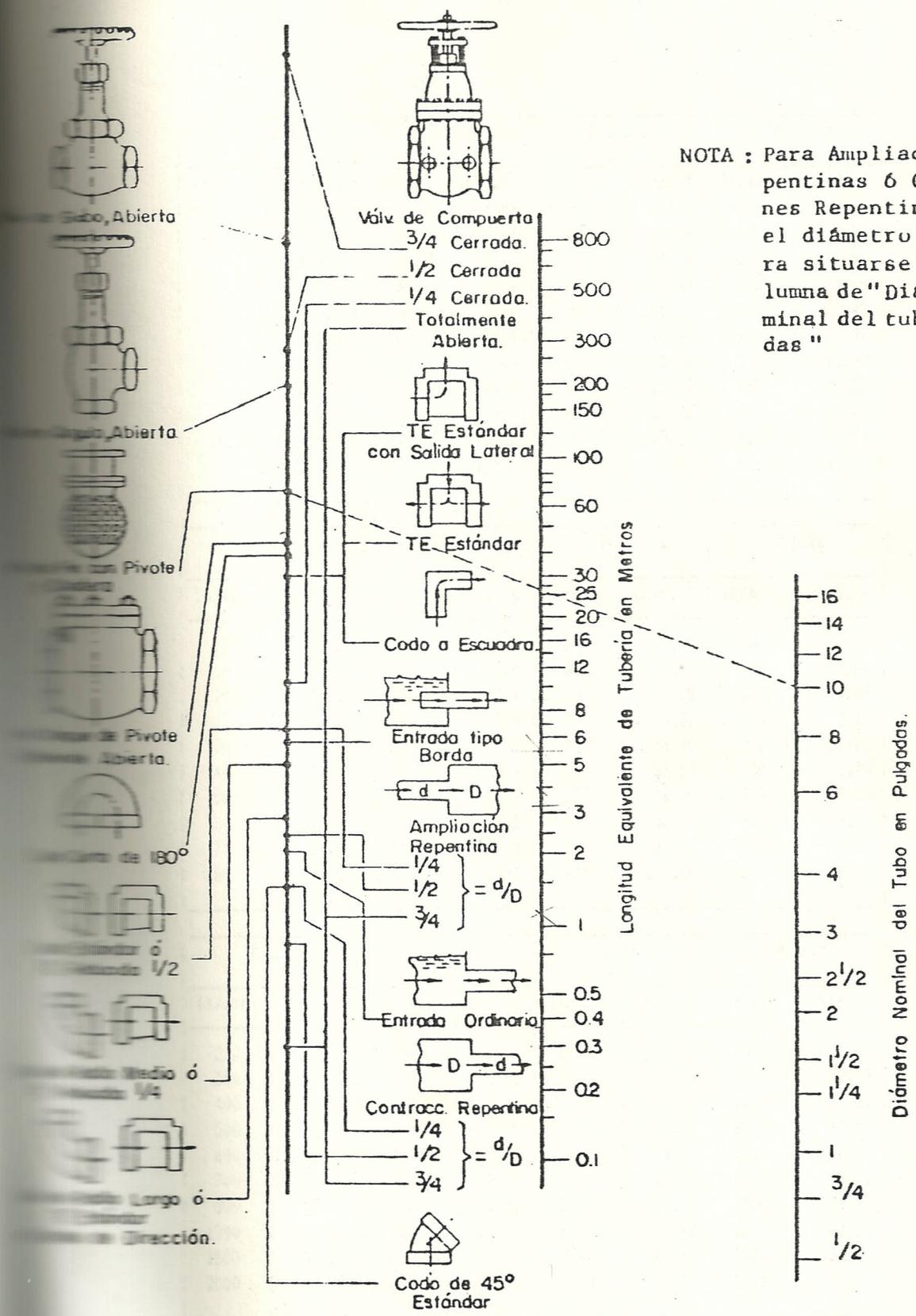


Fig. 8.13 Relative roughness values for pipes of common engineering materials (data from Ref. 1, used by permission).

Fig. 4.2

Handwritten signature

FIGURA 2



NOTA : Para Ampliaciones Repentinias 6 Contracciones Repentinias, use el diámetro menor para situarse en la columna de "Diámetro Nominal del tubo en pulgadas"

FIGURA 2 DIFERENTES ACCESORIOS Y SU EQUIVALENCIA EN TUBERIA RECTA

1/4 pulg		3/8 pulg		1/2 pulg		3/4 pulg	
lt/min	perd. %						
2	8.16	3	4.3	4	1.34	8	1.93
3	18.80	4	5.5	6	4.44	10	2.91
4	28.50	6	13.8	8	7.57	12	4.08
5	45.50	8	23.4	10	11.40	14	5.42
6	67.90	10	35.4	12	16.00	16	6.94
7	89.10	12	49.6	14	21.30	20	11.60
8	114.00	14	75.3	16	27.30	24	17.20
9	142.00	16	96.9	18	37.60	30	25.00
10	173.00	19	134.0	20	45.20	40	41.50
11	206.00	23	179.0	22	57.80	50	61.50

1 pulg		1 1/4 pulg		1 1/2 pulg		2 pulg	
lt/min	perd. %	lt/min	perd. %	lt/min	perd. %	lt/min	perd. %
12	1.26	26	1.6	50	2.38	80	1.70
16	2.14	30	2.0	60	3.47	100	2.61
20	3.57	40	3.4	80	5.75	140	4.99
24	5.34	50	5.0	100	8.82	180	7.71
30	7.73	60	7.3	140	16.40	220	11.00
40	12.90	70	9.6	180	26.50	300	15.70
50	19.10	90	15.4	220	37.60	380	19.50
60	27.90	110	22.2	300	66.60	460	24.70
70	36.60	130	30.0	380	103.00	580	64.70
80	46.20	150	39.1	460	144.00	660	86.00

3 pulg		4 pulg		6 pulg		8 pulg	
lt/min	perd. %						
220	1.82	500	2.00	1200	1.47	3000	1.97
300	3.22	600	2.97	1600	2.49	3500	2.59
400	5.46	700	3.84	2000	3.68	4000	3.27
500	8.09	800	4.86	2400	5.23	5000	7.12
600	11.90	1000	7.45	3000	8.00	6000	11.80
700	15.60	1200	10.60	4000	13.30	10000	18.10
800	19.70	1600	17.50	5000	20.30	12000	25.40
1000	30.30	2000	26.50	6000	28.90	16000	43.50
1500	64.70	3000	57.60	8000	47.80	20000	65.40
2000	107.00	4000	95.50	10000	72.20	24000	91.60

TABLA 2.- PERDIDAS POR FRICCIÓN DE LIQUIDOS CON VISCOSIDADES DE 1.13 CS (31.5 SSU) COMO EL CASO DEL AGUA A 16°C.

En las tablas 3, 4, 5 y 6 se muestran los cálculos de pérdidas totales y caída de presión.

4.- Cálculo de la altura dinámica total

Altura dinámica total = alt. estát. total +
pérdidas totales

$$ADT = (H_{ss} + H_{sd}) + H_{lmt}$$

$$ADT = (0.60 + 2.00) + 65.93$$

$$ADT = 2.60 + 65.93$$

$$ADT = 68.53 \text{ mts.}$$

5.- Definición del tipo de bomba

Por tratarse de una altura dinámica total alta, y un caudal considerado entre medio y bajo, seleccione una bomba centrífuga con rotor de flujo radial.

Con los datos de altura dinámica total = 68.53 mts. y con el caudal de 114 GPM, en la figura 4.5 (b) podemos determinar la potencia de la bomba, correspondiendo a una bomba centrífuga de 7.5 HP, de 3500 RPM, con una succión de 2" de diámetro y una descarga de 1 1/2" de diámetro, rotor de 8" perteneciente al grupo (s), modelo 3656, marca Goulds, trifásica, 230 voltios.

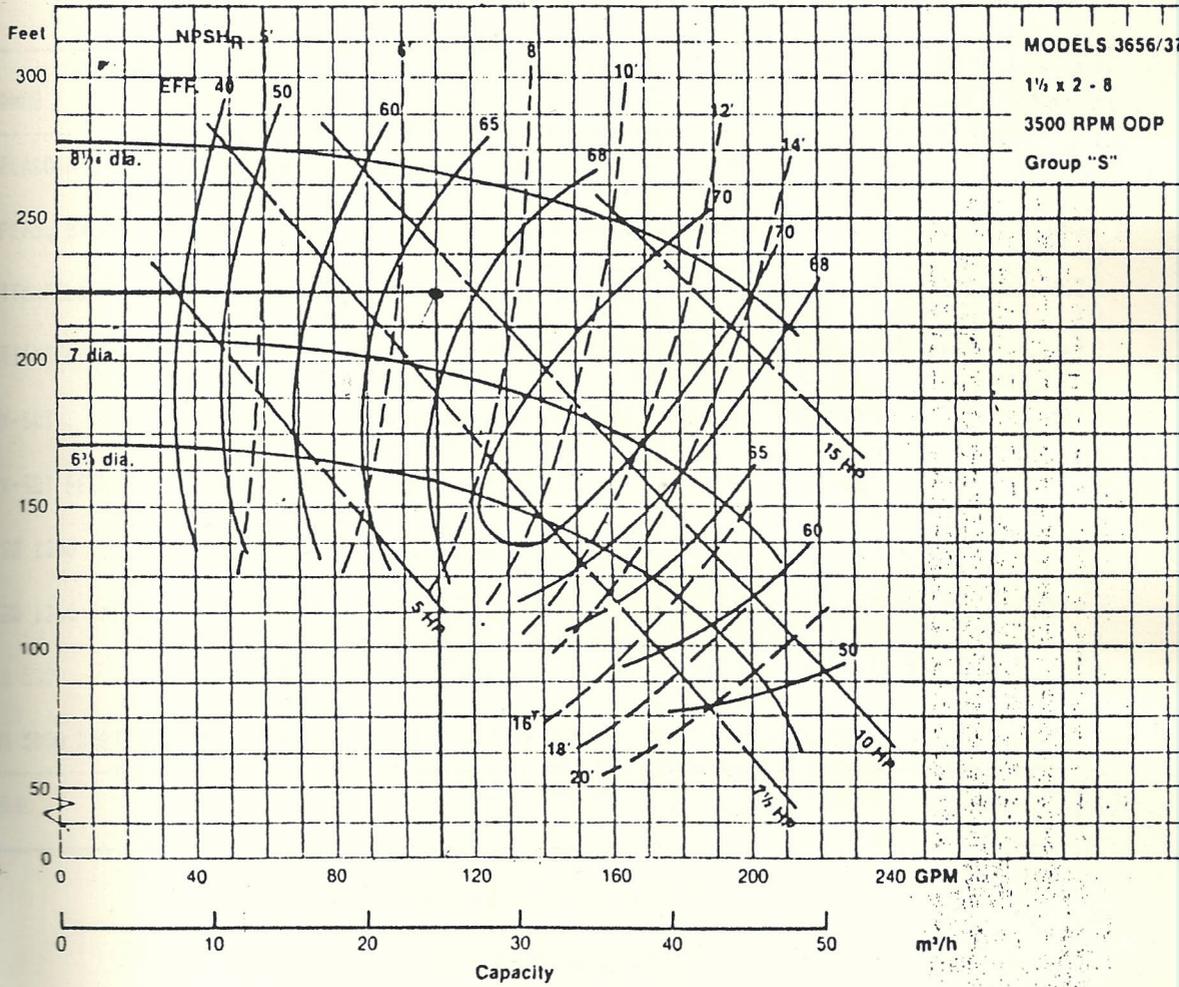


FIG. 4.5.- CURVAS DE CABEZAL DINAMICO TOTAL Vs. CAPA
CIDAD

TRAMOS	PARAMETRO:	Q (m ³ /seg)	L (mts)	D (mts)	Re	ϵ/D	F	P (kg/m ²)	hL (mts)
SOPLADORA		11.66×10^{-4}	2.95	0.0381	10.25×10^4	0.0045	0.0370	3.0952	2.2931
SOPLAD. BATTENFELD		11.66×10^{-4}	1.25	0.0508	10.40×10^4	0.0030	0.0340	0.2859	0.0003
BATTENFELD		11.66×10^{-4}	3.70	0.0254	10.80×10^4	0.0060	0.0380	25.5	1.7603
BATTENFELD BOY-SOT		13.33×10^{-4}	4.70	0.0508	10.83×10^4	0.0070	0.0328	4.16055	0.0042
BOY-SOT		11.66×10^{-4}	2.06	0.0254	10.83×10^4	0.0060	0.0380	16.86	1.7468
BOY-SOT REED 1300		15.00×10^{-4}	2.28	0.0508	11.2×10^4	0.0030	0.0325	4.5086	0.0045
REED 1300		18.33×10^{-4}	1.75	0.0254	10.42×10^4	0.0060	0.0320	303.69	2.7940
REED 1300 IMI 5000		13.33×10^{-4}	2.93	0.0508	13.3×10^4	0.0030	0.0300	38.0076	0.3804
IMI 5000		11.66×10^{-4}	12.50	0.0381	13.8×10^4	0.0045	0.0320	559.77	3.4503
IMI 5000 DISTRIBUI		25.00×10^{-4}	5.28	0.0508	15×10^4	0.0030	0.0380	225.67	2.0959
TOTAL									14.5293

TABLA 3.- ENFRIAMIENTO DE ACEITES HIDRAULICOS EN LAS MAQUINAS

CALCULO DE PERDIDAS

PARAMETRO	Q (m ³ /seg)	L (mts)	D (mts)	Re	ϵ/D	f	P (kg/m ²)	hL (mts)
IMI 500	16.66 x 10 ⁻⁴	5.30	0.0381	12.2 x 10 ⁴	0.0045	0.0340	82.264	0.9723
REED 2500	18.33 x 10 ⁻⁴	7.40	0.0254	10.42 x 10 ⁴	0.0060	0.0340	1.3645	3.7755
REED 2500 IMI 3000	15.00 x 10 ⁻⁴	5.00	0.0508	13.7 x 10 ⁴	0.0030	0.0290	79.682	0.3598
IMI 3000	11.66 x 10 ⁻⁴	1.00	0.0381	13.9 x 10 ⁴	0.0045	0.0320	44.777	3.7348
IMI 3000 DISTRIBUI	26.66 x 10 ⁻⁴	13.63	0.0508	16.7 x 10 ⁴	0.0030	0.0250	662.498	7.0930
TOTAL								15.9360

TABLA 4.- ENFRIAMIENTO DE ACEITES HIDRAULICOS EN LAS MAGUINAS

CALCULO DE PERDIDAS

PARAMETRO	Q (m ³ /seg)	L (mts)	D (mts)	Re	ε/D	F	F (kg/m ²)	hL (mts)
SOPLADORA	11.66 x 10 ⁻⁴	3.70	0.0254	10.80x10 ⁴	0.0060	0.0380	30.281	2.5203
SOPLAD. BATTENFELD	11.66 x 10 ⁻⁴	1.39	0.0508	10.41x10 ⁴	0.0030	0.0290	0.271	0.0005
BATTENFELD	10.833 x 10 ⁻⁴	2.65	0.0254	10.41x10 ⁴	0.0060	0.0385	5.533	2.4960
BATTENFELD BOY-SOT	12.50 x 10 ⁻⁴	4.89	0.0508	10.62x10 ⁴	0.0030	0.0340	2.538	0.0025
BOY-SOT	10.833 x 10 ⁻⁴	3.00	0.0254	10.41x10 ⁴	0.0060	0.0380	6.182	1.7362
BOY-SOT REED 1300	13.33 x 10 ⁻⁴	2.55	0.0508	10.83x10 ⁴	0.0030	0.0330	2.279	0.0023
REED 1300	11.66 x 10 ⁻⁴	5.17	0.0351	10.55x10 ⁴	0.0045	0.0360	5.278	3.4353
REED 1300 IMI 5000	15 x 10 ⁻⁴	4.50	0.0508	11.2 x10 ⁴	0.0030	0.0330	9.068	0.0091
IMI 5000	15 x 10 ⁻⁴	7.40	0.0381	11.6 x10 ⁴	0.0045	0.0350	66.634	3.4967
IMI 5000 MGLINO	110.00 x 10 ⁻⁴	1.98	0.0508	12.5x 10 ⁴	0.0030	0.0310	14.993	0.0150
MGLINO	10.83 x 10 ⁻⁴	2.00	0.0254	10.41x10 ⁴	0.0060	0.0380	4.122	2.4941
MGLINO DISTRIBUIDO	10.83 x 10 ⁻⁴	1.37	0.0508	12.7x 10 ⁴	0.0030	0.0300	11.775	3.4018
TOTAL								19.6094

TABLA 5.- ENFRIAMIENTO DE MOLDES EN CADA MAQUINA

CALCULO DE PERDIDAS

PARAMETRO	Q (m ³ /seg)	L (mts)	D (mts)	Re	ϵ/D	F	F (kg/m ²)	hL (mts)
STRAMOS								
UNI 500	11.66×10^{-4}	4.50	0.0254	10.8×10^4	0.0060	0.0380	36.8275	1.7469
UNI 500 REED 2500	11.66×10^{-4}	3.75	0.0381	10.55×10^4	0.0045	0.0370	3.9346	0.0039
REED 2500	13.33×10^{-4}	5.80	0.0254	11.70×10^4	0.0060	0.0360	180.959	2.6312
REED 2500 UNI 3000	15.00×10^{-4}	10.27	0.0508	11.30×10^4	0.0030	0.0330	20.52	1.8205
UNI 3000	14.166×10^{-4}	1.80	0.0381	11.40×10^4	0.0045	0.0350	11.253	2.3013
UNI 3000 DISTRIBUIDOR	19.166×10^{-4}	7.89	0.0508	12.30×10^4	0.0030	0.0310	51.013	2.4801
DISTRIBUIDOR	171.66×10^{-4}	0.65	0.1016	18.90×10^4	0.0016	0.0235	5.9858	0.0059
DISTRIB. BOMBA	171.66×10^{-4}	2.00	0.0508	12.00×10^4	0.0030	0.0235	589.469	0.8701
								15.8601

TABLA 2.- ENFRIAMIENTO DE HOLDES EN MAQUINAS

CALCULO DE PERDIDAS

é.- Cálculo de la carga de succión positiva neta (NPSH).

Otro parámetro importante en la selección de una bomba hidráulica es el cabezal neto positivo de succión, el mismo que nos indica una medición de las condiciones de succión de la bomba, en otras palabras es la presión absoluta expresada en altura del líquido considerado, en el diámetro de entrada de la bomba menos la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. Se deben considerar dos clases de NPSH:

NPSH)d DISPONIBLE: que es la presión de que se dispone una vez que se ha tenido en cuenta todos los factores (alturas) de una instalación.

NPSH)r REQUERIDO: que es la presión mínima que necesita la bomba para operar con éxito, o sea sin cavitación.

Entonces siempre se debe cumplir:

$$\text{NPSH)d DISPONIBLE} \geq \text{NPSH)r REQUERIDO}$$

Como dijimos el NPSH)d DISPONIBLE depende de la instalación, y el NPSH)r REQUERIDO es el que el fabricante normalmente grafica en las curvas de las bombas.

$$\text{NPSH DISP.} = \text{Pres. Atmosf.} - H_{es} - H_{PFS} - H_{PVL}$$

Presión atmosf. = 10.33 mts. agua

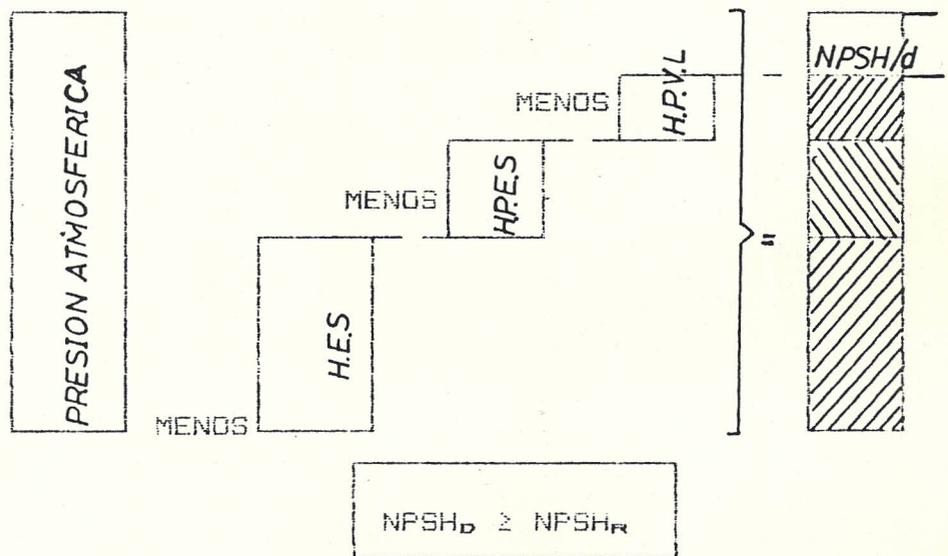
H_{es} = Altura estática de succión

H_{PFS} = Altura de pérdidas por fricción en

succión

HPVL = Altura equivalente a la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (TABLA 7)

Si deseamos una forma gráfica de entender el término NPSH_d en una instalación, es la siguiente:



Cuando esta relación no se cumple se presenta la CAVITACION, fenómeno que consiste en que el líquido que está llegando al punto de succión de la bomba llega con una presión tan baja que se evapora muy fácilmente formando bolsas de vapor o cavidades en el líquido que está entrando. Estas bolsas de vapor al pasar de una bajísima presión a una presión muy alta en un tiempo muy pequeño, aplasta violentamente provocando ruido, descenso en las características de la bomba, desgarradura de metal de los álabes y paredes del rotor, etc.

TEMPERATURA (°C)	PRESSION DE VAPOR SATURADO (psia)	ALTURA EQUIV. (nt/cm2)	DENSIDAD (m H2O)	IVISC. CINEM. (gr/cm3)	(cs)
0	0.089	0.0611	0.0623	0.9998	1.79
5	0.126	0.0869	0.0886	1.0000	1.52
10	0.178	0.1230	0.1250	0.9998	1.31
15	0.247	0.1700	0.1730	0.9992	1.14
20	0.339	0.2340	0.2390	0.9983	1.00
25	0.461	0.3180	0.3250	0.9971	0.88
30	0.610	0.4210	0.4310	0.9958	0.80
35	0.815	0.5620	0.5760	0.9941	0.72
40	1.150	0.7940	0.8150	0.9931	0.69
45	1.470	1.0100	1.0400	0.9910	0.61
50	1.890	1.1700	1.2100	0.9886	0.57
55	2.220	1.5300	1.5600	0.9860	0.51
60	2.900	2.0000	2.0700	0.9832	0.47
65	3.720	2.5700	2.6700	0.9810	0.44
70	4.740	3.2700	3.4000	0.9793	0.43
75	5.790	3.4000	3.5500	0.9771	0.41
80	6.250	4.3100	4.4900	0.9737	0.38
85	8.530	5.6900	5.9800	0.9703	0.36
90	9.340	6.4400	6.7900	0.9666	0.31
95	11.600	8.0000	8.4700	0.9628	0.31
100	14.700	10.1000	10.7000	0.9589	0.29
105	17.200	11.9000	12.7000	0.9549	0.29
110	20.800	14.4000	15.4000	0.9507	0.29
115	25.000	17.3000	18.2000	0.9464	0.29
120	29.800	20.6000	22.3000	0.9420	0.24

TABLE 7.- PRESION DE VAPOR, DENSIDAD Y VISCOSIDAD PARA AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS.

CALCULO DE CARGA DE SUCCION POSITIVA NETA

En la succión de la bomba

$$L = 1 \text{ mt}$$

$$Q = 71.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{min}$$

$$D = 0.0508$$

$$Re = (4Q)/(\pi D)$$

$$Re = 2 \times 10^5$$

$$\frac{P1}{\delta} + \alpha \frac{V1^2}{2} + g Z1 = \frac{P2}{\delta} + \alpha \frac{V2^2}{2} + g Z2 + hL$$

$$V1 = V2 \text{ (Flujo incompresible).}$$

$$\delta = \text{cte}$$

$$E/D = 0.003$$

$$f = 0.0235$$

$$\Delta P/\delta = g(Z2-Z1) + hL$$

$$\Delta P = \delta g h + hL \delta$$

$$\Delta P = (\delta/gc) [gch + (fLQ^2/\pi^2 D^5)]$$

$$\Delta P = \delta h + (fLQ^2\delta/\pi^2 D^5 gc)$$

$$\Delta = 894.13 \text{ Kg/m}^2$$

$$hL = \Delta P/\delta$$

$$hL = 0.895 \text{ mts}$$

MATERIALES	CANT.	LONG. EQUIV.	TOTAL
			mts.
Codo 90° x 2"	1	1.52	1.52
Válv. canastilla	1	3.81	3.81
TOTAL			5.33

$$hL = (0.895 + 5.33) \text{ mts}$$

$$hL = 6.225 \text{ mts}$$

$$\begin{aligned} \text{NPSH}_D &= \text{Presión AT} - \text{Hes} - \text{HPF}_s - \text{HPVL} \\ &= 10.33 - 0.60 - 6.225 - 0.325 \\ &= 3.18 \text{ mts} = 10.4 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{NPSH}_D \geq \text{NPSH}_R$$

NPSH_R es 7 ft de la figura 4.5.

CAPITULO V

CONSTRUCCION Y MONTAJE

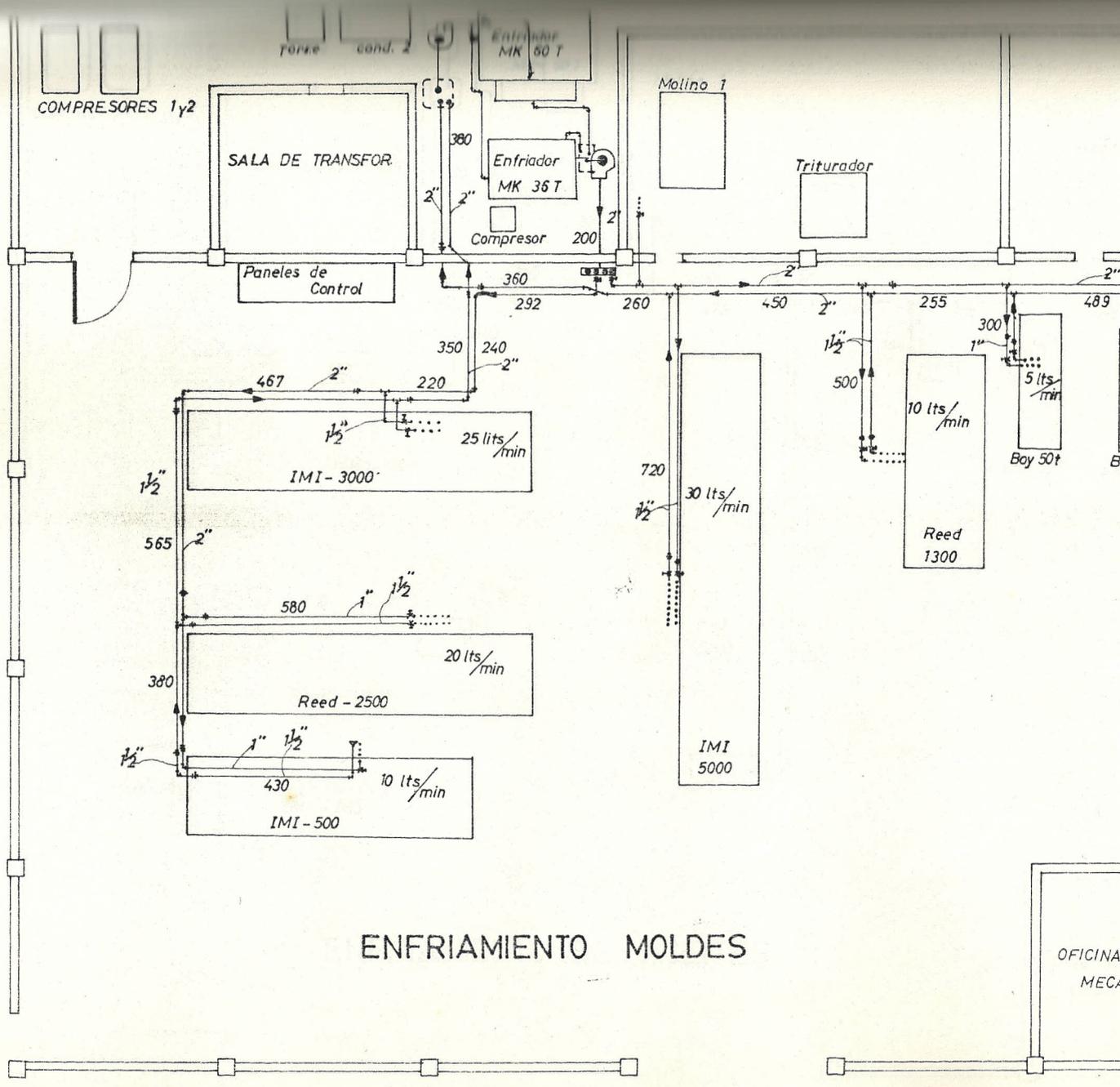
5.1. INSTALACION DE LA RED DE ENFRIAMIENTO DE AGUA

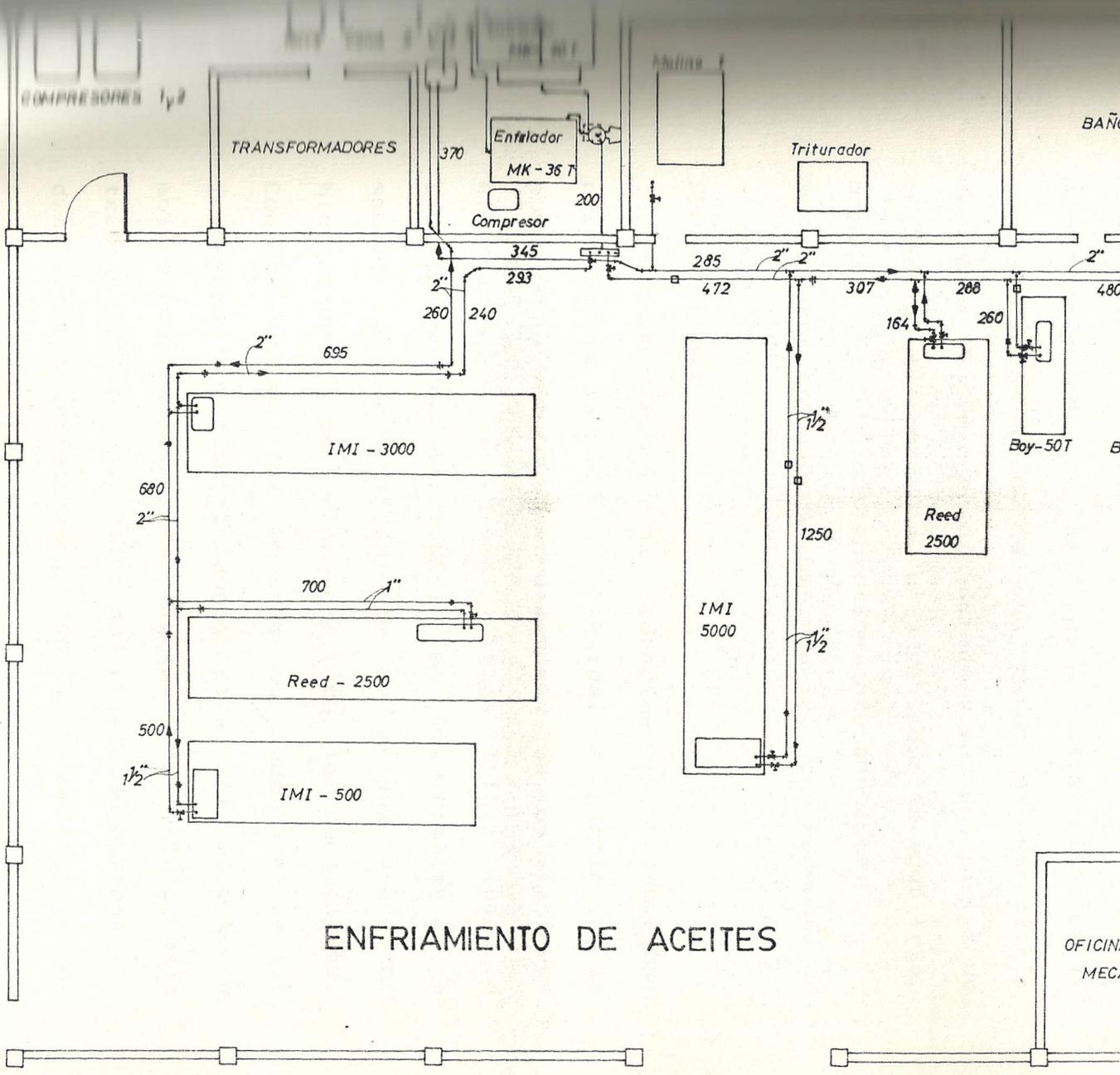
Una vez seleccionados los diámetros de las tuberías tanto principales como secundarios para cada máquina y con ayuda de los planos 1 y 2, se determinó la longitud de tubería en los diámetros estipulados para cada caso, tanto de suministro como de retorno. Además de los distintos accesorios a utilizar; cabe indicar que de las instalaciones anteriores, se pudo reutilizar ciertos accesorios y la tubería misma que estaba en mejores condiciones.

A continuación detallo la lista de materiales a utilizarse en esta instalación.

ITEM	NOMBRE	DESIGNACION DEL DIAMETRO			
		2"	1 1/2"	1"	1/2"
1	Codos 90°	24	27	27	-
2	Valv. comp.	4	11	10	45
3	Nudos	7	8	2	4
4	Unión Univ.	17	15	14	20
5	Tees	26	4	-	5
6	Codos 45°	4	6	-	-
7	Red. a 1"	11	3	-	-
8	Red. a 1 1/2"	17	-	-	-
9	Tubo galv.	14	10	7	2
	Ced. 40 (6mts)				

En la instalación de la red se dividió el trabajo en





ENFRIAMIENTO DE ACEITES

OFICINA
MECA

dos partes:

PRIMERA PARTE

Preparación de los materiales, el mismo que consistió en cortar los tubos de acuerdo a las necesidades estipuladas en los planos, y confeccionar el roscado en cada extremo, además construcción del distribuidor principal, construcción de una base para instalación de la bomba, construcción de una pared de refractario dentro de la cisterna dividiendola en dos partes de tal forma de construir un acumulador de agua fría, bajo las indicaciones anteriormente anotadas.

Todos estos trabajos se los realizó con personal de la misma planta.

SEGUNDA PARTE

Instalación misma de tuberías y accesorios; primeramente la tubería principal a partir de la bomba una vez que se realizaron las instalaciones eléctricas de la misma (figura 5.1a), luego la instalación de la tubería en los ramales de la sección #1 de enfriamiento de moldes y aceites hidráulicos, posteriormente de la sección #2. Concluyendo con los empates en cada una de las inyectoras y distribuidores para enfriamiento de moldes como indican las figuras 5.1b y 5.1c, este trabajo se fue desarrollando en etapas durante los días feriados y festivos, con la finalidad de no

interrumpir las producciones en las máquinas.

Además estos trabajos se realizaron con personal contratado. Las dos partes de la instalación de la red se la realizó bajo nuestra dirección técnica.

5.2. INSTALACION Y MONTAJE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Como el sistema de enfriamiento para este caso está formado por tres equipos de frío, y un acumulador de agua fría de los cuales dos son enfriadores de agua fría, y una torre de enfriamiento; reacondicionándole de la siguiente manera:

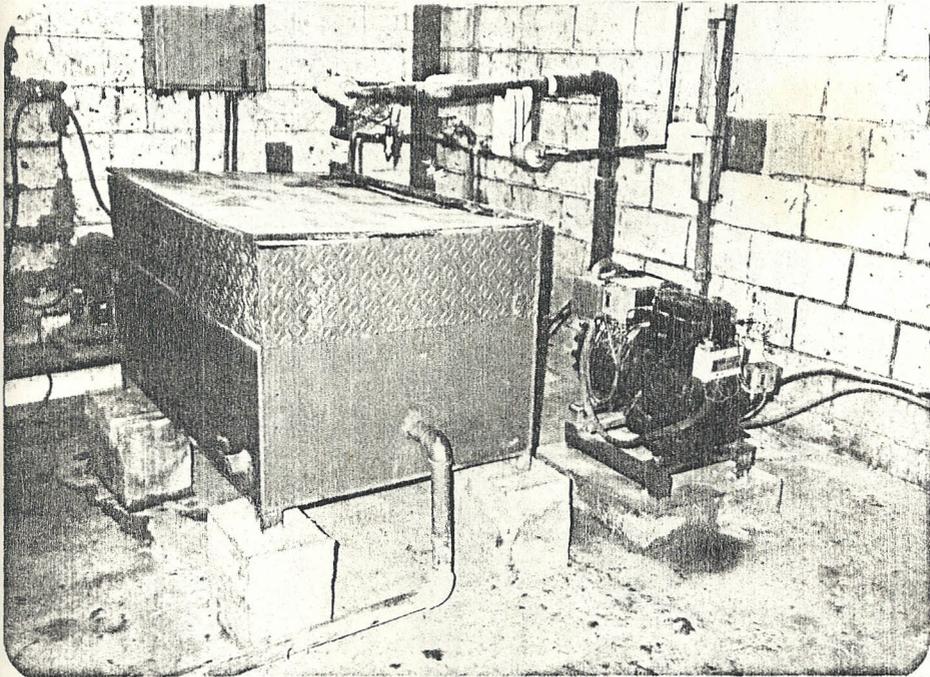
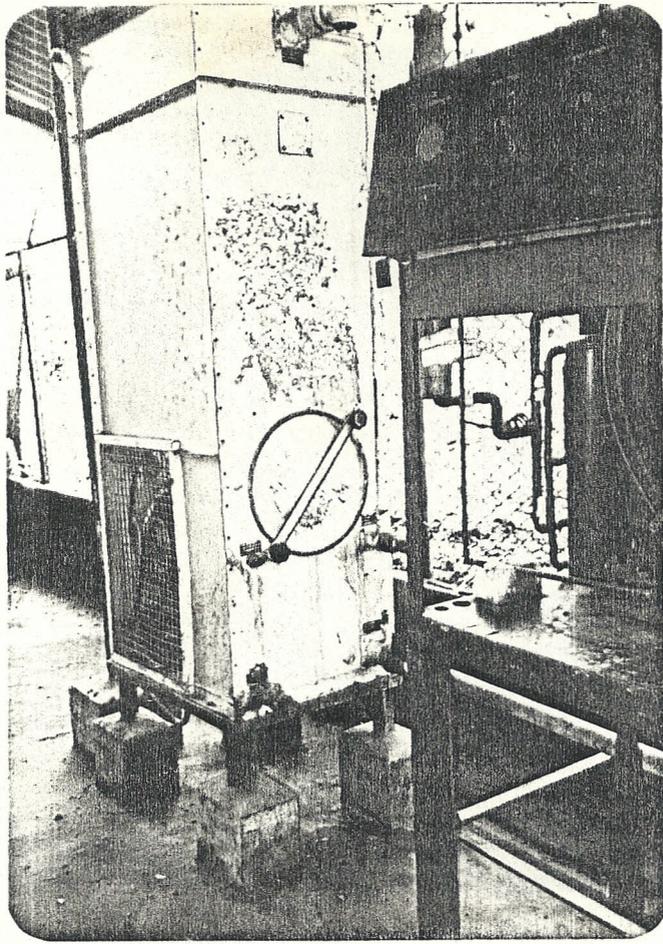
ENFRIADOR MK-60T

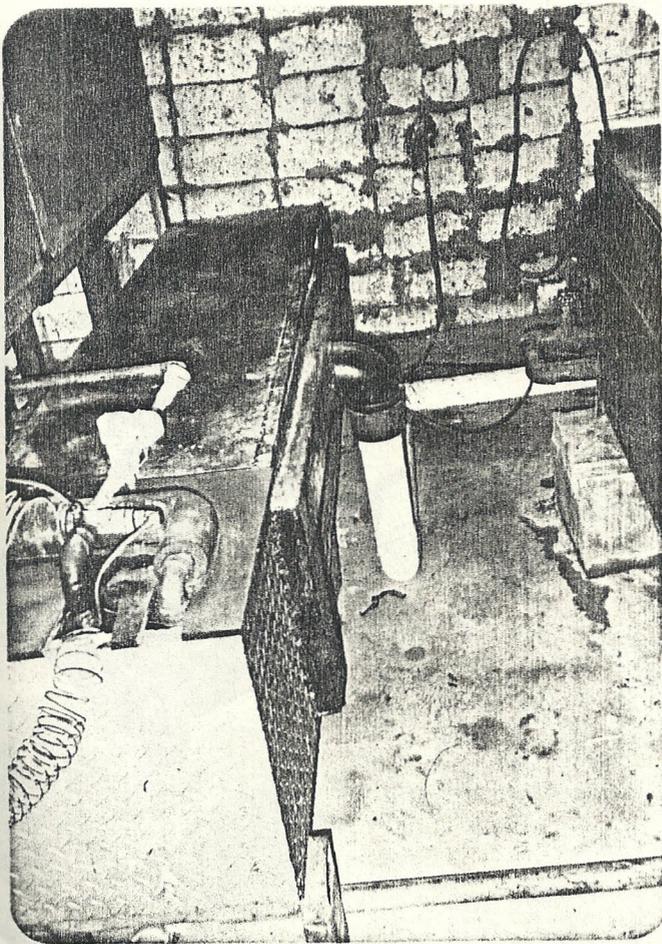
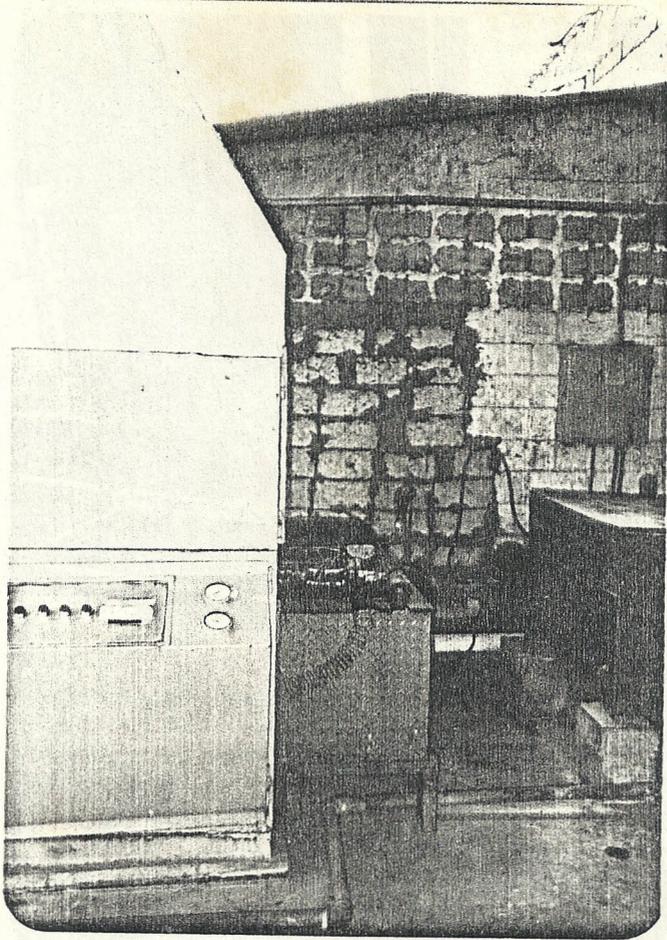
Construcción e instalación de una chimenea para expedir fuera del sector el aire caliente que sale del condensador.

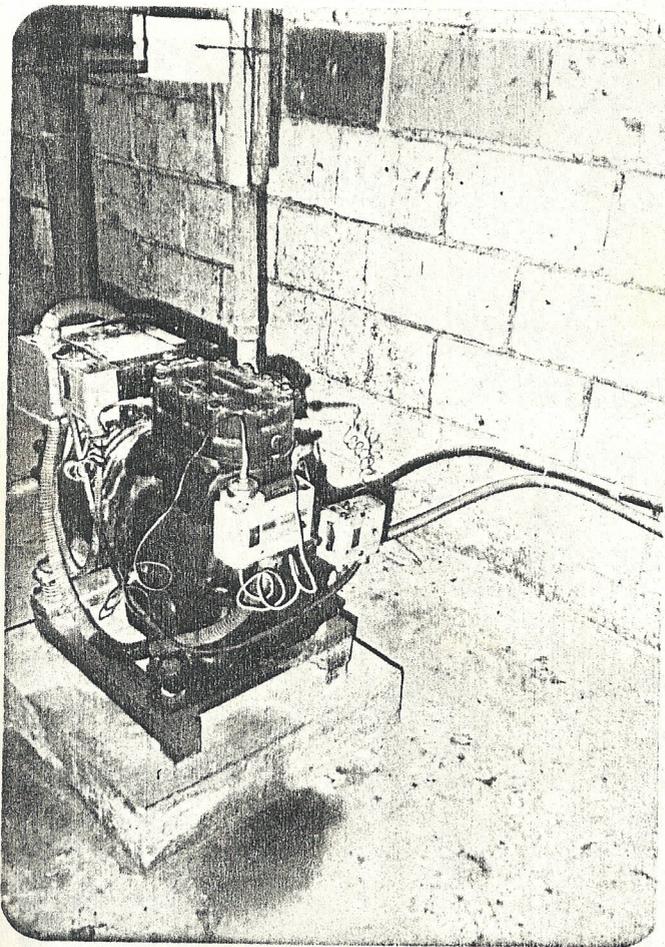
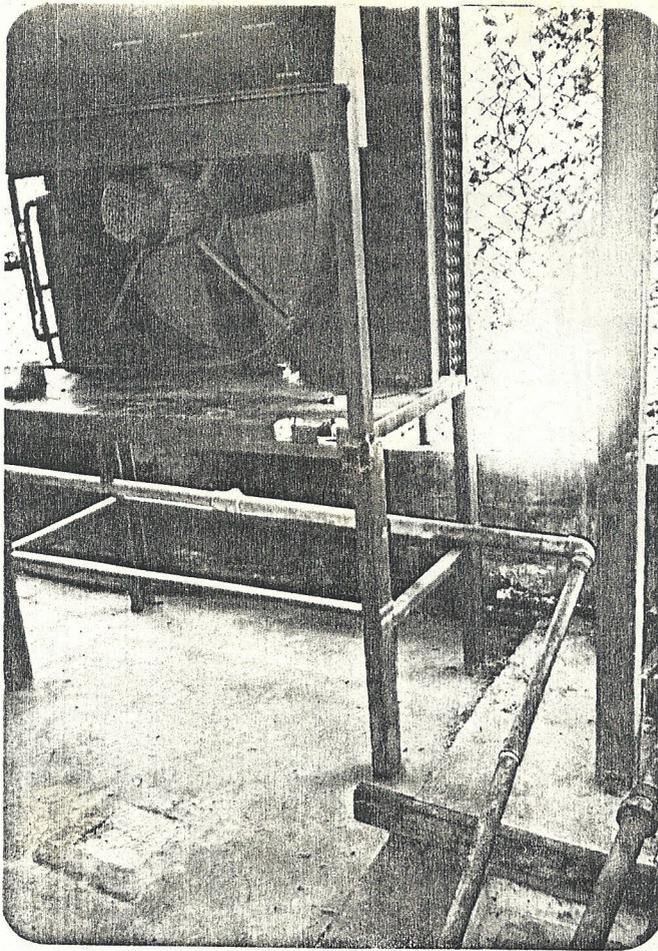
Construcción e instalación de un tanque de 2.20 x 0.60 x 0.60 mts y un espesor de 3 mm en plancha corrugada, con su respectiva base, para el evaporador; para evitar transferencia de calor con el medio exterior, se forró interiormente el tanque con planchas de poliuretano.

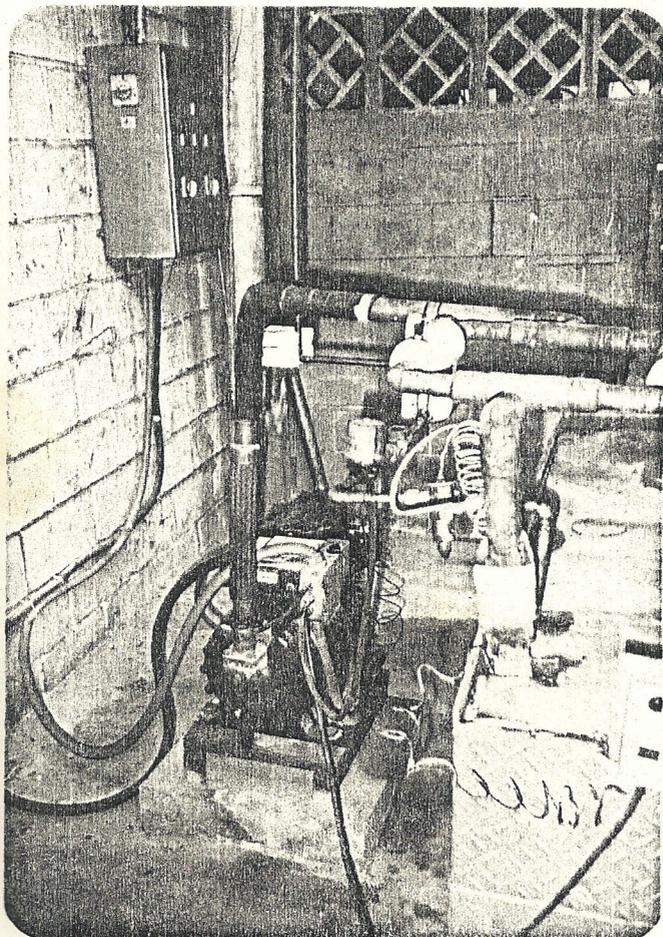
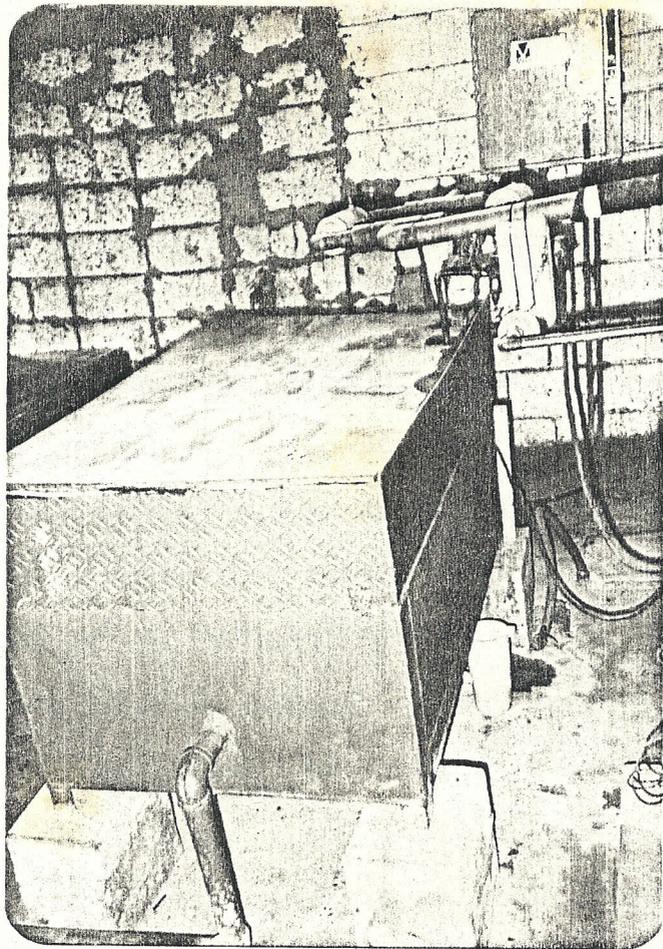
Al evaporador antes de ser instalado se le realizó una limpieza con líquido desincrustante limpiador alcalino para no ferrosos. Ver figura 5.2.

Además se dió mantenimiento a los dos motores de los ventiladores del condensador.









ACUMULADOR DE AGUA FRIA

Construcción de una pared de refractario en una cisterna con las características anteriormente mencionadas, comunicadas entre sí por cuatro ventanas en el fondo, para equilibrar el nivel y aprovechar un almacenamiento de 2000 galones de agua fría disponibles para bombear a la planta.

TURRE DE ENFRIAMIENTO

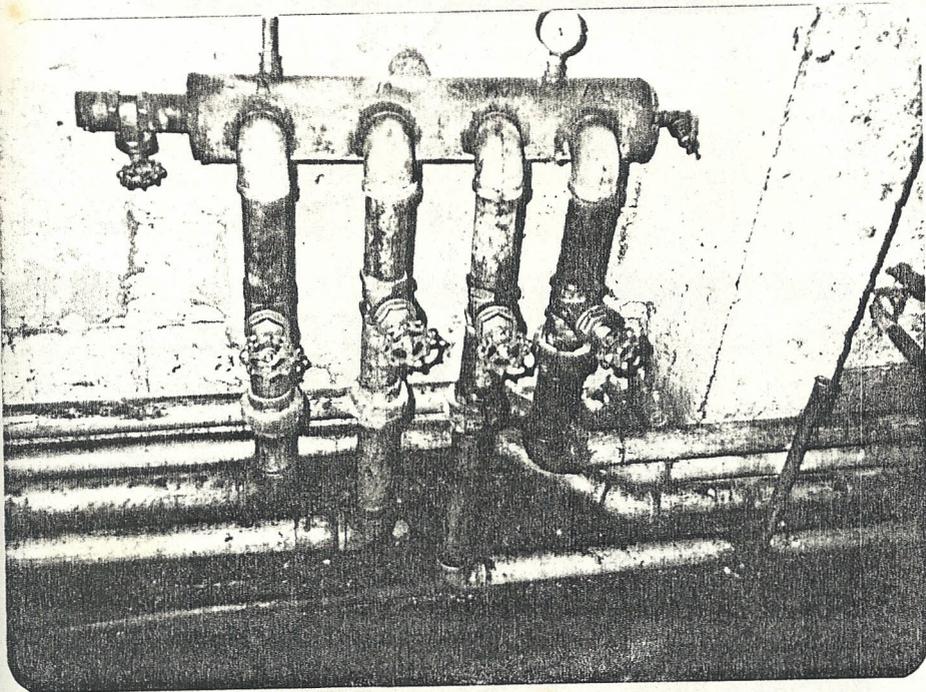
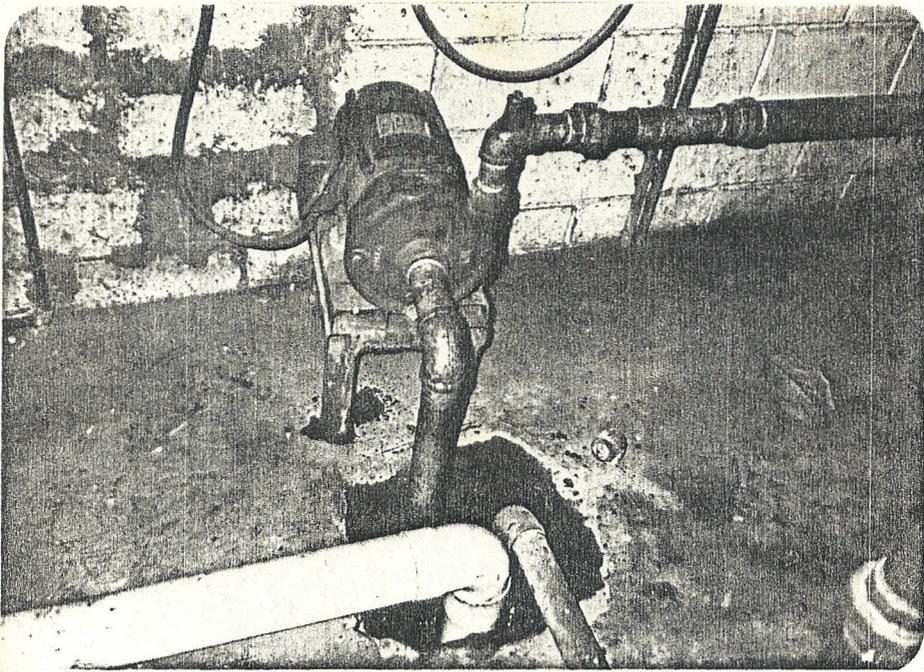
Unicamente después de hacer un mantenimiento preventivo se la reubicó cerca de los enfriadores, realizándole las instalaciones respectivas tanto eléctricas como hidráulicas, quedando lista para el funcionamiento, figura 5.3.

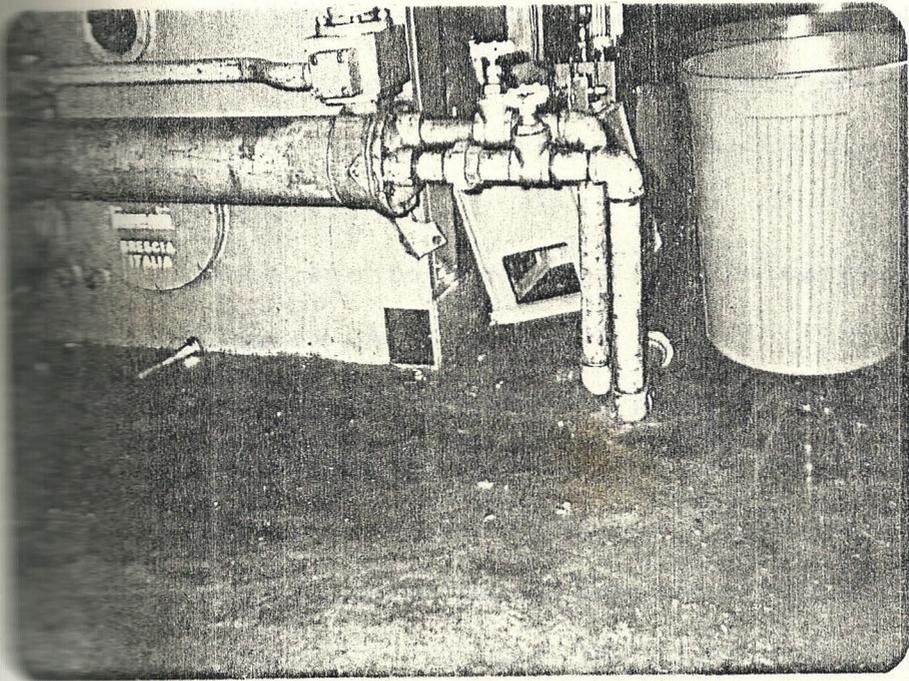
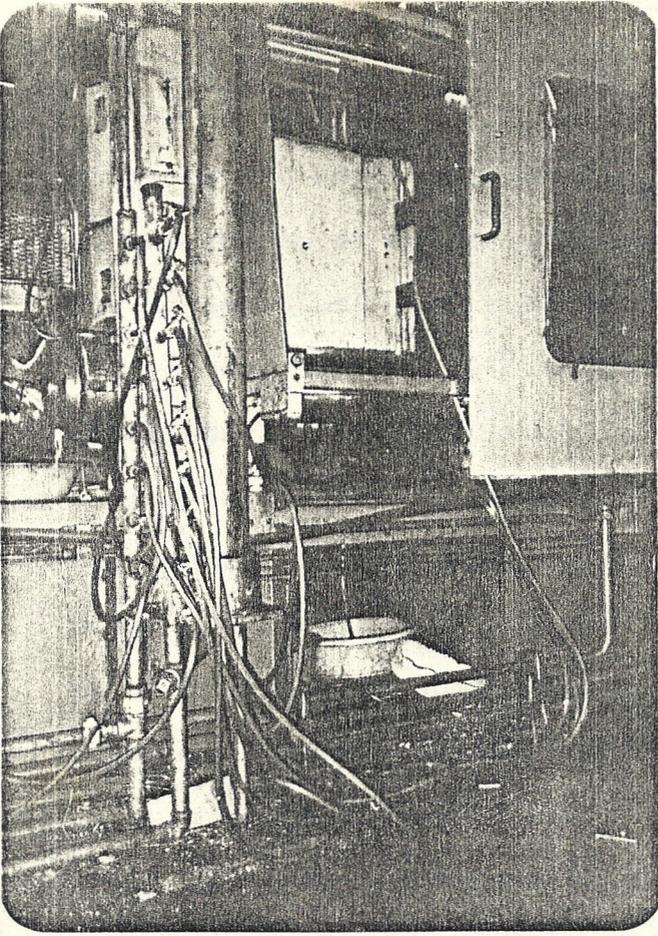
ENFRIADOR TIPO MK-36T

1. Separación del evaporador, para lo cual se construyó un tanque de las siguientes dimensiones: 1.30 x 0.78 x 0.60 mts.

Al mismo que en su interior se le colocó planchas de poliuretano para aislarlo, una vez pintado con pintura anticorrosiva tanto interior como exteriormente; se construyó una base de cemento para evitar vibraciones. Antes de instalar el chiller en el tanque, éste fue desincrustado con líquido limpiador alcalino para no ferrosos, figura 5.4.

2. Separador del condensador, también se le construyó una nueva estructura, donde sus elementos





antes de ser instalados se les dió mantenimiento, es así que en el motor del ventilador se cambió dos rodamientos y se realizó una limpieza total del rotor y estator, se realizó balanceo del ventilador, limpieza de los serpentines y por último se pintó estos elementos, figura 5.5.

3. Compresor, se compró un nuevo compresor marca Copelan de 230 voltios; ya que reparar el viejo no se justificaba económicamente. Para instalarlo se contruyó una base de cemento pero separado de los otros elementos de este equipo, figura 5.6.

4. Instalación de accesorios en el circuito de este enfriador, tales como:

2 filtros de succión shorlan tipo C 309-S-T-HH de 5/8".

1 termostato marca PENN, calibrándolo a 75°C

1 termostato PENN - modelo A19 aaf-4

1 filtro de líquido ATENAS 165-350 de 5/8"

1 válvula de expansión FRIGOR S.A. TADX-11 11TR-R22

1 presostato de baja presión marca PENN P70 AB-1 serie 8642

1 presostato de alta presión marca Danfoss MP-5

1 Presostato diferencial de aceite marca PENN 275

1 visor de refrigerante ALCO tipo AMI-1MMS

5. Instalación de un compresor nuevo, marca COPELAN- modelo 9 RS1-1505 THC - 230 voltios, al mismo que

se tuvo que fijar la base sobre una estructura de cemento, quedando también independiente. Fig.5.7.

6. Instalación de control eléctrico, para lo cual se tuvo que diseñar un nuevo diagrama de control que se indica a continuación, así como también el diagrama de fuerza. Figuras 5.8 y 5.9.

Finalmente se cargó el equipo con refrigerante R-22, quedando listo para las primeras pruebas.

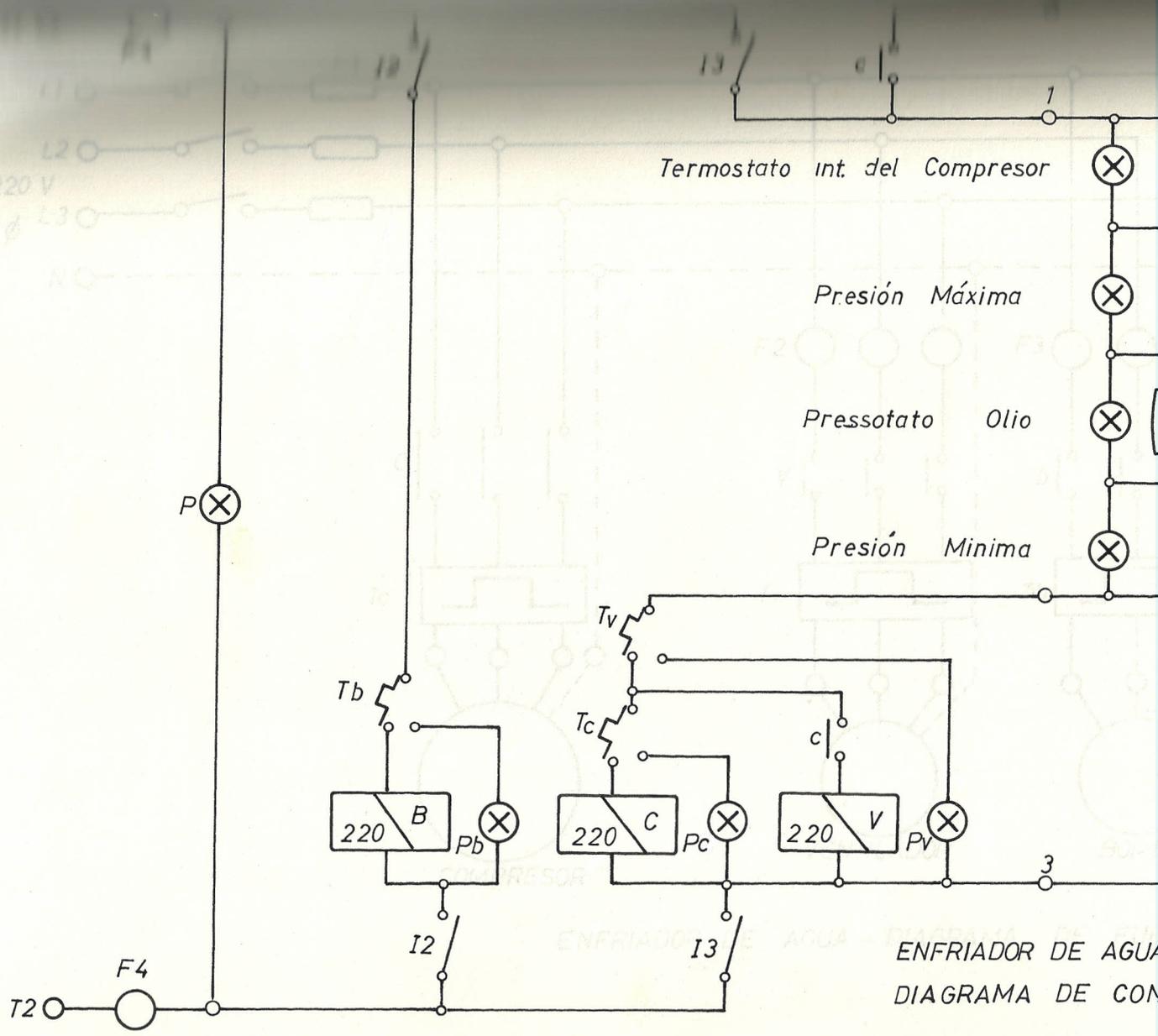
5.3. PUESTA EN MARCHA Y AJUSTES

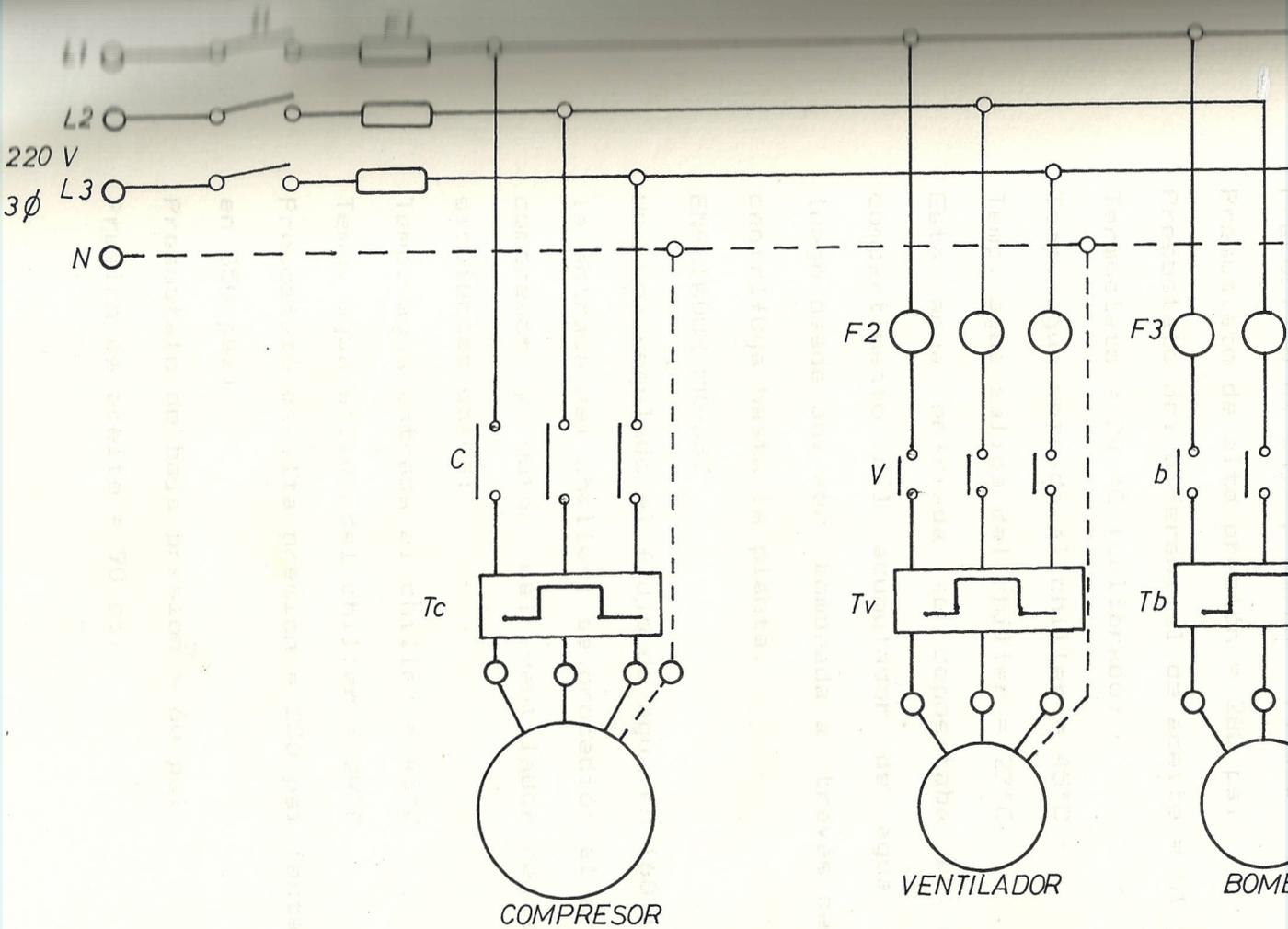
En la puesta en marcha de los equipos se lo realizó primeramente con los enfriadores, posteriormente la torre de enfriamiento, finalmente la red de distribución de agua con su respectiva bomba centrífuga.

ENFRIADOR MK-60T

Una vez instalada la bomba centrífuga de las siguientes características: 3HP, 3480 RPM, 220 voltios, 10 amperios, para la succión del agua desde el primer compartimiento del acumulador de agua para alimentación de los dos enfriadores; se arrancó la misma, regulando los flujos para evitar reboce en los tanques de agua de los chiller y obtener el flujo recomendado en este caso de 240 lts/min.

Luego se procedió a poner en marcha al compresor y motores de los ventiladores del condensador,





ENFRIADOR DE AGUA - DIAGRAMA DE FUENTE

registrando en los motores un amperaje de 10 amp. por línea y en el compresor 60 amperios por fase que son los amperajes que están dentro del rango de trabajo. En cuanto a los otros parámetros de acuerdo a calibraciones estipuladas se registró las siguientes lecturas:

Presostato de baja presión = 71 psi

Presostato de alta presión = 288 psi

Presostato del diferencial de aceite = 51 psi

Termostato = 24 °C (calibrado) .

Temp. agua entrada al chiller = 45°C

Temp. agua salida del chiller = 27°C

Esta agua enfriada se depositaba en un segundo compartimento del acumulador de agua fría, para luego desde ahí ser bombeada a través de la bomba centrífuga hasta la planta.

ENFRIADOR MK-36T

Una vez regulado el flujo de agua en 160 lts/min, en la entrada del chiller; se procedió al arranque del compresor y motor del ventilador registrando los siguientes datos:

Temp. agua entrada al chiller = 45°C

Temp. agua salida del chiller = 29°C

Presostato de alta presión = 260 psi (está calibrado en 350 psi)

Presostato de baja presión = 60 psi

Presión de aceite = 90 psi

Diferencial de presión = 30 psi

Presostato de aceite = 15 psi

Termostato = 27°C (calibrado)

Corriente del compresor = 44 amperios por fase

Corriente motor eléctrico del ventilador = 42 amp.

Bajo estas condiciones comenzó a trabajar perfecto ya que nos basamos en las recomendaciones para este caso.

TORRE DE ENFRIAMIENTO

Inicialmente operó esta torre con agua directamente del retorno del enfriamiento de los aceites hidráulicos en una temperatura (del agua a la entrada de 48 - 50°C, y una temperatura del agua a la salida de 30 °C), agua que se depositaba en el primer compartimento del acumulador de agua fría mezclándose con el agua de retorno de enfriamiento del molde, que es succionada para pasar por los enfriadores.

Las temperaturas del agua registradas anteriormente en las entradas y salidas de los equipos de frío son tomadas antes de instalar la nueva red de distribución de agua fría, ya que primeramente en esta modificación se puso en marcha estos equipos con las mismas instalaciones hidráulicas anteriores.

RED DE DISTRIBUCION DE AGUA FRIA (PUESTA EN MARCHA)

Instalada la bomba centrífuga con su respectiva protección térmica; se puso en marcha la misma y por

ende la nueva red de distribución, consumiendo esta bomba una corriente de 12 amperios por fase, arrojando una presión en el distribuidor principal de 60 psi, con dos válvulas de compuerta completamente abierta para el enfriamiento de moldes y; dos válvulas de compuerta en el mismo distribuidor principal medio abierta para el enfriamiento de aceites hidráulicos de las máquinas. Figura 5.10. Aunque todas la válvulas de compuerta en la entrada y salida de los intercambiadores de calor están totalmente abierta.

La temperatura del agua que se registra en el distribuidor principal es de 28°C, inicialmente aún cuando todas las máquinas operaban.

No existió fugas de agua en las instalaciones, tanto de suministro como de retorno.

Por otro lado, a medida que el sistema de enfriamiento y la nueva red de distribución de agua se acoplaba se notaba cambio de temperatura del agua, los mismos que lo tabulamos en la tabla 8 y 9.

5.4. ANALISIS DE COSTOS

Primeramente, detallamos los costos de materiales, equipos, mano de obra y dirección técnica de la instalación de este proyecto; para luego analizar con los costos y gastos que ocasionaba producir los mismos artículos anteriormente con los que se producen en la actualidad, conjuntamente con los

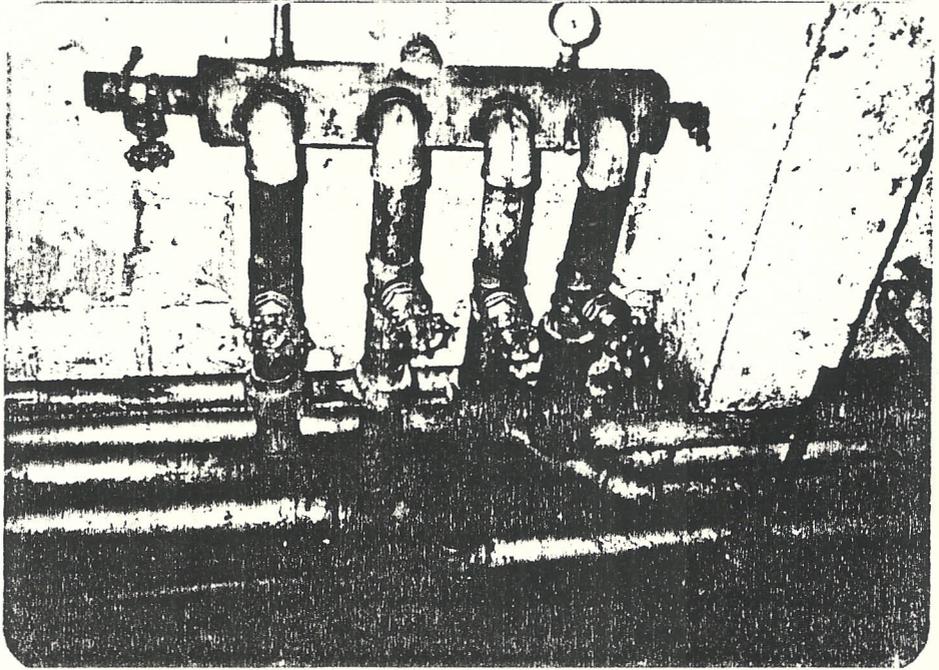


FIG: 5.10 Distribuidon Pnicipal

ITEM	ACEITES	ACEITES	MOLDES	MOLDES
	SECCION 1	SECCION 2	SECCION 1	SECCION 2
1	46	47	48	45
2	46	46	47	46
3	45	40	43	42
4	39	38	40	38
5	35	34	33	36
6	32	34	31	35
7	31	34	30	32
8	31	32	30	31
9	30	31	29	30
10	30	29	28	28

TABLA 8.- TABLA DE RESULTADOS DE TEMPERATURAS DE RETORNO DE ENFRIAMIENTO DE AGUA.

ITEM	TEMP. SALIDA DE ENFRIAMIENTO			TEMP. ACUMULADOR AGUA		SECCION
	NK-60T	NK-36T	TORRE	COMPT #1	COMPT #1	
1	28	30	30	43	28	28
2	27	29	30	43	28	28
3	26	28	29	39	27	27
4	26	28	29	36	27	27
5	26	27	27	33	26.5	26.5
6	26	27	27	32	26	26
7	26	26	-	31	25.5	26
8	25	26	-	31	25.5	25.5
9	25	25	-	30	25	25
10	24	25	-	29	25	25

TABLA 9.- TABLA DE RESULTADOS DE TEMPERATURAS DE AGUA EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y RED.

gastos de mantenimiento.

MATERIALES DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCION

ITEM	NOMBRE	CANT	C. UNIT	C. TOTAL
1	Codo 90°x2"	24	600	14400
2	Val. Comp. 2"	4	13480	53920
3	Nudos 2"	7	5590	39130
4	Unión univ. 2"	17	1600	27200
5	Tee 2"	26	2890	75140
6	Codo 45°x2"	4	1980	7920
7	Red. 2"-1"	11	650	7150
8	Red. 2"-1 1/2"	17	744	12648
9	Tubo galv. C40 (6mts x 2")	14	13545	189630
10	Codo 90°x 1 1/2"	27	352	9504
11	Val. comp. 1 1/2"	11	12800	140800
12	Nudo 1 1/2"	6	3580	26640
13	Unión univ. 1 1/2"	15	830	12450
14	Tee 1 1/2"	4	1900	7600
15	Codo 45°x 1 1/2"	6	1480	8880
16	Red. 1 1/2"-1"	3	637	1911
17	Tubo galv. C40 (6 mts x 1 1/2")	10	9950	99500
18	Codo 90°x1"	27	420	11340
19	Val. Comp. 1"	10	5000	50000
20	Nudos 1"	2	1200	2400
21	Unión univ. 1"	14	800	11200
22	Tubo galv. C40 (6mts x 1")	7	6000	42000
23	Val. Comp. 1/2"	45	2100	94500
24	Nudo 1/2"	4	960	3840
25	Unión univ. 1/2"	20	300	6000
26	Codo 45°x 1/2"	5	280	1400
27	Tubo galv. C40 (6mts x 1/2")	2	5850	11700
28	Term. 0-100°C	1	28000	28000
29	Man. 0-120 psi	1	35000	35000
30	Bomba cent. GULF (7 1/2 HP)	1	180000	180000
31	Cemento (fundas)	5	1400	7000

TOTAL S/.1'220803

MANO DE OBRA

A. PERSONAL DE LA EMPRESA UTILIZADO EN INSTALACION

ITEM	PERSONAL	# DE HORAS ORDINARIAS	COSTO C/HORA	COSTO TOTAL
1	Tornero	15	208	3120
2	Soldador	20	167	3340
3	Electric.	10	167	1670
4	Obrero	45	92	4120
TOTAL				S/. 12270

B. PERSONAL CONTRATISTA EN LA INSTALACION DEL SISTEMA DE TUBERIAS Y SUS RESPECTIVOS ACCESORIOS TANTO EN SUCCION COMO DESCARGA PARA EL ENFRIAMIENTO DE LOS ACEITES HIDRAULICOS Y MOLDES.

COSTO DEL CONTRATO S/. 180.0000

MATERIALES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA

1. ENFRIADOR MK-60T

ITEM	NOMBRE	CANT	C. UNIT	C. TOTAL
1	Codo Cu 1-5/8"	5	3520	17600
2	Red. 2 1/8-1 5/8"	1	4520	4520
3	Tubo 1 5/8"	1	54890	54890
4	Sold. Ag 5% Libra	1	16070	16070
5	Plancha corrugada 1.22x2.24mx1/8mm	3	30860	92610
6	Plancha plywood 1.22x2.24mx10mm	6	3000	18000
7	Plancha poliuretano 0.60x1.20mts x 1cm	8	500	4000
8	Pint. antic. (gal)	1	4000	4000
9	Sold. 6011 (kilos)	10	1200	12000
10	Refrig. R-22 (Kl)	10	30000	30000
TOTAL				S/. 253690

MANO DE OBRA

A. PERSONAL DE LA EMPRESA UTILIZADO EN ENFRIADOR

ITEM	PERSONAL	# HR ORD.	# HR EXTRAS	TOTAL HORAS	COSTO C/HR	COSTO TOTAL
1	Soldador	40	4	48	167	8016
2	Obreros	15	2	19	92	1748
TOTAL						S/. 9764

B. PERSONAL CONTRATISTA POR REUBICACION DEL EVAPORADOR DE ESTE ENFRIADOR DE AGUA.

VALOR DE LA OBRA S/. 30.0000

2. ENFRIADOR MK-36T

ITEM	NOMBRE	CANT	C. UNIT	C. TOTAL
1	Tubos Cu 7/8"	2	32890	65780
2	Codo Cu 7/8"	3	880	2640
3	Tubo rubatex 1-5/8	1	8500	8500
4	Sold. Ag 5% (1b)	2	16070	32140
5	Codo Cu 5/8"	4	3500	14080
6	Vis. ALCO ANI-1MM5	1	8000	8000
7	Termostato PENN	1	25000	25000
8	Filtros succión tipo C-309 de 5/8"	1	10000	10000
9	Válv. exp.11TR-R22	1	90000	90000
10	Pres.dif. PENN 275	1	71500	71500
11	Pres. Danfos MP-5	1	50000	50000
12	Refrig. R22 (Kg)	20	45500	45500
13	Compresor Copeland 15HP-230V-9RSL	1	297677	297677
14	Plancha corrugada 1.22x2.24mts x 1/8"	3	30860	92580
15	Plancha Plywood 1.22x2.24mts x 10mm	1	3000	3000
16	Plancha Poliuret. 0.60x1.20mts x 1cm	6	500	3000
17	Pint. ant. (gal)	1	4000	4000
18	Perfil C(1=6mts)	1	12000	12000
19	Soldadura 6011(Kg)	20	1200	24000
TOTAL				S/. 859397

MANO DE OBRA

A. PERSONAL DE LA EMPRESA UTILIZADO EN ENFRIADOR

ITEM	PERSONAL	# HR ORD.	# HR EXTRAS	TOTAL HORAS	COSTO C/HR	COSTO TOTAL
1	Soldador	40	4	48	167	8016
2	Electricis.	10	-	10	167	1670
3	Albañil	10	5	20	250	5000
4	Obreros	40	10	60	92	5520
TOTAL						S/. 20373

B. PERSONAL CONTRATISTA PARA EL ACOPLA DE EVAPORADOR COMPRESOR Y CONDENSADOR CON SUS RESPECTIVAS INSTALACIONES.

VALOR TOTAL S/. 120.0000

3. TORRE DE ENFRIAMIENTO

Materiales utilizados en el mantenimiento y reubicación

ITEM	NOMBRE	CANT	C. UNIT	C. TOTAL
1	Tubo galv. C40 (1=6mts x 2")	2	13540	27080
2	Codo 90° x 2"	4	600	2400
3	Valv. Comp. 2"	1	13480	13480
4	Cemento(funda 45K)	2	1400	2800
TOTAL				S/. 45760

MANO DE OBRA

A. PERSONAL DE LA EMPRESA UTILIZADO EN LA TORRE ENF.

ITEM	PERSONAL	# HR ORD.	# HR EXTRAS	TOTAL HORAS	COSTO C/HR	COSTO TOTAL
1	Albañil	5	-	5	250	1250
2	Obreros	8	-	8	92	736
TOTAL						S/. 1986

4. ACUMULADOR DE AGUA FRIA

En la construcción de las dos cámaras del acumulador se invirtió los siguientes materiales:

ITEM	NOMBRE	CANT	C. UNIT	C. TOTAL
1	Bloques cemento (30x15x10cm)	90	100	9000
2	Cemento(funda 45K)	5	1400	7000
TOTAL				S/. 16000

MANO DE OBRA

A. PERSONAL CONTRATISTA UTILIZADO EN ESTA OBRA

COSTO	S/. 5000
-------------	----------

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

DESIGNACION	COSTO
Inst. nueva red agua	S/. 1'413073
Sistema enfriamiento agua:	
- Enfriador MK-60T	S/. 293454
- Enfriador MK-36T	S/. 999770
- Torre de enfriamiento	S/. 47746
- Acumulador de agua fria	S/. 21000
Asesoramiento Técnico	S/. 200000
COSTO TOTAL	S/. 2'975043

GASTOS DE MANTENIMIENTO

Debido al mantenimiento correctivo que solamente se aplicaba a las máquinas y equipos, la empresa tenía

un gasto de aproximadamente S/. 6'850000, en los diferentes rubros en el año 1986.

Uno de los pasos importantes y necesario fue el de reparar cada una de las máquinas y equipos para que trabajen como éstos fueron diseñados y en las condiciones que lo estipulan; lo cual trajo como consecuencia un costo inicial alto de aproximadamente S/. 7'460000, en el año 1987.

Pero a partir de estas reparaciones y la puesta en marcha del rediseño de la nueva red de agua de enfriamiento, los costos de mantenimiento anual se redujeron a S/. 4'290000, lo que significa un 37 %, considerando la devaluación monetaria de éstos años.

COSTOS DE LOS ARTICULOS

Solo analizaré unos artículos desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, más no del precio de cada uno, ya que estos frecuentemente están variando.

ITEM	ARTICULOS	CICLO ANTES	CICLO ACTUAL	MAQUINA UTIL.
1	Tacho #1	100"	90"	IMI-5000
2	Jaba 24 bot.	55"	48"	REED-2500
3	Frente TV 12"	90"	80"	IMI-3000
4	Balde 15 lts.	65"	60"	REED-1300
5	Jarro arruete	12"	8"	REED-1300

Tomemos el caso de un artículo, por ejemplo el tacho

#1, que anualmente existen pedidos de 50000 unidades aproximadamente; antes necesitabamos 1389 horas para producir este artículo, en la actualidad se requiere de 1250 horas, existiendo una diferencia de 139 horas. Si multiplicamos por el costo de esta máquina, obtenemos:

139 horas x 9050 costo/hr-máquina = 352950 sucres

Por lo tanto este artículo en esa máquina está incrementando su utilidad en S/. 352950 sucres anualmente.

Aplicando el mismo análisis para cada artículo que se inyecta en la respectiva máquina, notamos que existe una diferencia notable en la producción anual y con una calidad superior.

Los resultados son los que se esperaba al poner en marcha este proyecto, como vemos en menos de un año quedó pagado en su totalidad, y dará beneficios muchos años más a la empresa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En primer lugar, con la instalación de la nueva red de distribución de agua se logró operar las máquinas en condiciones normales que anteriormente no se había logrado, así como también se logró una óptima operación térmica de los moldes, lo que trajo como resultado bajo estas condiciones, obtener artículos plásticos tanto industriales como domésticos de primera calidad y de menor tiempo posible; reduciendo de ésta manera los costos de fabricación y de mantenimiento.

En segundo lugar, el rediseño del sistema de refrigeración complementa los resultados esperados, ya que únicamente con los dos enfriadores MK-60T y MK-36T es suficiente para mantener el agua del sistema de enfriamiento en 25°C, lo que significa que la torre de enfriamiento se la desconectó quedando como un equipo de reserva, ya que no se justifica ponerla en marcha en estas condiciones.

En tercer lugar el acumulador de agua fría es quien ayuda a mantener un equilibrio del volumen de agua a la temperatura requerida (25°C) listo para bombear a la planta.

En la elección de la bomba centrífuga; el punto de intersección entre la altura dinámica total y el caudal se encontró superior a la curva de 7.5 HP, cerca de la curva de 10 HP, sin embargo se escogió la primera debido

a que el cálculo se lo realizó con datos máximos recomendados, lo que indica que tenemos una reserva en el caudal y los resultados de operación como son mantener los aceites hidráulicos en rangos de 38 a 45°C, nos indican que fue una elección correcta.

A pesar de su costo inicial, el reconstruir el enfriador MK-36T fue otra decisión correcta en el rediseño del sistema de enfriamiento de agua.

RECOMENDACIONES

- Para el caso de ampliaciones futuras únicamente se debe dimensionar la bomba centrífuga si el caso lo requiere, ya que el equipo de enfriamiento de agua tiene aún su reserva.
- Que se haga un tratamiento químico periódicamente a las aguas del sistema de enfriamiento, lo cual no se lo está realizando, dándole solamente tratamiento mecánico.
- Utilizando pintura anticorrosiva pintar las tuberías de suministro y retorno del sistema de enfriamiento de acuerdo al código internacional.
- Construir un pozo de abastecimiento de agua, especialmente en los casos de limpieza del acumulador de agua fría.
- Mantener abierta totalmente las válvulas de compuerta en los intercambiadores de calor de las inyectoras, ya que es recomendable calibrar la presión en las válvulas de compuerta del distribuidor principal.

BIBLIOGRAFIA

1. L. Stoecker, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire, México: Litografía Ingramex S.A., 1982.
2. Fox & McDonald, Introducción a la Mecánica de Fluidos New York: McGraw Hill, 1976.
3. E. Donoso, Ventilación Industrial, Guayaquil: ESPOL, 1982.
4. E. Donoso, Fundamentos de Aire Acondicionado, Guayaquil: ESPOL, 1982.
5. Equipos Industriales: Guía de Reparación y Mantenimiento, Tomo I y II, McGraw Hill.
6. Hoechst, Moldeo por Inyección de Termoplásticos, EE.UU: Edit. Kalle, 1972.
7. Hoechst, Plásticos Hostalen-G por Inyección, EE.UU: Edit. Kalle, 1957.
8. Industrias Hidromecánicas, Ltda. (IHM) Folleto
9. Curvas para Selección Bombas GULF, Folleto 1984
10. Ingeniería del Ambito Térmico, Folleto ESPOL, 1984.