

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA BERZELIUS

CÁLCULO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRÍAMIENTO
DE ACEITE EN UNA PLANTA DE TEMPLADO DE ACERO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUÍMICO

presenta:

HUMBERTO PRO GALINDO

MEXICO, D. F.

1959



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A LA MEMORIA DE MI PADRE.

A MI MADRE.

A MI ABUELITA, TIOS
Y HERMANOS.

A DON LUIS M.VEREA.

Facultad de Química Berzelius.

A MIS MAESTROS
COMPAÑEROS Y AMIGOS.

A ASPERSION INDUSTRIAL DE MEXICO S.C.

C A P I T U L O S

- CAPITULO I .- GENERALIDADES.
- CAPITULO II .- CALCULO Y DISEÑO DEL CAMBIADOR DE CALOR.
- CAPITULO III .- CALCULO Y DISEÑO DE LA TORRE - DE ENFRIAMIENTO.
- CAPITULO IV .- CALCULO DEL EQUIPO COMPLEMENTARIO.
- CAPITULO V .- ESTIMACION DE COSTOS.
- CAPITULO VI .- CONCLUSIONES.
- CAPITULO VII .- BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO PRIMERO.

GENERALIDADES.

G E N E R A L I D A D E S .

El creciente desarrollo de la industria en México-- ha traído consigo una gran demanda de equipo pesado para -- llevar a cabo las operaciones Industriales, este desarrollo en la industria siderúrgica ha traído como consecuencia, -- una gran demanda de bolas de acero para efectuar la molien-- da, estas bolas deben llenar una serie de especificaciones-- como dureza, flexibilidad, tenacidad, etc. las cuales se ob-- tienen por el templado de dichas bolas.

Este templado se hace en la industria, llevando el acero a diferentes temperaturas y enfriándolo con agua o -- con aceite rápidamente ; según la temperatura y el tiempo - de enfriamiento se logran las diferentes clases de templado, para cada uno de los usos que se destine dicho acero.

El presente trabajo tiene por objeto el diseño des-- de el punto de vista de Ingeniería Química de un sistema de enfriamiento para el aceite usado en una planta de templado de bolas de acero.

CAPITULO SEGUNDO.

CALCULO Y DISEÑO DEL CAMBIADOR DE CALOR.

CALCULO Y DISEÑO DEL CAMBIADOR DE CALOR.

El cambiador de calor es el aparato que se va a -- utilizar, para enfriar el aceite dicho, el cual lleva una -- cierta cantidad de calor que se la ha cedido el acero al en friarlo a la temperatura conveniente para su templado.

Este aceite debe estar en el tanque de templado a -- una temperatura aproximada entre 40° y 80° C. para que el -- templado sea correcto. Las bolas tienen una temperatura muy alta y al enfriarse ceden su calor al aceite el cual al pa -- sar por el cambiador lo cede al agua y regresa al tanque a

la temperatura necesaria.

CALCULO DEL CAMBIADOR.

Cantidad de calor que cede el acero al aceite.

Cantidad de acero 600 kg/hora.

Temperatura del acero 1250°C.

Temperatura del aceite 40°C.

$$Q = w c_p (T_2 - T_1)$$

T_2 = Temperatura del acero al entrar al tanque.

T_1 = Temperatura del acero al salir del tanque.

$$Q = 600,000 \times 12 (1250 - 60) = 86,000 \text{ K cal.}$$

$$Q = 86,000 \text{ K cal.} = 325,000 \text{ BTU.}$$

Cantidad de aceite necesario para arrastrar el calor cedido por el acero:

$$Q = w c_p (T_2 - T_1)$$

T_2 = Temperatura del aceite en el tanque.

T_1 = Temperatura del aceite al salir del cambiador.

$$w = \frac{Q}{c_p (T_2 - T_1)} = \frac{86\,000,000}{.5245 (80-40)} = 4100 \text{ K/hora.}$$

$$w = 4100 \text{ K/hora} = 4400 \text{ Lt./hora} = 1160 \text{ gal/h.}$$

CALCULO DEL AREA DE ENFRIAMIENTO.

$$Q = U A \Delta t.$$

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE TRASMISION

DE CALOR U.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \frac{L}{K} + \frac{1}{h_{H_2O}}$$

EN EL LADO DEL ACEITE.

$$h = 0.7 (h_o \times F_t \times F_d)$$

$$h_o = 17$$

$$F_t = 1$$

$$F_d = 1.22$$

$$h = 0.7 (17 \times 1 \times 1.22) = 14.6$$

$$h \text{ aceite} = 14.6 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{fhr}}$$

EN EL LADO DEL AGUA.

$$h = h_o \times F_t \times F_d.$$

$$h_o = 110$$

$$F_t = 1$$

$$F_d = 0.99$$

$$h = 110 \times 1 \times 0.99 = 109$$

$$h \text{ agua} = 109 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{fhr}}$$

DETERMINACION DEL TERMINO L/K

L = espesor de pared del tubo en ft.

K = conductividad térmica de la pared.

$$L = 0.009 \text{ ft.}$$

$$K = 27.6 \text{ BTU/ft hora } ^\circ\text{F.}$$

$$\frac{L}{K} = \frac{0.009}{27.6} = 0.0003 \quad \frac{\text{ft}^2 \text{hr}^{\circ}\text{F}}{\text{BTU}}$$

$$L/K = 0.0003$$

CON ESTOS DATOS ENCONTRAMOS U.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h} + \frac{L}{K} + \frac{1}{h}$$

aceite agua

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{14.6} + 0.0003 + \frac{1}{109}$$

$$\frac{1}{U} = .0780$$

$$U = 12.8 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{Fh}}$$

CONOCIENDO U PODEMOS ENCONTRAR EL AREA.

$$A = \frac{Q}{U \Delta t} = \frac{33500}{12.8 \times 93} = 282 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area requerida} = 282 \text{ ft}^2$$

Longitud equivalente en tubo de 3/4 in.

$$\frac{282}{.275} = 1020 \text{ ft}$$

DETERMINACION DEL NUMERO DE TUBOS DEL CAMBIADOR.

Suponiendo un $Re = 100$

$$Re = \frac{DVP}{u}$$

D = Diámetro del tubo.

V = Velocidad del aceite.

P = Densidad del aceite.

u = Viscosidad del aceite.

$$V = \frac{Ru}{Dp} = \frac{100 \times 9.3 \times 0.000672}{.062 \times 623 \times .93}$$

$$V = .173 \text{ ft/seg.}$$

Gasto por tubo:

$$G = AV = .00306 \times .173 = .00053 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$G = .00053 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Gasto total de aceite:

$$G = .044 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{.044}{.00053} = 83 \text{ tubos.}$$

Número de tubos = 83 tubos.

Con una longitud cada uno de:

12.3 ft 3.75 m

Puede ponerse en dos pasos de:

1.83m cada uno.

Según estos datos encontrados el cambiador tendrá 2 pasos de 83 tubos de (3/4 in.) 19mm. con una longitud --- 1.83m cada uno para satisfacer el área requerida de enfriamiento calculada.

CAPITULO TERCERO.

CALCULO Y DISEÑO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.

CALCULO Y DISEÑO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.

La torre de enfriamiento es el aparato que se va a utilizar, para enfriar el agua que circula por el cambiador de calor y que tiene el calor que le ha cedido el aceite.

Se escogió el tipo de enfriamiento de agua por medio de una torre, por ser el método más económico tanto en el costo inicial del equipo, como en el mantenimiento, actualmente en esta fábrica el agua que se emplea para enfriar el aceite se desperdicia en su totalidad esto dará un

ahorro grande con el cual se paga y con creces el costo ---
inicial y de mantenimiento. La torre que en este caso se-
usará es de tiro inducido por ser lo que dá la mayor efi --
ciencia.

Cálculo de la torre.

Cantidad de agua 15,500 ls/hora.

= 4,100 gal/hora.

Ecuación de transmisión de calor del agua al aire.

$$Q = U A \Delta t_m$$

Como el área de las partículas.

$A = aV$ $a =$ área de contacto entre el-
agua y el aire por unidad-
de Volúmen del equipo.

$V =$ Volúmen del equipo.

$$Q = U_a V \Delta t_m$$

$U_a = h_a$ $h_a =$ coeficiente de transmisión
de calor por unidad de Vo
lúmen.

$$Q = ha V \Delta tm.$$

Ecuación de transmisión de Vapor.

$$\Delta W = K A (P_w - P_a)$$

Δw = cantidad de agua transmitida de una fase
a otra.

$H = K.P.$ K = coeficiente de difusión.

La presión parcial es proporcional a la humedad si
no son valores altos.

$$\Delta w = K' A (H_w - H)$$

como antes $A = aV$

$$\Delta w = K' a V H_m$$

Balance de material:

$$\Delta w = G (H_2 - H_1)$$

3) Ecuación de Balance de calor.

Temperatura base del balance $0^\circ F.$

Temperatura base de vaporización $t.$

CALOR QUE ENTRA = CALOR QUE SALE.

CALOR QUE ENTRA

CALOR QUE SALE

Aire seco $G Cgt_1$

$G Cgt_2$

Humedad $G H_1 t_1$

$G H_2 t_1$

$G H_1 r t_1$

$G H_2 r t_1$

$G H_1 Cr (t_1 - t_1)$

$G H_2 Cr (t_2 - t_1)$

Agua $- W_1 T_2$

$- W_2 T_1$

$$G Cgt_1 + G H_1 t_1 + G H_1 r t_1 - W_1 T_2 = G Cgt_2 + G H_2 t_1 + G H_2 r t_1 + G H_2 Cr (t_2 - t_1) - W_2 T_1$$

$S_2 =$ calor húmedo del aire en el punto dos.

$$S_2 = Cg + Cv H_2$$

Con estas ecuaciones la simplificamos dando:

$$G S_2 (t_1 - t_2) + G (H_1 - H_2) t_1 + G (H_1 - H_2) r t_1 = W_1 T_2 - W_2 T_1$$

En la práctica la temperatura del agua llega a ser inferior a la temperatura del aire por estar en contacto el aire y el agua, parte de esta se evapora y el calor latente

necesario para evaporarse lo toma directamente del calor sensible de la masa de agua.

Para el cálculo y diseño de la torre las ecuaciones anteriores toman la forma diferencial.

$$\text{Ec de transmisión de calor } G \cdot S \cdot dt = h a (T - t) \, dv \quad (1)$$

$$\text{Ec de transmisión de vapor } G \, dH = K' a (H_w - H) \, dv \quad (2)$$

$$\text{Ec de balance de calor } W = dt = G \cdot S \cdot dt \, Gr_t \, dv \quad (3)$$

Además tenemos las ecuaciones siguientes:

$$S = W/w \quad (4)$$

$$S = G/g \quad (5)$$

W = Peso de agua por unidad de sección y por unidad de tiempo.

$$dv = S \cdot dz \quad (6)$$

g = Peso de aire por unidad de sección y de tiempo.

Combinando las tres ecuaciones fundamentales y considerando que $SK' a/ha$ para mezclas de vapor y agua es casi igual a la unidad.

Tenemos:

$$h_a = S K'a$$

$$Wdt = K'a dv s(T - t) + (H_w - H) rt_o \quad (7)$$

Por otra parte tenemos la entalpia del aire húmedo-
por libra de aire seco.

$$h = (GC_g + WC_v) t + Wrt_o$$

$$W/G = H$$

$$H = (C_g + HC_v) t + Hrt_o$$

$$h = st + Hrt_o$$

La entalpia de aire saturado será:

$$h_s = s.t + H_w + rt_o \quad \dots \quad (8)$$

$$h_s - h = S (T - t) + (H_w - H) rt_o \quad \dots (9)$$

Reemplazando la diferencia $h_s - h$ en la ecuación 7.

$$W dT = K'a dv (h_s - h)$$

Integrándolo:

$$\frac{K'aV}{W} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{h_s - h} \quad \dots (10)$$

El enfriamiento del agua tiene como consecuencia - un aumento en la entalpia del aire como se puede ver en la ecuación:

$$WdT = Gdh$$

Integrándola:

$$\frac{W}{G} = \frac{h_2 - h_1}{T_2 - T_1} \quad (11)$$

Con estas ecuaciones podemos calcular el volúmen del equipo y diseñar la Torre.

Con la ecuación 8 graficamos las temperaturas contra entalpias para construir la línea de saturación. Gráfica # 1.

T°F	S	HW	ST	HWrto	hs
50	0.245	0.0100	12.25	10.76	23.01
60	0.247	0.0145	14.82	15.56	30.38
65	0.248	0.0170	16.12	18.25	34.37
70	0.250	0.0210	17.50	22.55	40.05
75	0.252	0.0245	18.90	26.35	45.25
80	0.254	0.0290	20.32	31.20	51.52

El enfriamiento del agua tiene como consecuencia - un aumento en la entalpia del aire como se puede ver en la ecuación:

$$WdT = Gdh$$

Integrándola:

$$\frac{W}{G} = \frac{h_2 - h_1}{T_2 - T_1} \quad (11)$$

Con estas ecuaciones podemos calcular el volúmen del equipo y diseñar la Torre.

Con la ecuación 8 graficamos las temperaturas contra entalpias para construir la línea de saturación. Gráfica # 1.

T°F	S	HW	ST	HWrto	hs
50	0.245	0.0100	12.25	10.76	23.01
60	0.247	0.0145	14.82	15.56	30.38
65	0.248	0.0170	16.12	18.25	34.37
70	0.250	0.0210	17.50	22.55	40.05
75	0.252	0.0245	18.90	26.35	45.25
80	0.254	0.0290	20.32	31.20	51.52

Para tener la línea de operación del aire, suponemos que está en las peores condiciones, es decir, en las de saturación.

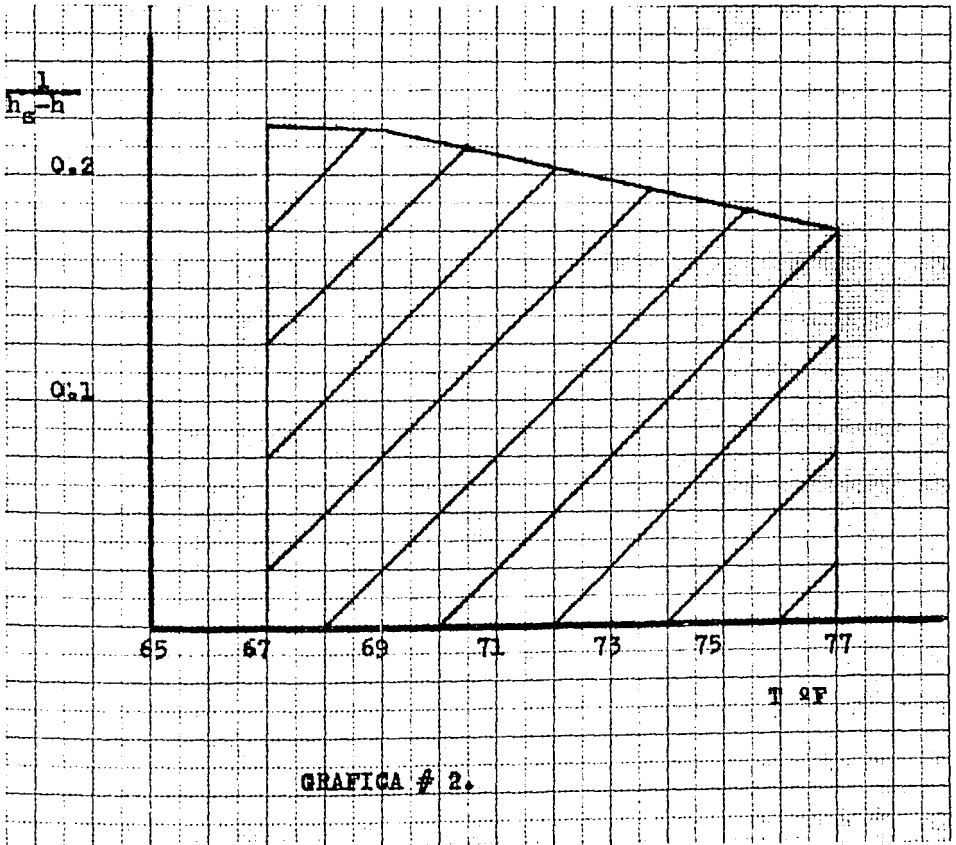
Tomando la temperatura de diseño de bulbo húmedo que es 62°F en la curva de saturación trazamos una horizontal a - cortar la línea de T_1 de este punto y con una recta de pen - diente W/G de la ecuación (11) cortamos la línea de T_2 .

Si le damos a la relación W/G el valor de uno y leemos en la gráfica la distancia entre las líneas $h_s - h$ tomamos el inverso y lo graficamos contra temperaturas, tenemos la gráfica siguiente, (2) en la cual el área bajo la curva y comprendida entre las temperaturas de entrada y salida del agua, nos darán el valor de la integral dada en la ecuación (10).

T °F	h_s-h	$1/h_s-h.$
67	4.5	0.222
69	4.5	0.222
71	4.7	0.213
73	5.0	0.200
75	5.3	0.188
77	5.7	0.175

EL AREA MARCADA ES EL VALOR
DE LA INTEGRAL.

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{h_s - h}$$



GRAFICA # 2.

El área será.

$$A = 2/2 (0.222 + 0.175 + 2(0.222 + 0.213 + 0.2 + 0.138))$$

$$A = 2.043$$

por lo tanto $\frac{K'AV}{V} = 2.043$

Tomando una concentración de 2 gpm/ft^2 que es aceptable -

Se para evitar que se ahogue la boca o la falta agua.

$$W = 2 \text{ gpm/ft}^2 = 2 \times 8.34 \times 60 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$W = 1000 \text{ lb/hr ft}^2.$$

$$g = 1000 \text{ lb/hr ft}^2.$$

Para estos valores encontramos $K'a = 150 \frac{\text{lb/hr}}{\text{ft}^3}$

Cálculo de sección del equipo.

$$S = W/g$$

$$W = 4,100 \text{ g.p. hr.} \quad 34250 \text{ lb/hr.}$$

$$S = 34250/1000 \quad S = 34.250 \text{ ft}^2$$

Volúmen del equipo:

$$V = \frac{2.043W}{K'a}$$

$$V = \frac{2.043 \times 34250}{150} = 465 \text{ ft}^3$$

Altura del Equipo:

$$Z = V/S$$

$$Z = \frac{465}{34.25} = 13.6 \text{ ft.}$$

CAPITULO CUARTO.

CALCULO DEL EQUIPO COMPLEMENTARIO.

CALCULO DEL EQUIPO COMPLEMENTARIO.

El aceite que va del tanque de templado al cambiador de calor y regresa al tanque, es movido por una bomba para vencer las distintas caídas de presión que existen en la línea y en el cambiador.

El agua que se encuentra en el tanque que rodea al de templado, debe transportarse a la torre de enfriamiento por otra bomba que venza las diferencias de presión, tanto de la línea como las de la torre.

a) Cálculo de la bomba de aceite.

b) Cálculo de la bomba de agua.

Bomba del aceite:

Caída de Presión en el Cambiador.

$$\left(\frac{\Delta P}{H} \right) = \left(\frac{\Delta P}{H} \right)_0 \times F_d$$

$$F_d = 2.21$$

$$W' = \frac{9020}{83} = 109 \text{ lb/hr tubo.}$$

$$\left(\frac{\Delta P}{H} \right)_0 = .0012$$

$$\left(\frac{\Delta P}{H} \right) = .0060 \times 2.21 = .01326$$

$$\Delta P = 1020 \times .01326 = 13.59 \text{ lb/in}^2.$$

Caída de presión por altura 0

Caída de presión en la línea.

Longitud de la línea

Tubo de 2" ced 40 de Fe 26.4 ft

5 codos 90°

Velocidad de salida 2.4 ft/seg. 7.2 ft.

Longitud total 33.4 ft.

Flujo de salida 17.4 gal/min. 2445 ft³/seg.

Velocidad del aceite $\frac{2}{1} = \frac{2445}{120000} = 20.5$ ft/seg.

$$h_f = \frac{32.82}{2} = \frac{32.82 \times 20.5^2 \times 33.4}{2 \times 1.167 \times 32.2} = 31,700$$

Pérdida de carga total = .021

Impulsión = 166 lb

$$h_f = \frac{1.1 \times 10^6}{32.2} = \frac{.021 \times 33.4 \times 470}{2 \times 1.167 \times 32.2} = 27.5 \text{ ft} = 10.9 \text{ lb/in}^2$$

valor de presión total:

$$11.50 \times 10.9 = 124.49 \text{ lb/in}^2$$

Potencia de la bomba:

$$124.49 \times 144 \times .0456 = 164 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{seg}}$$

Considerando una eficiencia de 60%

$$h_p = \frac{164}{.60 \times 1.6} = 1.8 \text{ HP}$$

Bomba Engrex modelo 20 DR.

1450 RPM.

Cálculo de la Bomba de agua.

Línea a la Torre

Tubería 1-1/2" standard

Longitud 70 ft.

Accesorios:

6 codos 90° Longitud Equipo 2.75 c/u. 16.5 ft.

Longitud total 865 ft.

$$\Delta P \text{ por elevación } \frac{36.5 \times 62.2}{144} = 15.85 \text{ lb/in}^2$$

Flujo de agua 4 100 gal/hora

$$\frac{41\,000}{360 \times 7.48} = .153 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Velocidad del agua $G = AV$

$$\text{Velocidad del agua } V = \frac{G}{A}$$

$$V = \frac{0.153}{0.01242} = 12.3 \text{ ft/seg.}$$

$$Re = \frac{DVP}{\mu} = \frac{1.5 \times 12.3 \times 62.3}{12 \times .000672} = 142\,000$$

Factor de Rugosidad .004

$$f = .031$$

-32-

$$H_f = \frac{fLV^2}{2Dgc} = \frac{.031 \times 86.5 \times 12.3^2 \times 12}{2 \times 1.5 \times 32.2}$$

$$= 51.3 \text{ ft}$$

$$\Delta P = \frac{51.3 \times 62.2}{144} = 22.3 \text{ lb/in}^2.$$

$$\Delta P = \text{total } 15.85 + 22.3 + 10 = 48.15 \text{ lb/in}^2$$

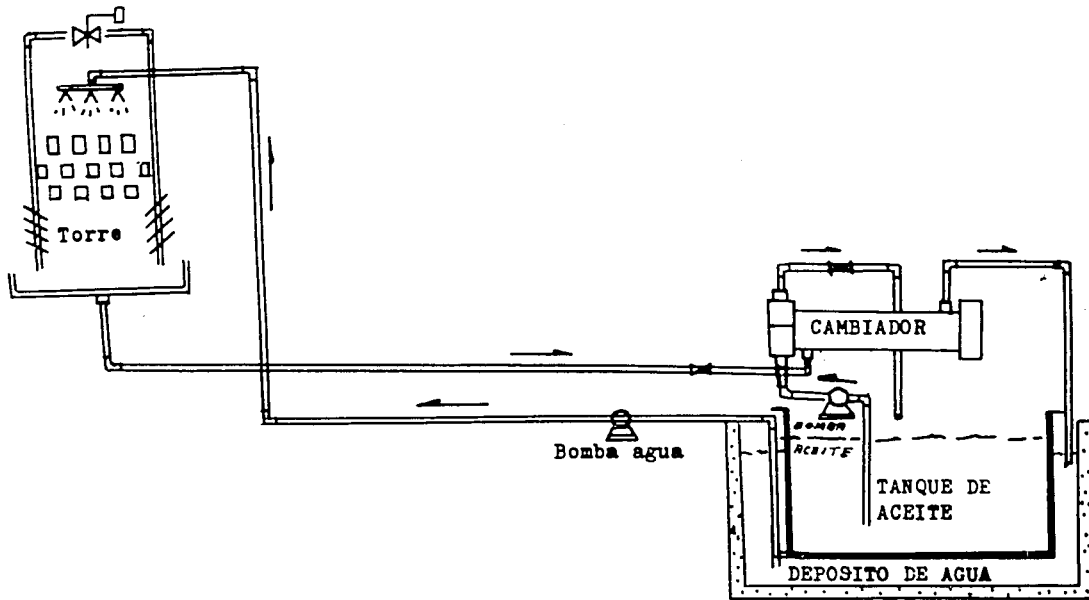
$$\text{ftlb} = 48.15 \times 144 \times .153 = 1090 \text{ ft lb}$$

Considerando una eficiencia de 60%

$$\text{HP} = \frac{1090}{550 \times .6} = 3.3 \text{ HP}$$

Bomba de 5 HP centrifuga

2800 RPM.



-33-

F.Q.B.
DIAGRAMA DE FLUJO
TESIS PROFESIONAL
HUMBERTO PRO GALINDO

CAPITULO QUINTO.

ESTIMACION DE COSTOS.

ESTIMACION DE COSTOS.

En el presente capítulo se presentará la estimación de los costos del equipo, incluyendo cambiador, bombas y tubería de todo el sistema.

COSTO DEL CAMBIADOR.- El cambiador consta de dos pasos de 83 tubos en cada paso.

Estos tubos son tipo flux y la cubierta del cambiador está construída de placa de acero de (3/8") 9 mm de espesor, el costo de dicho cambiador es de:

\$ 25,000.00

COSTO DEL SISTEMA DE CIRCULACION DE ACEITE.

En este sistema que consta de una bomba y de las -
tuberías necesarias.

8 mts, Tubería negra de 51mm (2") a \$ 17.60	= \$	140.80
5 codos negros de 90° x 51mm (2") a \$ 9.90	= \$	49.50
1 Bomba Engrex Modelo 20 DR 1450 RPM, con Motor de 1 HP.....	= \$	2,340.00
		<u>\$ 2,530.30</u>

COSTO DEL SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA.

Aquí quedan incluidos la bomba y las tuberías de su
bida de agua caliente y de bajada de agua fría.

50 mts tubería galvanizada de 38mm (1-1/2") a \$ 14.30	= \$	715.00
12 codos galvanizados de 90° x 38mm(1-1/2") a \$ 9.90	= \$	118.80
Bomba centrífuga Eva Mex Mod.MCT. 250 de - 2800 RPM. con Motor de 5 HP.....	= \$	4,800.00
		<u>\$ 5,633.80</u>

COSTO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Precio de la Torre L.A.B. en EEUU. con ventilador y Bomba	\$ 30,000.00
Embarque y Aduana	\$ 4,800.00
	<u>\$ 34,800.00</u>

COSTO TOTAL

COSTO DEL CAMBIADOR	\$ 25,000.00
COSTO DEL SISTEMA DE CIRCULACION DE ACEITE...	\$ 2,530.30
COSTO DEL SISTEMA DE CIRCULACION DE AGUA.....	\$ 5,633.80
COSTO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.....	\$ 34,800.00
	<u>COSTO TOTAL \$ 67,964.10</u>

COSTO DIARIO DE ENFRIAMIENTO

Se considera una depreciación total del equipo por 10 años.

La inversión fija es \$ 67,964.10

Al cabo de 10 años este capital invertido tendrá un valor por acumulamiento de intereses:

$$S = P(1 + i)^N$$

i = In.annual.

n = Núm.de años.

$$S = \$ 67,964.10 (1 + 0.04)^{10}$$

$$S = \$ 99,907.00$$

La carga diaria por depreciación es:

$$\frac{\$ 99,907.00}{10 \times 360} = \$ 27.75$$

Costo de operación:

Costo de energía la estimamos en:

$$\frac{C_e}{P} = 0.25 \frac{\$}{KW-hr}$$

Sabiendo que 1. HP = 0.746 KW

$$C_e = 0.25 (1 + 10 + 5) 0.746 \times 8 = \$ 23.90$$

Costo de energía diaria \$ 23.90

Carga diaria por depreciación.... \$ 27.75

Costo de energía diaria..... \$ 23.90

Costo de inspección y limpieza
(un obrero)..... \$ 25.00

Costo diario de operación \$ 76.65

Costo de enfriamiento por litro-
de aceite.

Cantidad de aceite enfriado por día.

$$4400 \times 8 = 35,200 \text{ lts.de aceite.}$$

$$\frac{\$76.65}{35,200} = \$0.0021 \text{ \$/lt.}$$

Costo de enfriamiento por metro cúbico \$ 2.10

CAPITULO SEXTO.

CONCLUSIONES.

C O N C L U S I O N E S

Después de haber hecho el proyecto del cambiador de calor y la torre de enfriamiento las cuales mantienen el aceite a una temperatura dentro de los límites establecidos para un buen templado , llegamos a las conclusiones siguientes:

A).- El templado es mejor con estas condiciones - pues en la actualidad el sistema de enfriamiento es muy deficiente y el aceite va aumentando su temperatura con el calor que cede el acero y que no le quita el agua que se usa para el enfriamiento.

Este aumento de temperatura del aceite que --

llega a ser considerable hace que la producción sea mínima ya que hay que esperar que se enfríe el aceite, además el templado en bolas grandes no es el que se requiere porque como dijimos antes para que exista el templado hay que bajarle la temperatura del acero.

Con el nuevo proyecto que se estudió, el aceite se mantiene siempre a una misma temperatura capaz de templar perfectamente todas las bolas.

La producción puede aumentarse porque no hay que perder tiempo en que se enfríe el aceite.

El agua en la actualidad se tira y que no le quita al aceite todo el calor que le cede el acero, con la torre de enfriamiento calculada se recircula y no se desperdicia, con lo cual se obtiene un ahorro grande y además si arrastra todo el calor necesario para mantener al aceite en las condiciones requeridas.

El costo de enfriamiento del aceite es de \$76.65 diarios y de un metro cúbico de aceite enfriado cuesta --
\$ 2.10 .

CAPITULO SEPTIMO.

BIBLIOGRAFIA.

B I B L I O G R A F I A

Applied Heat Transmission.
Sotsoever.

Theory and Practice of Heat Engines.
The Mac Millan Co. N.Y.

George Granger Brown & Associates Unitiones.
John Wiley & Sons Inc.- New York 1951.

Badger and Mc Cabe - Elements of Chemical Engineering.
Mc Graw Hill Book Company, Inc.
New York 1936.

Jonh H. Perry.- Chemical Engineers Handbook.
Mc Graw-Hill Company, Inc.- New York 1950.

Walker, Lewis, Mc Adams and Gilliland.
Principles of Chemical Engineering.
Mc Graw - Hill Book Company, Inc.- New York 1937.

J.G.de Flon - Cooling Tower Studies.
The Flour Corporation Ltd 1948.

J.M. Whitesell How ro evaluate variables incounterflow
coling towers.
Chemical Engineering Ene. 1955.