

2 G. No. 38

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

SELECCION DE UN PROCESO DE RECUPERACION
DE GLICOL PARA UNA PLANTA
DE FIBRA CORTA POLIESTER

TESIS



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Químico

PRESENTA

FERNANDO S. GAONA ANGLI

1984



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.

T E M A R I O

OBJETIVOS

INTRODUCCION

I PROCESO INTERMITENTE

- I.1 Descripción del proceso
- I.2 Diagrama de flujo
- I.3 Lista de equipo
- I.4 Bases de diseño
- I.5 Balance de materia y energía
- I.6 Diseño de equipo
- I.7 Especificaciones de equipo
- I.8 Instrumentación

II PROCESO CONTINUO

- II.1 Descripción del proceso
- II.2 Diagrama de flujo
- II.3 Lista de equipo
- II.4 Bases de diseño
- II.5 Balance de materia y energía
- II.6 Diseño de equipo
- II.7 Especificaciones de equipo
- II.8 Instrumentación

III ANALISIS ECONOMICO Y ESTRATEGIA DE LAS EXPANSIONES

IV CONCLUSIONES

V BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- Propiedades físicas
- Diagrama de tubería e instrumentación proceso **intermitente**
- Diagrama de tubería e instrumentación proceso **continuo**

OBJETIVO

- 1.- Establecer la estrategia mas adecuada para tener un proceso de recuperación de MEG continuo cuando se tengan cuatro líneas de poliester en operación, tomando en cuenta que para una línea de poliester se requiere un proceso de recuperación de MEG intermitente debido al bajo flujo que se genera.
- 2.- El diseño de los equipos se hará bajo la base, de que los equipos principales diseñados para el proceso de recuperación de MEG intermitente, se puedan utilizar en el proceso continuo.
- 3.- Establecer las bases de diseño de los equipos, así como los diagramas de tubería e instrumentación para cada proceso.

INTRODUCCION

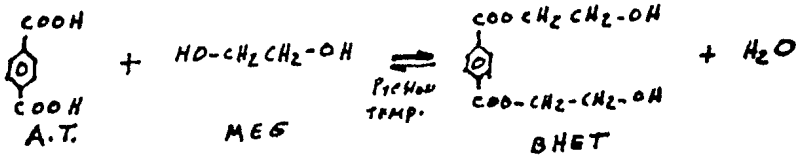
En el proceso de obtención del poliéster, este se hace en dos etapas: En la primera se hace reaccionar el Acido Tereftálico (A.T.) con el MonoEtilén Glicol (MEG) bajo condiciones de presión y temperatura, obteniéndose el monómero correspondiente mediante una reacción de esterificación. En la segunda etapa, mediante una reacción de policondensación a que es sometido el monómero correspondiente se obtiene el poliéster.

En la etapa de esterificación se efectúan varias reacciones, obteniéndose diferentes esters, agua y DiEtilén Glicol (DEG) que es una impureza, como consecuencia de las condiciones de presión y temperatura prevaletientes en el reactor.

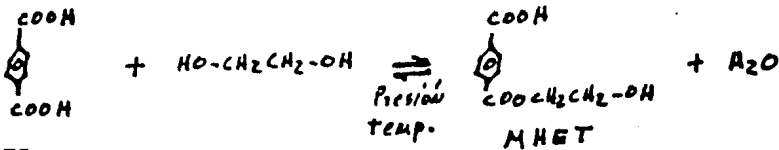
En el caso del agua obtenida, se extrae del proceso para evitar la reversibilidad de la reacción de esterificación.

Las reacciones mas importantes que se efectúan en la primera etapa o de esterificación, en las cuales se obtienen los esters mas importantes, bases poliméricas para la obtención del poliéster son:

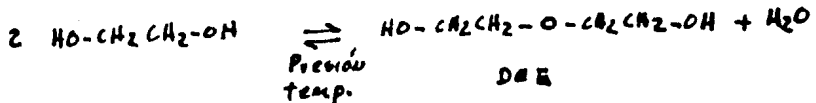
a) Bi-Hidroxi-Etil Tereftalato (BHET)



b) Mono-Hidroxi-Etil Tereftalato (MHET)



c) DEG

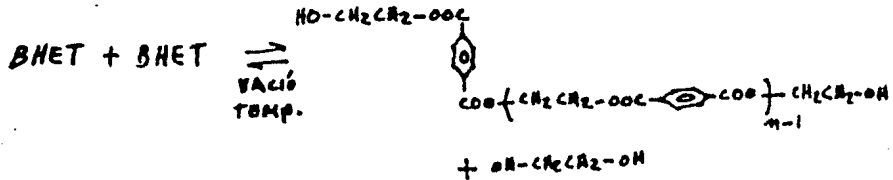


En la segunda etapa o de policondensación se van uniendo unidades de esters, (BHET) o (MHET), entre si o unidades diferentes, (MHET) con (BHET), hasta obtener el poliéster con el número de unidades poliméricas especificadas, esto se consigue controlando la viscosidad del polímero.

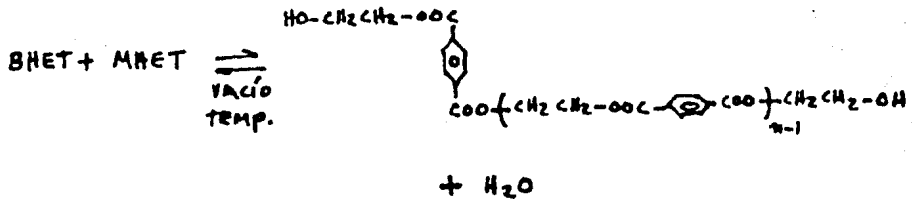
De las reacciones de policondensación, se obtienen como subproductos MEG y agua, productos que hay que extraer del proceso para evitar la reversibilidad de las reacciones.

Las reacciones mas importantes en la policondensación son:

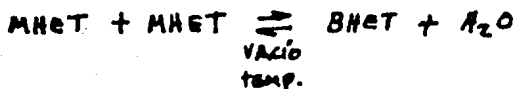
a)



b)



c)



El MEG que se obtiene, se puede utilizar otra vez en el proceso, para ello hay necesidad de destilarlo para darle la pureza requerida, ya que se obtiene impuro del proceso por contener agua y DEG.

Como ejemplo observese que en una línea de poliéster que produce 120 ton por día de poliéster, se generan 25.73 tons de MEG-Agua-DEG con una concentración de 86.0 % en peso de MEG.

Todo el MEG que se produce en el proceso de obtención de poliéster es recolectado en un tanque receptor, de aquí se envía a la unidad de recuperación de MEG para ser destilado.

I PROCESO INTERMITENTE DE RECUPERACION DE MEG

I.1 Descripción del proceso

La unidad de recuperación de MEG en un proceso intermitente, consta de una columna de rectificación de platos perforados, donde se purifica el MEG crudo.

El MEG crudo proviene de dos corrientes :

- a) MEG crudo de las líneas de producción de poliéster.
- b) MEG de puntas de la carga anterior rectificada.

En el proceso ambas corrientes de MEG impuro, se mezclan en la olla de la columna de destilación, teniéndose una mezcla MEG-Agua-DEG.

La destilación tiene tres etapas bien definidas las cuales definiremos a continuación :

ETAPA DE CABEZAS.- En esta etapa se destila casi completamente el agua que tiene la carga con pequeñas concentraciones de MEG, la destilación se efectúa a presión atmosférica, 615 mmHg y con reflujo variable para obtener una concentración mínima de MEG en el destilado. El agua que se destila se puede tirar a la atmósfera o bien puede recuperarse para darle algún otro uso después de ser tratada.

ETAPA DE PUNTAS.- Esta etapa es de transición antes de empezar a destilar el MEG, las puntas están formadas de una mezcla de Agua-MEG y se obtienen al trabajar la columna a una presión de 200 mmHg y con reflujo constante, en esta etapa se consigue destilar toda el agua que queda en la olla después de terminar la etapa de cabezas y así poder iniciar la destilación del MEG.

Las puntas se almacenan en un tanque recibidor, hasta que se transfieren a la olla para ser destiladas con la siguiente carga.

ETAPA DE CUERPOS.- En esta etapa se destila el MEG con pequeñas concentraciones de Agua y DEG, en esta etapa la columna trabaja con una presión absoluta de 80 mmHg y con reflujo variable para mantener la concentración de MEG en el destilado, la destilación se suspende cuando la presión diferencial en la columna empieza a disminuir, como consecuencia de la disminución de generación de vapores en la olla.

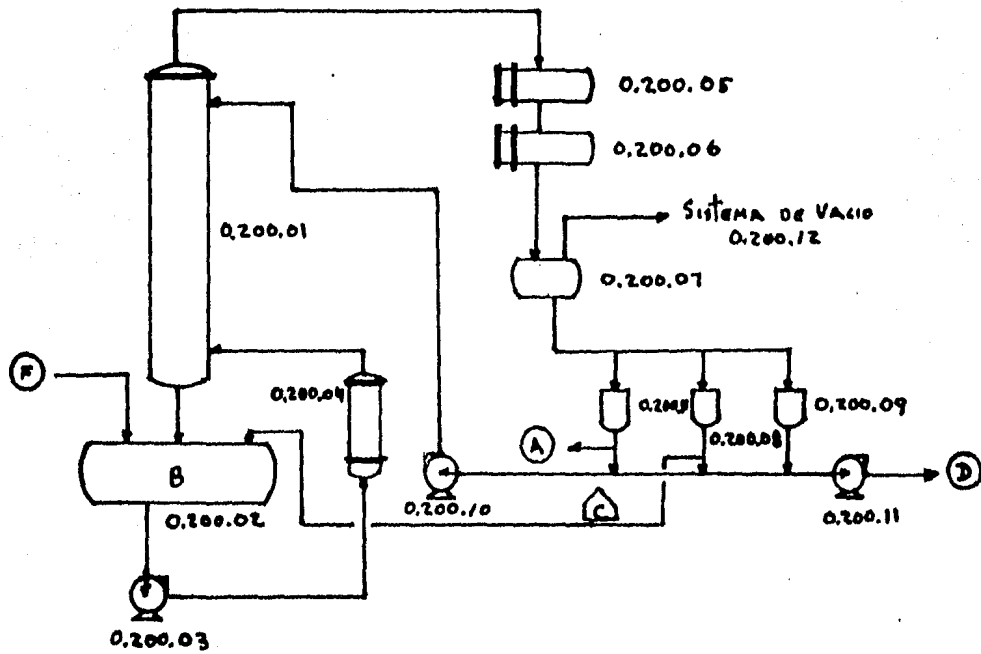
El destilado de la carga de cuerpos es recibido en un tanque, para ser analizado en contenido de Agua y DEG, si la carga está dentro de especificación, se transfiere al tanque de almacén de MEG recuperado, si está fuera de especificación se vuelve a destilar.

El residuo que queda en la olla al terminar de destilar el MEG, es

una mezcla MEG-DEG, esta se almacena y se utiliza posteriormente para lavar los reactores de las líneas de poliéster, cada vez que se requiera o en los paros programados para mantenimiento.

El tiempo total en cargar la olla y destilar completamente la carga es de 20 horas. El diseño del equipo se hará con capacidad para una línea de poliéster, para caso de este estudio.

I. 2 DIAGRAMA DE FLUIDO



- (F) - MEB CRUDO
- (A) - AGUA
- (D) - MEB RECUPERADO
- (C) - PUNTA
- B - DEG-MEB

I.3 LISTA DE EQUIPO

Tag	N° pzas	Descripción
0.200.01	1	Columna de rectificación
0.200.02	1	Olla de la columna
0.200.03	2	Bombas de recirculación de MEG crudo
0.200.04	1	Rehervidor de MEG crudo
0.200.05	1	Condensador de MEG
0.200.06	1	Subenfriador de MEG
0.200.07	1	Tanque colector
0.200.08	1	Tanque receptor de puntas
0.200.09	1	Tanque receptor de MEG recuperado
0.200.10	2	Bombas de reflujo a la columna
0.200.11	2	Bombas de transferencia de MEG recuperado
0.200.12	1	Equipo de vacío

I.4 BASES DE DISEÑO

A continuación se presentan las bases de diseño para la unidad recuperadora de MEG intermitente, para recuperar el MEG producido por una línea de poliéster.

1.- Corriente de alimentación

Fluido:	MEG - agua - DEG
Flujo:	56 679.47 lb/día
Presión:	atmosférica
Temperatura:	25 °C
Composición:	

Componente	% Peso
MEG	86.0
H ₂ O	12.5
DEG	1.5
Total	100.00

2.- Productos

a) Cabezas

Temperatura:	94.8 °C
Presión:	Atmosférica
Composición:	
Componente	% Peso

MEG	0.7
H ₂ O	99.3
Total	100.00

b) Cuerpos

Temperatura:	137 °C (domo)
Presión:	80 mmHg
Composición:	
Componente	% Peso

MEG	99.6
H ₂ O	0.2
DEG	0.2
Total	100.00

c) Fondos de la columna

Temperatura:	165 °C
Composición:	
Componente	% Peso

MEG	11.0
DEG	89.0

3.- Proceso

La unidad de recuperación de MEG se diseñará para poder recuperar el MEG - producido por una línea de poliéster, el tiempo de destilación será de 16 hrs. para producir 48 796 lb/día de MEG con una concentración de 99.6%.

4.- Servicios auxiliares disponibles

I.- Vapor de agua

a) Vapor de alta presión

Presión: 600 psig
 Temperatura: 215.5 °C

b) Vapor de mediana presión

Presión: 150 psig
 Temperatura: 175 °C

c) Vapor de baja presión

Presión: 15 psig
 Temperatura: 117 °C

II.- Agua

a) Agua de enfriamiento

Presión de suministro : 60 psig
 Presión de retorno : 30 psig (min.)
 Temperatura de suministro: 26 °C
 Temperatura de retorno : 35 °C (max.)

b) Agua de servicios

Presión: 50 psig
 Temperatura: ambiente

c) Agua contra incendio

Presión: 170 psig
 Temperatura: ambiente

d) Agua potable: garrafones

III.- Aire

a) Aire de instrumentos

Presión: 100 psig
 Temperatura: 35 °C
 Punto de rocío: - 40 °C

b) Aire de planta

Presión: 100 psig
 Temperatura: 35 °C

IV.- Electricidad

a) Alto voltaje: 440 V, 3 fases, 60 Hz
 b) Bajo voltaje: 220 V, 3 fases, 60 Hz
 c) Instrumentos: 115 V, 1 fase, 60 Hz

5.- Datos del lugar

a) Localización de la Planta

Localización: Querétaro, Qro., México
Altura SNM: 1750 mts.
Zona sísmica: 1

b) Datos meteorológicos

Presión barométrica : 615 mmHg \pm 5
Temperatura ambiente : 26 °C
Máxima promedio : 33 °C
Mínima promedio : 12 °C

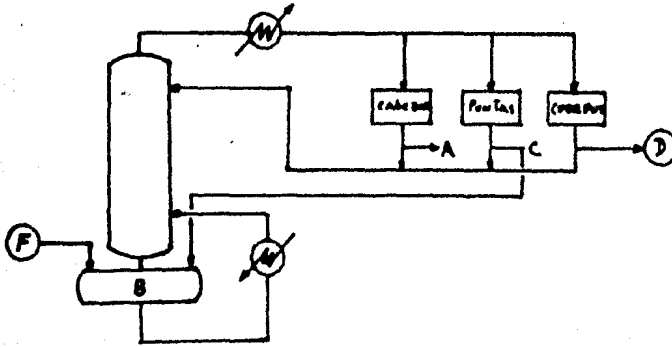
Temperatura bulbo húmedo de diseño:

Humedad relativa max. : 98 %
Humedad relativa mín. : 14 %
Vientos dominantes: NE
Vientos reinantes:
Velocidad de viento: 1.5 m/s
Precipitación pluvial: max/hora: 12.0 mm
max. en 24 hrs.: 16.8 mm

I.5.- BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

A) Balance de materia

Para realizar el balance de materia se plantea el siguiente modelo:



Balance de materia total

$$F = A + B + D \quad \dots (1)$$

Balance de materia para agua

$$X_{aF} F = X_{aA} A + X_{aB} B + X_{aD} D \quad \dots (2)$$

Balance de materia para MEG

$$X_{MF} F = X_{MA} A + X_{MB} B + X_{MD} D \quad \dots (3)$$

Balance de materia para DEG

$$X_{DF} F = X_{DB} B + X_{DD} D \quad \dots (4)$$

De la ecuación 1

$$B = F - A - D \quad \dots (5)$$

Resolviendo por ecuaciones simultaneas tenemos:

substituyendo la ec. 5 en la ec. 4

$$A = 55\,724.0 - 0.9978 D \quad \dots (6)$$

substituyendo la ec. 6 en la ec. 2

$$D = 48\,795.56 \text{ lb/dfa}$$

substituyendo el valor de D en la ec. 6

$$A = 7\,035.81 \text{ lb/dfa}$$

substituyendo los valores de A y D en la ec. 5

$$B = 848.1 \text{ lb/dfa}$$

Para determinar el flujo y la composición que se tiene en el ciclo de puntas, es necesario hacer un balance diferencial.

Esta etapa se lleva a cabo a reflujo constante, por experiencia de otros sistemas de recuperación de MEG, la relación de reflujo que se utilizará es de $R = 0.2$, la columna trabaja con un vacío de 200 mmHg.

Balance diferencial de materiales.

$$- dD = dL \quad \dots\dots (7)$$

$$- d(x,L) = y dD \quad \dots\dots (8)$$

Combinando las ecs. 7 y 8 e integrando se obtiene:

$$\ln \frac{L_1}{L_2} = \int_1^2 \frac{dx}{y-x} \quad \dots\dots (9)$$

El punto de equilibrio (x,y) estará dado por la línea de operación del sistema, para una relación de reflujo de 0.2, la pendiente de la línea de operación es:

$$\text{pend.} = \frac{R}{R+1} = 0.167$$

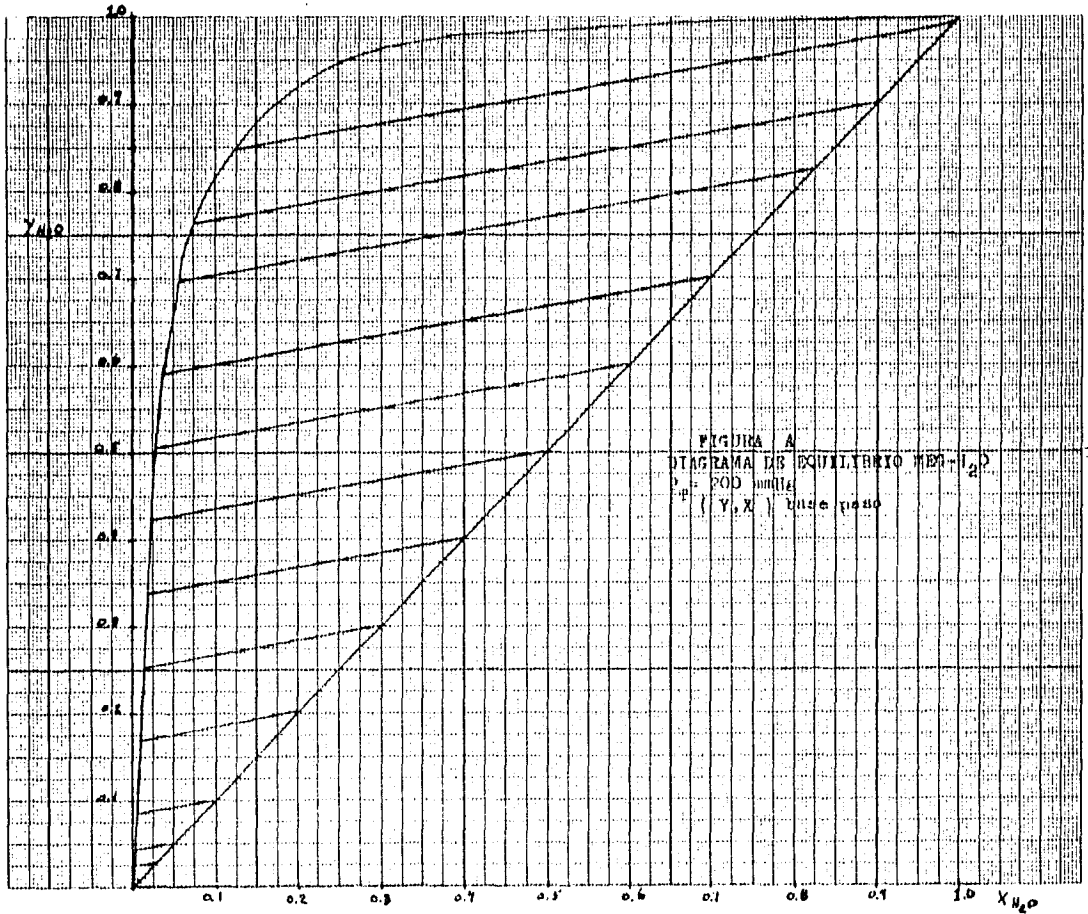
De la figura A e integrando gráficamente se obtiene:

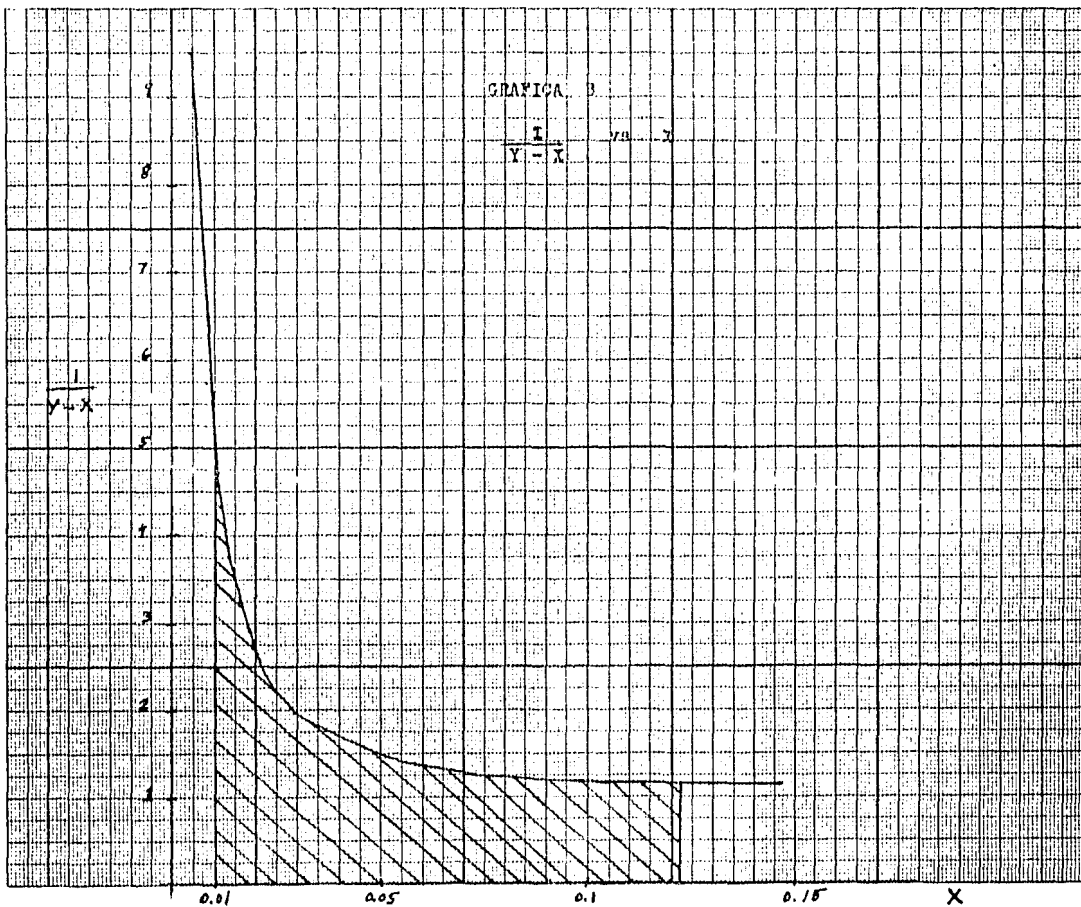
y	x	$\frac{1}{y-x}$
0.993	0.122	1.1481
0.90	0.075	1.2121
0.80	0.058	1.3477
0.70	0.038	1.5105
0.60	0.027	1.7452
0.50	0.024	2.10
0.40	0.018	2.6178
0.20	0.010	5.2631

El área bajo la curva es 0.202 (fig. B)

$$\int_1^2 \frac{dx}{y-x} = 0.202$$

$$\ln \frac{L_1}{L_2} = 0.202$$





$$\frac{L_1}{L_2} = 1.224$$

L_1 = Cantidad inicial (puntas, cuerpos y colas)

L_2 = Cantidad final (cuerpos y colas)

$L_2 = D + B = 49\,643.66$ lb/carga

$L_1 = 1.224 \times L_2 = 60\,763$ lb/carga

$C = L_1 - L_2 = 11\,120.17$ lb/carga

Cantidad de agua inicial = $0.122 \times 60\,763.83 = 7\,413.18$ lb/carga

Cantidad de agua final = $0.01 \times 49\,643.66 = 496.43$ lb/carga

Cantidad de agua en puntas = $7\,413.18 - 496.43 = 6\,916.75$ lb/carga

Cantidad de MEG en puntas = $11\,120.17 - 6\,916.75 = 4\,203.41$ lb/carga

$$\% \text{ H}_2\text{O en puntas} = \frac{6\,916.75}{11\,120.17} \times 100 = 62.2$$

$$\% \text{ MEG en puntas} = \frac{4\,203.41}{11\,120.17} \times 100 = 37.8$$

B) Balance de energía

En la destilación intermitente se tienen diferentes etapas, analizaremos cada una de ellas para determinar las cargas térmicas de los equipos de transferencia de calor.

Las etapas son:

- Calentamiento de la carga
- Destilación de cabezas (agua)
- Destilación de puntas (agua-MEG)
- Destilación de cuerpos (MEG)

a) Calentamiento de la carga.

Esta etapa consiste en calentar la carga desde su temperatura inicial hasta la temperatura de ebullición de la mezcla, por lo que el calor requerido es:

$$q_I = m \text{ cp } (T_2 - T_1)$$

$$m = 56\,679.36 \text{ lb/carga}$$

$$\text{cp}_a = 1.0 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{cp} = X_a \text{cp}_a + X_M \text{cp}_M + X_D \text{cp}_D$$

$$\text{cp}_M = 0.62 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{cp}_D = 0.54 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\text{cp} = 0.666 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$X_a = 0.125$$

$$q_I = 6\,658\,826 \text{ BTU/carga}$$

$$X_M = 0.86$$

$$X_D = 0.015$$

$$T_2 = 253 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_1 = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

b) Destilación de cabezas

en esta etapa se destila el agua a presión atmosférica, la temperatura en la olla va de 113 °C a 130 °C ($x = 0.122$) y la relación de reflujo es de 0.25

$$q_{II} = m\Delta H + m R\Delta H$$

$$m = 7\,035.81 \text{ lb/carga}$$

$$q_{II} = 1.25 m\Delta H$$

$$H = 943.95 \text{ BTU/lb}$$

$$q_{II} = 8\,301\,828 \text{ BTU/carga}$$

$$R = 0.25$$

c) Destilación de puntas

La destilación de puntas consiste en destilar una mezcla agua-MEG, con un vacío en la columna de 200 mmHg, la temperatura en la olla va de 97 °C a 143 °C ($x = 0.01$) y la relación de reflujo es 0.2

$$q_{III} = m (X_a\Delta H_a + X_M\Delta H_M) + m R (X_a\Delta H_a + X_M\Delta H_M)$$

$$q_{III} = m (X_a\Delta H_a + X_M\Delta H_M) (1 + R)$$

$$q_{III} = 10\,069\,189 \text{ BTU/carga}$$

$$X_a = 0.622$$

$$H_a = 950 \text{ BTU/lb}$$

$$X_M = 0.378$$

$$H_M = 433 \text{ BTU/lb}$$

$$m = 11\,120.17 \text{ lb/carga}$$

$$R = 0.20$$

d) Destilación de cuerpos.

Esta etapa consiste en separar el MEG del DEG, el vacío en la columna es de 80 mmHg, la temperatura en la olla es de 165 °C y la relación de reflujo es de 1.145

$$q_{IV} = m\Delta H + m R\Delta H$$

$$m = 48\,795.56 \text{ lb/carga}$$

$$q_{IV} = m\Delta H (1 + R)$$

$$R = 1.145$$

$$H = 385.91 \text{ BTU/lb}$$

$$q_{IV} = 40\,391\,840 \text{ BTU/carga}$$

Calor total:

$$q_T = q_I + q_{II} + q_{III} + q_{IV}$$

$$q_T = 65\,421\,683 \text{ BTU/carga}$$

Calor requerido en el rehervidor:

Considerando el tiempo de destilación total de $\theta = 16$ hrs.

$$Q_R = \frac{q_T}{\theta} = 4\,088\,855 \text{ BTU/hr}$$

Para determinar la carga térmica del condensador de la columna, se consideran las siguientes etapas de condensación de vapores:

- a) Condensación del destilado de la etapa de cabezas.
- b) Condensación de puntas.
- c) Condensación del destilado de cuerpos.

a) Condensación del destilado de la etapa de cabezas.

En esta etapa se condensan vapores de agua, la temperatura en el domo de la columna es 94.8°C y $R = 0.25$

$$q_I = m \Delta H (1 + R)$$

$$m = 7\,035.81 \text{ lb/carga}$$

$$R = 0.25$$

$$q_I = 8\,587\,394 \text{ BTU/carga}$$

$$H = 976.42 \text{ BTU/lb}$$

b) Condensación de puntas

Se condensa una mezcla de vapores de agua-MEG, la temperatura en el domo de la columna es de 66°C y $R = 0.2$

$$q_{II} = m (X_a \Delta H_a + X_M \Delta H_M) (1 + R)$$

$$m = 11\,120.17 \text{ lb/carga}$$

$$X_a = 0.622$$

$$H_a = 1\,008.55 \text{ BTU/lb}$$

$$X_M = 0.378$$

$$H_M = 448.92 \text{ BTU/lb}$$

$$q_{II} = 10\,653\,447 \text{ BTU/carga}$$

c) Condensación del destilado de cuerpos.

Etapas de condensación de vapores de MEG, la temperatura en el domo de la columna es de 137 °C y $R = 1.145$

$$q_{III} = m \Delta H (1 + R)$$

$$m = 48\,795.56 \text{ lb/carga}$$

$$H = 405.28 \text{ BTU/lb}$$

$$q_{III} = 42\,419\,229 \text{ BTU/carga}$$

Calor total:

$$q_T = q_I + q_{II} + q_{III}$$

$$q_T = 61\,642\,066 \text{ BTU/carga}$$

Calor requerido en el condensador:

$$Q_C = \frac{q_T}{\theta}$$

$$\theta = 14 \text{ hrs}$$

$$Q_C = 4\,403\,005 \text{ BTU/hr}$$

I.6 DISEÑO DE EQUIPO

I.6.1 Columna de rectificación

Para diseñar la columna se consideran dos sistemas en equilibrio; el sistema H₂O-MEG (cabezas) cuya volatilidad relativa es de 35.0 y el sistema MEG-DEG (cuerpos, $\alpha = 6.66$), la diferencia que existe entre las volatilidades relativas de estos sistemas, permite considerarlos como sistemas binarios.

Para el diseño de la columna se utilizará el método de McCabe-Thiele además se considera el sistema MEG-DEG por tener la menor volatilidad relativa, con las características ya definidas de la columna y el plato, se verificarán aquellas condiciones que son críticas para que la columna opere correctamente en la etapa de separación del sistema H₂O-MEG.

I.6.1 A Determinación del número de platos teóricos.

La destilación de cuerpos (MEG-DEG), se lleva a cabo a reflujo variable, para determinar el número de platos teóricos y reales se determinará el máximo reflujo de operación a la columna para obtener las concentraciones especificadas en el destilado y en el fondo de la columna.

Determinación del reflujo mínimo y el reflujo máximo de operación.

Para $x_D = 0.992$ y $x_B = 0.176$ de la fig. C tenemos:

$$\frac{x_D}{R_m + 1} = 0.468$$

$$R_m = \frac{x_D - 0.468}{0.468}$$

$$R_m = 1.11$$

De la fig. C el número de platos a reflujo total es igual a 3.4

Para determinar el reflujo máximo de operación y el número óptimo de platos se asumirán diferentes reflujos (R_D) y se graficarán contra el número de platos teóricos obtenidos para cada reflujo de la fig. C

R_D	No de platos
1.11	∞
1.12	8.4
1.14	7.6
1.18	7.0

R_D	No de platos
1.20	6.9
1.30	6.3
1.40	6.0
1.50	5.7

De la fig. D se obtienen 7.5 platos teóricos y un reflujo máximo de operación de 1.145

Determinación de la eficiencia total de la columna.

Para determinar la eficiencia de la columna se utilizará la relación de O'Connell (fig. 1, curva 2), la cuál se ha observado da buenos resultados para este tipo de sistemas.

La temperatura promedio en la columna es de 151 °C

COMPONENTE	x_i	μ_{cp}	$\mu \cdot x_i$
MEG	0.983	0.8995	0.8845
DEG	0.010	0.8634	0.0086
H ₂ O	0.007	0.177	0.0012
			0.8943

$$\alpha_{sup} = 7.286$$

$$\alpha_{inf} = 6.095$$

$$\alpha_{av} = (\alpha_{sup} \cdot \alpha_{inf})^{1/2}$$

$$\alpha_{av} = 6.66$$

$$\alpha_{av} \cdot \mu \cdot x_i = 5.95$$

De la fig. 1 :

$$e = 0.32$$

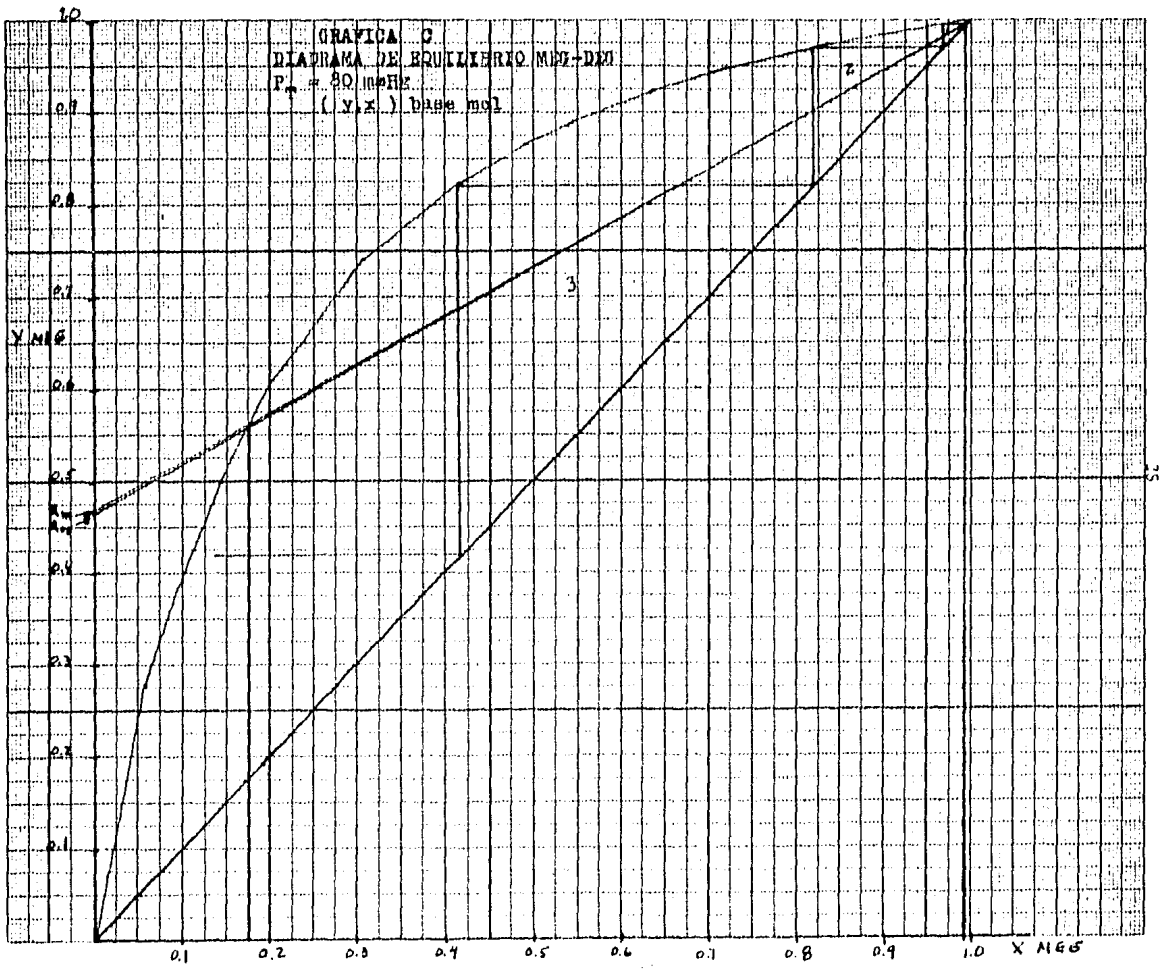
$$\text{No de platos reales} = \frac{\text{No de platos teóricos}}{e}$$

$$= \frac{7.5}{0.32} = 23.43 = 24$$

$$\text{No de platos totales} = 24 - 1 = 23 \text{ platos}$$

I.6.1B Cálculo del diámetro de la columna 0.200.01

El diámetro de la columna se determinará considerando un factor de inunda-



GRÁFICA D
Nº DE PLATOS VS R_D

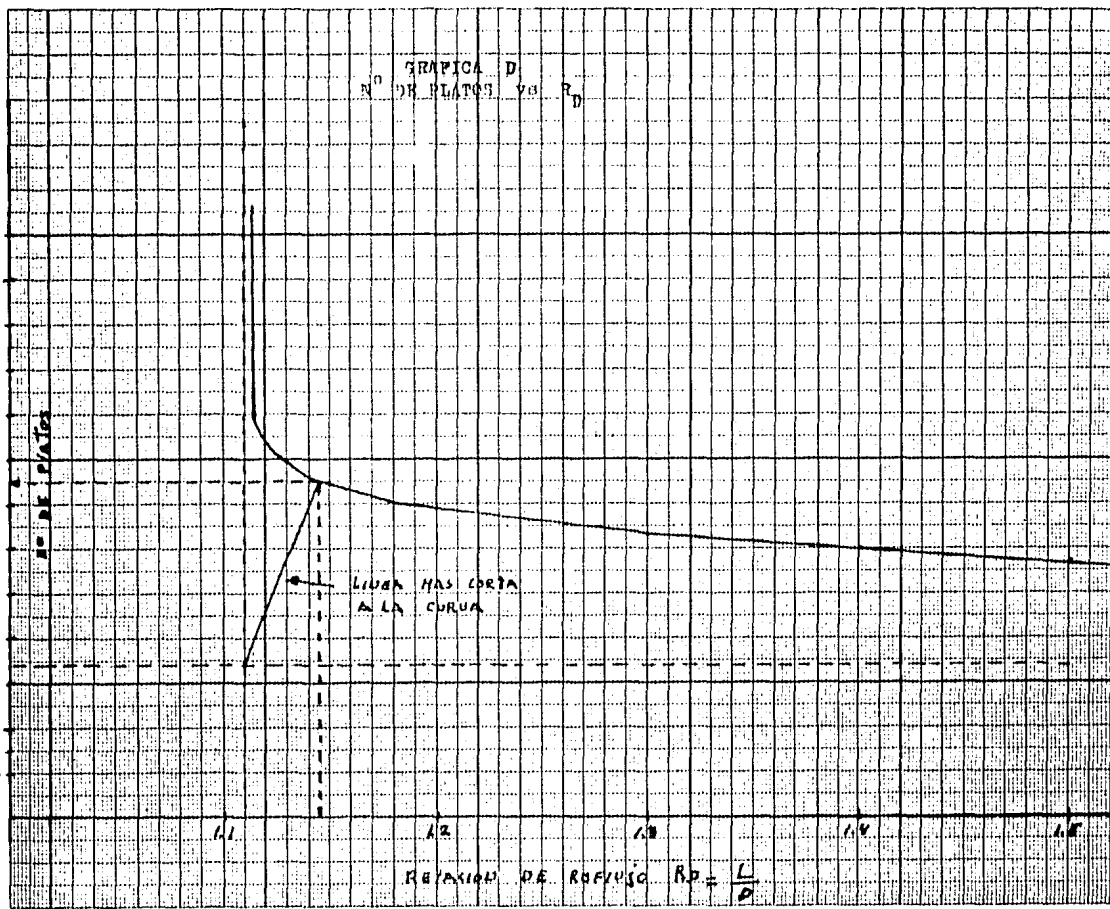
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Nº DE PLATOS

1.1 1.2 1.3 1.4 1.5

RELACION DE ROPUSO $R_D = \frac{L}{D}$

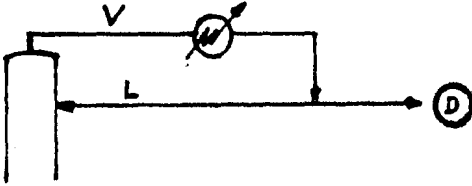
LÍNEA MAS CORTA
A LA CURVA



ción de 80 % y el máximo flujo de vapor que se tiene en la columna, el espaciado entre platos es de $S_c = 18$ pulg.

El máximo flujo de vapor se tiene en la etapa de destilación de cuerpos en la parte superior de la columna.

Haciendo un balance de material tenemos:



$$V = L + D$$

$$R_D = \frac{L}{D}$$

$$R_D = 1.145$$

$$V = 1.145 D + D$$

$$V = 2.145 D$$

$$V = 10\,466.64 \text{ lb/hr}$$

$$P_F = \frac{L}{V} \left(\frac{P_v}{P_c} \right)^{0.5}$$

$$P_F = \frac{5\,587}{10\,466.64} \left(\frac{0.01227}{63.23} \right)^{0.5}$$

$$P_F = 0.0074$$

De la fig. 2 :

$$P_c = 0.3$$

P_c corregido por $\sqrt{\quad}$

$$(P_c)_c = P_c \left(\frac{\sqrt{\quad}}{20} \right)^{0.2}$$

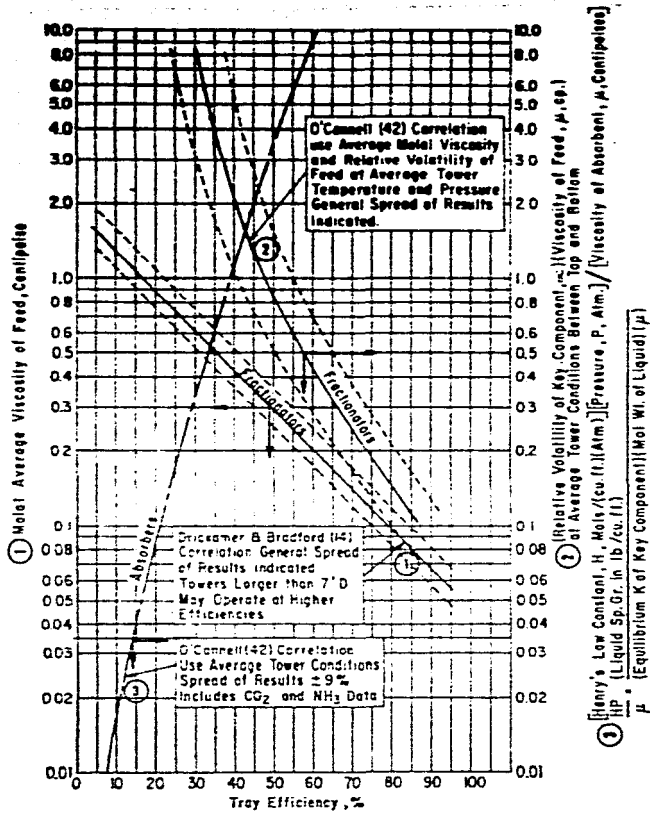


FIGURA I

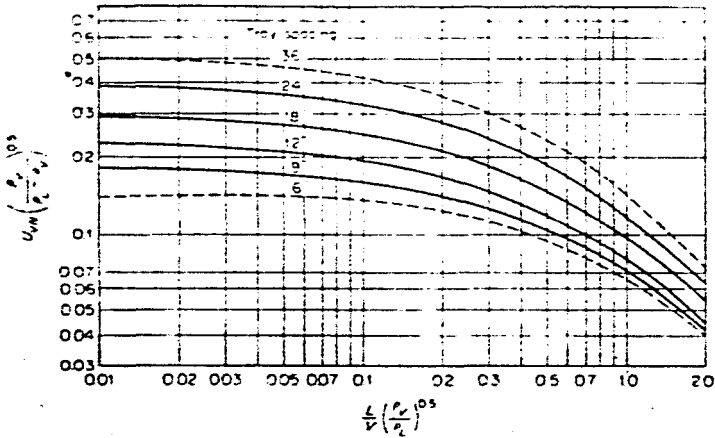


FIGURA 2

$$(P_c)_c = 0.3 \left(\frac{40}{20} \right)^{0.2} = 0.345$$

Para 100 % de inundación en la columna

$$U_{VN} = P_c \left(\frac{A - P_v}{P_v} \right)^{0.5}$$

U_{VN} = velocidad del vapor basada en el área neta, ft/seg.

$$U_{VN} = 24.8 \text{ ft/seg.}$$

Para un 80 % de inundación

$$A_N = \frac{Q_v}{U_{VN} \cdot 0.8}$$

$$Q_v = \frac{V}{P_v \times 3600}$$

$$Q_v = 236.95 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$A_N = 11.94 \text{ ft}^2$$

$$A_N = A - A_D$$

$$A_D = 0.1 A$$

$$A = A_N + A_D = A_N + 0.1 A$$

$$A = \frac{A_N}{0.9}$$

$$A = 13.26 \text{ ft}^2$$

$$D = \left(\frac{4 A}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$D = \left(\frac{4}{\pi} \cdot A \cdot 144 \right)^{0.5}$$

Diámetro seleccionado 4.1 ft

I.6.1 C Selección y diseño hidráulico del plato.

Tipo de plato:	perforados
Arreglo de flujo:	flujo cruzado
Diámetro del agujero, dh:	3/16 pulg.
$\frac{\text{pitch}}{\text{dh}}$:	3
Altura del rebozadero, h_w :	0.5 pulg.
Espesor del plato, tp :	14 gage (0.078 pulg.)
El arrastre será :	10% máximo
Tiempo de residencia del líquido en la bajante :	3 seg. mínimo

Arrastre (Entrainment)

$$\% \text{ del área de la torre} = \frac{A_D}{A} \times 100 = 10.0$$

De la fig. 3

$$\frac{I_w}{D} = 72.5 \%$$

I_w = longitud del rebozadero pulg.

$$I_w = 35.67 \text{ pulg.}$$

$$G = \frac{236.95 \times 3600 \times 0.01227}{13.20} = 792.92 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

Para dh = 0.1875 pulg. y $G = 792.92 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$ de la fig. 4 ; $g = 0.04$

Para dh = 3/16 pulg y $h_w = 0.5$ pulg. de la fig. 5 ; $f = 2.9$

$$\frac{\text{dh}}{S_t} = \frac{0.1875}{18} = 0.0104$$

$$\left(\frac{1000}{L} \right)^g = 0.975$$

$$\left(\frac{G}{1000} \right)^f = 0.51$$

$$\left(\frac{\text{dh}}{S_t} \right) \left(\frac{1000}{L} \right)^g \left(\frac{G}{1000} \right)^f = 0.0051$$

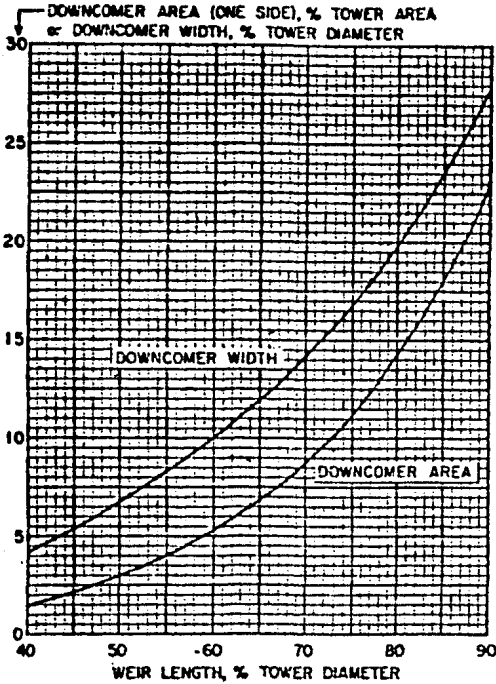


FIGURA 3

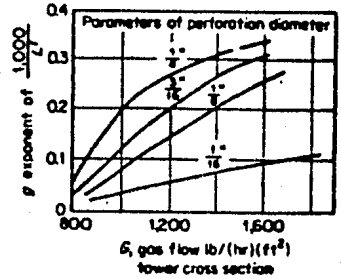


FIGURA 4

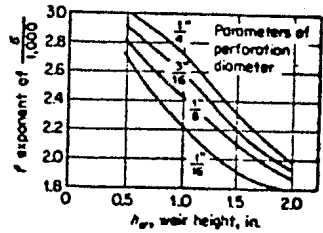


FIGURA 5

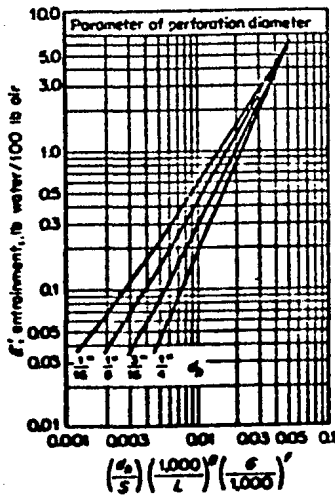


FIGURA 6

De la fig. 6

$$E' = 0.09 \text{ lb/ 100 lb}$$

$$E' \text{ corr} = E' \left(\frac{73}{\rho} \right)^{0.2} \left(\frac{\rho_v / 0.08}{\rho_L / 62.4} \right)^{0.5}$$

$$E' \text{ corr} = 0.0395 \text{ lb/ 100 lb}$$

$$\Psi' = \frac{\text{lb líquido arrastrado}}{\text{lb líquido}}$$

$$\Psi' = \frac{0.0395}{100} \times \frac{10\,466.67}{5\,587} = 0.0007$$

$$\Psi = 0.0004 \text{ lb mol/ lb mol vapor}$$

Máximo permisible 10%

Mínima velocidad en el orificio : weeping

Para determinar la mínima velocidad en el orificio, primeramente se asumirá una velocidad mínima de vapor a través del orificio, se calculará la caída de presión húmeda en el plato y de la fig. 7 se determinará el factor de velocidad, F_s . El valor asumido de v_{cm} debe ser mayor al valor leído de v_{cm} en la fig. 7

$$F_s = v_{cm} (\rho_v)^{1/2}$$

$$F_s = 7$$

$$h_{sl} = f \cdot h_w + h_{ow} = 0.5$$

$$h_o = 0.003 \frac{v_{cm}^2 \rho_v \cdot \rho_{L10}}{C_o^2 \cdot \rho_L} [1 - \beta^2]$$

$$h_T = h_o + h_{sl} + \Delta/2$$

$$\frac{dh}{tp} = 2.40 \text{ de la fig. 8 ; } C_o = 0.76$$

$$\frac{dh}{pitch} = 0.33 \text{ de la fig. 9 ; } \beta = 10.75\%$$

$$h_o = 0.248 \text{ pulg.}$$

$$\frac{\Delta}{2} \approx 0.0$$

$$h_T = 0.748 \text{ pulg. líquido}$$

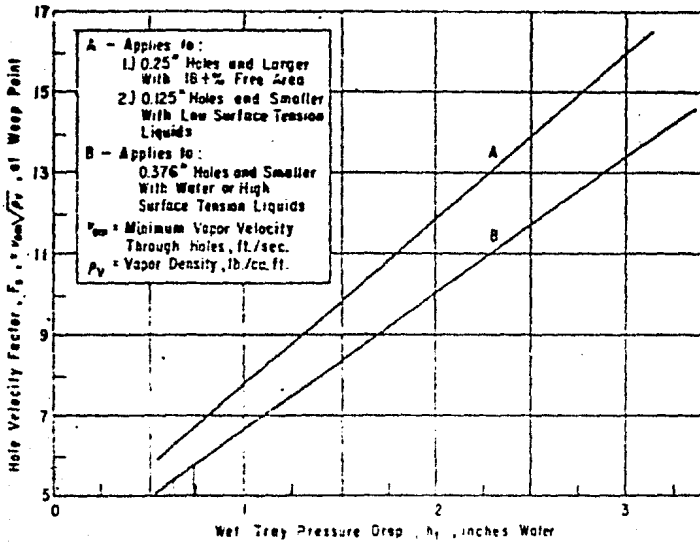


FIGURA 7

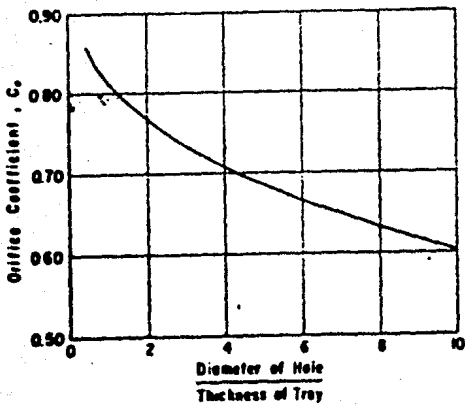


FIGURA 8

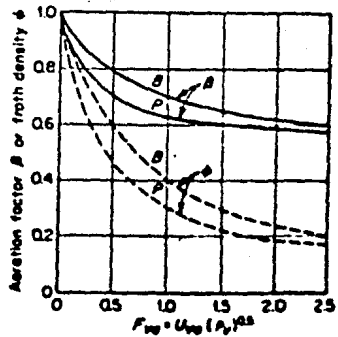


FIGURA II

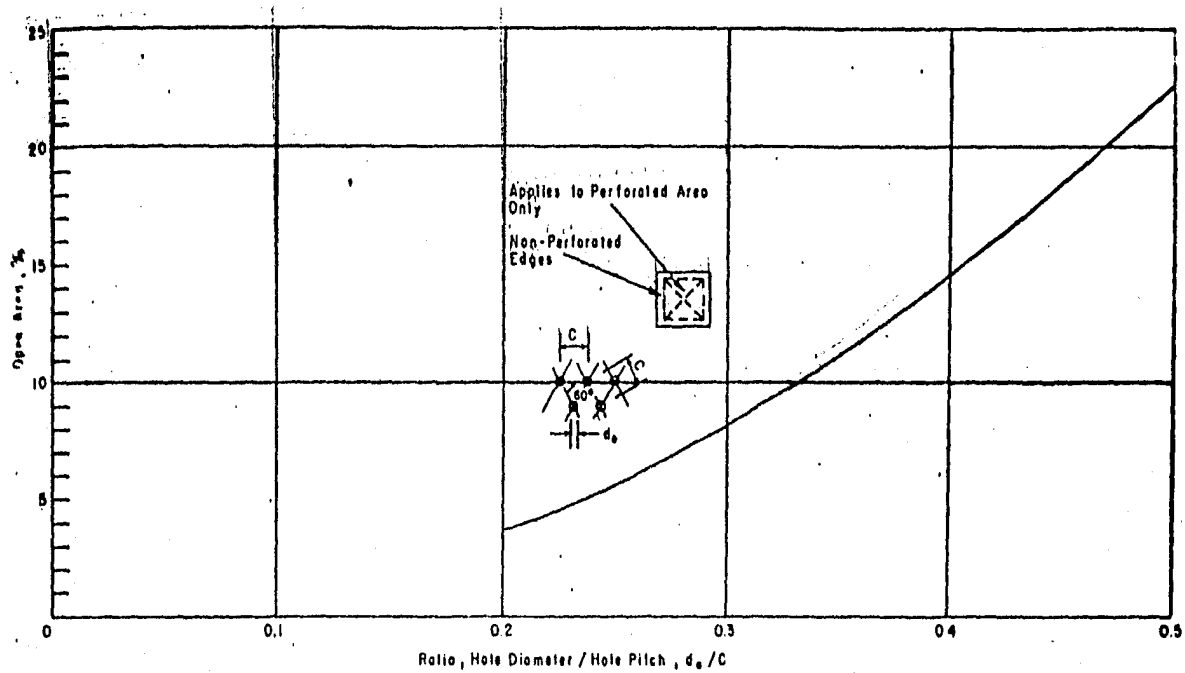


FIGURA 9

De la fig. 7 curva B ; $F_{sl} = 5.8$

$$F_s > F_{sl}$$

Máxima velocidad en el orificio: inundación

El procedimiento es el mismo que se utilizó para calcular la velocidad mínima, - con la diferencia de que tenemos que calcular la altura del líquido en el rebozo dero (H_{dc}), ya que muestra condición de inundación va a ser:

$$H_{dc} \approx H_d = 1/2 S_t$$

$$F_s = 38$$

$$h_o = 7.3 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_T = 7.8 \text{ pulg. líquido}$$

$$H_{dc} = h_T + h_w + h_{ow} + \frac{\Delta}{2} + hd$$

$$\frac{\Delta}{2} \approx hd \approx 0$$

$$H_{dc} = 8.6 \text{ pulg. líquido}$$

$$H_d = \frac{18}{2} = 9 \text{ pulg.}$$

$$H_{dc} < H_d$$

La velocidad de diseño en el orificio será:

$$F_{s \text{ max.}} > F_{sD} > F_{s \text{ min.}}$$

$$38 > F_{sD} > 7$$

Considerando una velocidad media se selecciona

$$F_{sD} = 25$$

v_{oD} en la parte superior de la columna:

$$v_{oD} = \frac{25}{(0.01227)^{1/2}} = 225.7 \text{ ft/seg.}$$

$$v_{oD} \text{ en la parte inferior de la columna; } v_{oD} = \frac{25}{(0.0253)^{1/2}} = 157.17 \text{ ft/seg.}$$

Diseño hidráulico del plato

Cálculo de la caída de presión por plato

$$h_{ow} = 0.48 F_w \left(\frac{Q_L}{I_w} \right)^{0.67}$$

$$\frac{Q_L}{(I_w)^{2.5}} = 0.723$$

De la fig. 10 ; $F_w = 1.015$

$$h_{ow} = 0.22 \text{ pulg.}$$

$$h_{BL} = f \cdot h_w + h_{ow}$$

$$F_{VA} = U_{VA} (f_v)^{0.5}$$

$$F_{VA} = \frac{236.95}{11.94} (0.01227)^{0.5} = 2.19$$

De la fig. 11 ; $f = 0.58$

$$h_{sl} = 0.51 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_o = \frac{0.003 v_o^2 f_v \cdot f_{no}}{C_o^2 \cdot f_L} [1 - \beta^2]$$

$$v_o = \frac{Q_v}{A_h}$$

$$\frac{A_h}{A} = 0.12$$

$$v_o = 148.9 \text{ ft/seg.}$$

$$h_o = 1.37 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_T = 1.88 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_T = \frac{1.88 \times 760}{12 \times 14.7 \times 144} \left(\frac{63.23 + 58}{2} \right) = 3.4 \text{ mmHg}$$

Caída de presión en la torre para 23 platos

$$P = 3.4 \times 23 = 78.2 \text{ mmHg}$$

Liquid Back up en la bajante

$$H_D = [h_T + h_w + h_{ow} + \frac{A}{2} + h_D]$$

$$h_D = 0.03 \left(\frac{Q_L}{100 A_d} \right)^2$$

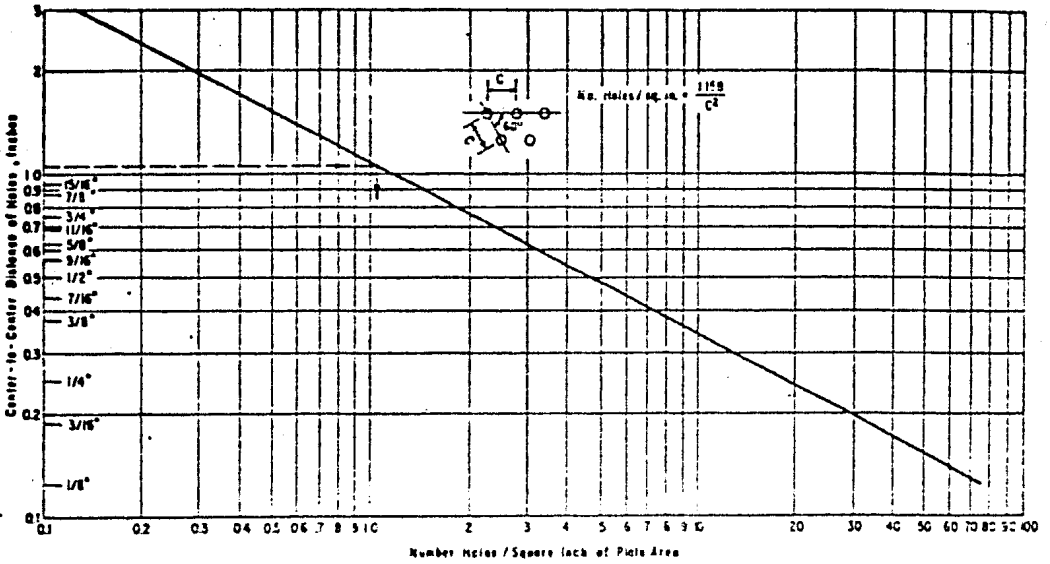


FIGURA 12

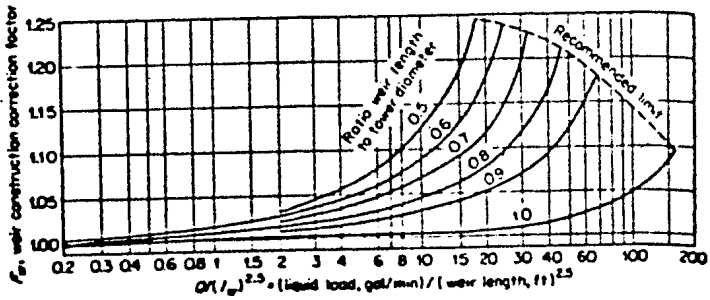


FIGURA 10

$$A_d = \frac{K \cdot I_w}{144}$$

$K = 1$ pulg (claro entre el fondo de la bajante y el plato)

$$A_d = 0.248 \text{ ft}^2$$

$$h_D = 0.006 \text{ pulg}$$

$$\frac{A}{2} = 0$$

$$H_D = 2.6 \text{ pulg líquido}$$

Tiempo de residencia del líquido en la bajante

$$\Theta = \frac{\text{Volumen de la bajante}}{\text{Flujo de líquido}}$$

$$\Theta = \frac{A_D \cdot H_D}{Q'_L}$$

$$\Theta = 11.72 \text{ seg.}$$

Número de agujeros requeridos

De la fig. 12

$$\frac{\text{Número de agujeros}}{\text{Área del plato pulg}^2} = 3.85$$

Área de un agujero de 3/16 pulg, $a_h = 0.0276 \text{ pulg}^2$

Velocidad de diseño : $F_s = 25$

$$v_o \text{ superior} = 225.69 \text{ ft/seg}$$

$$v_o \text{ inferior} = 157.17 \text{ ft/seg}$$

$$\begin{aligned} \text{No. de agujeros requeridos} &= \frac{236.95 \times 144}{225.69 \times 0.0276} = 5 \ 478 \\ \text{en la parte superior} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{No. de agujeros requeridos} &= \frac{167 \times 144}{157.17 \times 0.0276} = 5 \ 544 \\ \text{en la parte inferior} & \end{aligned}$$

Área requerida para los orificios

$$A_A = \frac{5 \ 544}{3.85} = 1 \ 440 \text{ pulg}^2 \ (10 \text{ ft}^2)$$

SUMARIO

Nº de platos	23
Diámetro de la columna	4.1 ft
Espaciado entre platos, S_t	18 pulg.
Area activa, A_N	11.94 ft ²
Area del bajante, A_D	1.326 ft ²
$\frac{A_h}{A}$	0.12
Area libre, $\frac{A_h}{A_A}$	0.1075
Diámetro del agujero, d_h	3/16 pulg.
Longitud del rebozadero, L_w	2.97 ft
Altura del rebozadero, h_w	0.5 pulg.
Espesor del plato, t_p	14 gage
Arrastre, ψ , máx 0.1	0.001 $\frac{\text{lb mol}}{\text{lb mol vapor}}$
Velocidad de diseño del vapor a través del orificio en la parte superior	225.7 ft/seg
Velocidad de diseño del vapor a través del orificio en la parte inferior	157.17 ft/seg
% inundación	30.0 %
Caída de presión por plato, máx 5 mmHg	3.4 mmHg
Tiempo de residencia en el bajante θ , mín 3 seg	12 seg.
Nº de agujeros requeridos en la parte superior de la columna	5 478
Nº de agujeros requeridos en la parte inferior de la columna	5 544

I.6.1.D Sistema H₂O - MEG

Para verificar el funcionamiento de la columna diseñada al destilar el sistema agua-MEG, primero se determinará el número de platos teóricos y reales y después las condiciones de inundación y weeping en la columna.

Para determinar el número de platos teóricos se considera una relación de reflujo de 0.25, una concentración en el destilado de $y = 0.997$ de agua y en el fondo de la columna de $x = 0.155$.

De la figura E, el número de platos teóricos requeridos son 5

Determinación de la eficiencia total de la columna. (ver I.6.1 A)

La temperatura promedio en la columna es de 122 °C

COMPONENTE	x_i	μ_i , cp	$M \cdot x_i$
MEG	0.661	1.379	0.9115
DEG	0.008	1.539	0.0123
H ₂ O	0.331	0.229	0.0758
			0.9996

$$\bar{x}_{\text{sup}} = 64.5$$

$$\bar{x}_{\text{inf}} = 20.64$$

$$\bar{x}_{\text{avg}} = 36.48$$

$$\bar{x}_{\text{avg}} \cdot M \cdot x_i = 36.48 \times 0.9996 = 36.46$$

De la figura 1

$$e = 0.25$$

$$N^{\circ} \text{ de platos reales} = \frac{5}{0.25} = 20 \text{ platos}$$

$$N^{\circ} \text{ de platos totales} = 20 - 1 = 19 \text{ platos}$$

Determinación del % de inundación de la columna.

El máximo flujo de vapor en la columna en esta etapa de destilación, es en la parte superior por lo tanto :

$$V = L + D$$

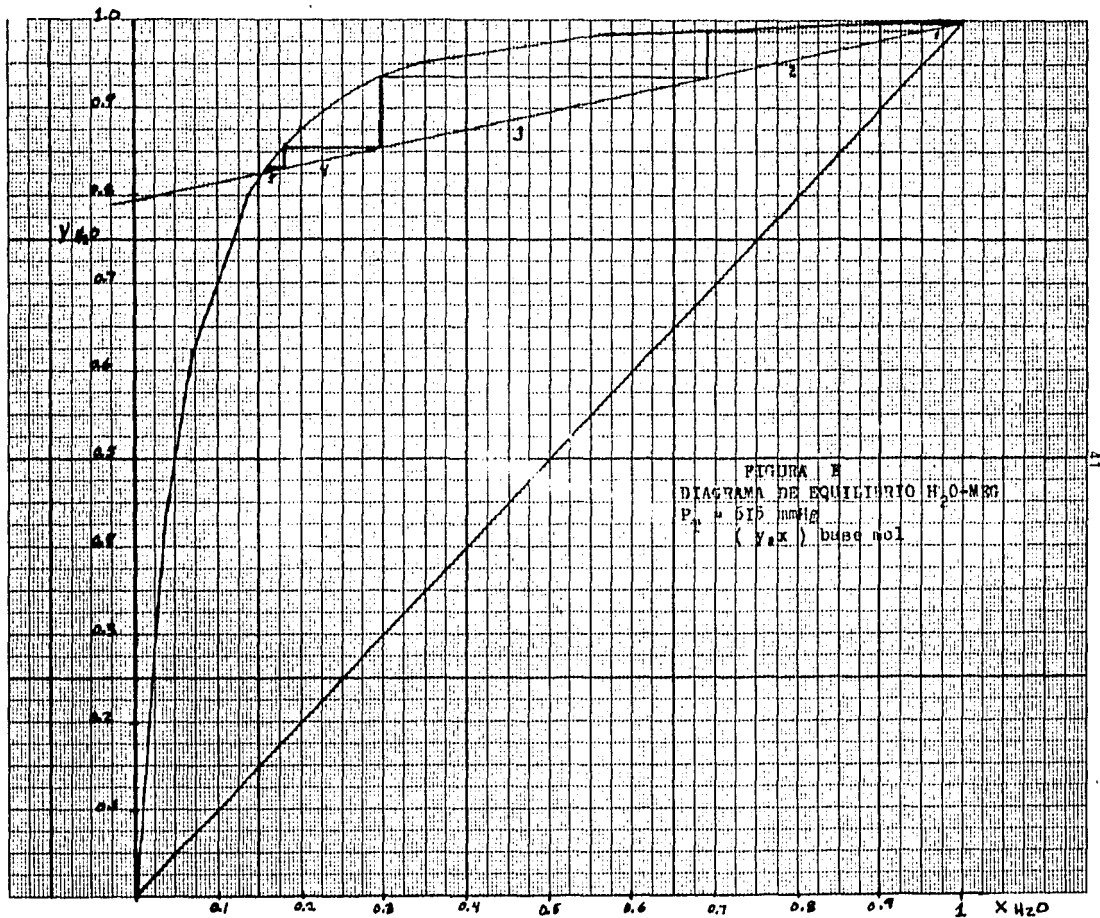
$$R_D = 0.25$$

$$V = 1.25 D$$

$$V = 1.25 \times 3\,517.9 = 4\,397.38 \text{ lb/hr}$$

$$P_F = \frac{879.48}{4\,397.38} \left(\frac{0.015}{62.3} \right)^{1/2} = 0.0031$$

De la fig. 2



$$P_c = 0.3$$

$$U_{VN} = 0.3 \left(\frac{62.3 - 0.015}{0.015} \right)^{0.5} = 19.33 \text{ ft/seg}$$

$$\% \text{ inundación} = \frac{81.43 \times 100}{19.33 \times 11.94} = 35.3$$

Mínima velocidad de vapor en el orificio " weeping "

Suponiendo $F_s = 5.5$ tenemos :

$$h_o = \frac{0.003 (5.5)^2 \times 62.3}{(0.76)^2 \times 62.3} (1 - (0.1075)^2)$$

$$h_o = 0.155 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_T = 0.155 + 0.5$$

$$h_T = 0.655 \text{ pulg. líquido}$$

De la fig. 7, curva B

$$F_{s1} = 5.4$$

$$F_s > F_{s1}$$

$$v_o = \frac{Q_v}{A_h}$$

$$v_o = \frac{81.43}{1.56} = 51.2 \text{ ft/seg}$$

$$F_A = v_o (\beta)^{0.5}$$

$$F_A = 51.2 (0.015)^{0.5} = 6.27$$

$$F_A > F_s$$

Para el sistema H_2O - MEG se requieren 19 platos contra 23 que se necesitan para separar el sistema MEG - DEG, las condiciones de inundación como " weeping " en la columna se cumplen, por lo que la columna operará sin problemas al separar el sistema H_2O - MEG.

I.6.2 Equipos de transferencia de calor

El cálculo de los equipos de transferencia de calor esta basado en el método de Kern.

I.6.2.A Condensador 0.200.05

Para el diseño del condensador se considera el mayor valor de $A \cdot U$ que se obtenga de las diferentes etapas de condensación de vapores, el calor de diseño será 1.10 del calor requerido en el condensador, Q_c

$$Q_D = 1.1 Q_c$$

$$Q_D = U \cdot A \cdot LMTD$$

$$U \cdot A = Q_D / LMTD$$

Ejemplificaremos un caso:

Condensación de cabezas

$$T_{\text{domo}} = 202.64 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Agua de enfriamiento

$$t_1 = 78.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 95 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$LMTD = \frac{(T - t_2) - (T - t_1)}{\ln \frac{(T - t_2)}{(T - t_1)}}$$

$$LMTD = 115.55 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U \cdot A = \frac{4\ 403\ 004.69 \times 1.1}{115.55} = 41\ 915.23 \frac{\text{BTU}}{\text{hr } ^\circ\text{F}}$$

	$T_{\text{domo}}, \text{ } ^\circ\text{F}$	$LMTD, \text{ } ^\circ\text{F}$	$U \cdot A$
Cabezas	202.94	115.55	41 915.23
Puntas	150.8	63.55	76 212.51
Cuerpos	278.6	191.58	25 280.84

El tipo de condensador que se selecciona es el siguiente:

Tipo de condensador:	Flujo dividido de tubos y coraza
$A \cdot U$ seleccionada:	76 212.51
Diámetro de los tubos, DE :	3/4 pulg.
Calibre del tubo :	16 BWG
Arreglo de los tubos :	<input checked="" type="checkbox"/>
Pitch, P_T :	1.0 pulg.
Longitud del tubo, L :	10 ft

Cantidad de agua de enfriamiento.

$$Q_D = m \text{ cp } \Delta T$$

$$m = \frac{Q_D}{\text{cp } \Delta t} = \frac{4\,843\,305.16}{1(95 - 78.8)} = 298\,969.45 \text{ lb/hr}$$

$$\text{Suponer } U_D = 177 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{76\,212.51}{177} = 430.57 \text{ ft}^2$$

$$\text{No. de tubos} = \frac{A}{a'' \cdot L} = \frac{430.57}{0.1963 \times 10} = 219.34 \text{ tubos}$$

Se selecciona el diámetro de la coraza de 19 $\frac{1}{2}$ pulg. para 220 tubos (tabla 9, Kern) con dos pasos en los tubos.

$$A = 0.1963 \times 10 \times 220 = 431.86 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{4\,843\,305.16}{431.86 \times 63.55} = 176.47 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El agua de enfriamiento circulará por los tubos y los vapores de MEG-H₂O por la coraza.

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

Lado de los tubos: agua de enfriamiento

$$a'_t = 0.302 \text{ pulg}^2$$

$$a_t = \frac{N_t a'_t}{144 \cdot n} = 0.2307 \text{ ft}^2$$

$$G_t = m/a_t = 1\,295\,923.06 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$V = \frac{G_t}{3\,600} = 5.77 \text{ ft/seg.}$$

De la fig. 25 (Kern)

$$T = 87 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$h_i = 1\,280 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$h_{i0} = h_i \cdot \frac{DI}{DE} = 1\,280 \times \frac{0.62}{0.75} = 1\,058.13 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Lado de la coraza: MEG - H₂O.

$$a_s = \frac{DI \cdot c' \cdot B}{144 P_T}$$

Suponiendo máximo espaciado de los deflectores

$$B = 19.25 \text{ pulg.}$$

$$c' = P_T - DE = 1.0 - 0.75 = 0.25 \text{ pulg.}$$

$$a_s = 0.6433 \text{ ft}^2$$

$$G'' = \frac{w/2}{L \cdot N_t^{2/3}} = \frac{6 \ 347.12/2}{10 (220)^{2/3}} = 8.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}}$$

$$\text{Suponiendo } h_0 = 340 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_v = 150.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_a = 86.9 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_w = T_a + \frac{h_0}{h_0 + h_{i0}} (T_v - T_a)$$

$$T_w = 102.43 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_f = \frac{(T_v + T_w)}{2} = 126.61 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$k_f = 0.155 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/ft}$$

$$s_{gf} = 1.08$$

$$\mu_f = 6 \text{ cp}$$

De la fig. 12.9 (Kern)

$$h_0 = 350 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_C = \frac{h_{i0} \cdot h_0}{h_{i0} + h_0} = 263.0 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El factor de incrustación de diseño es $R_D = 0.002$

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \cdot U_D} = \frac{263 - 176.47}{263 \times 176.47} = 0.0018$$

Cálculo de la caída de presión

Para el cálculo de la caída de presión se considera el máximo flujo de vapor en la columna, la caída de presión permisible en la coraza será 0.5 lb/pulg² y en los tubos de 5 lb/pulg²

ΔP en la coraza:

$$T_v = 278.6 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$m = 10 \ 466.64 \text{ lb/hr}$$

$$\mu_v = 0.0147 \text{ cp}$$

$$\mu_f = 0.0147 \times 2.2 = 0.0323 \text{ lb/ ft hr}$$

$$DE = 0.0792 \text{ ft}$$

$$R_e = \frac{DE G_s}{\mu}$$

$$G_s = \frac{m}{2 a_s} = 8135.11 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$R_e = 19947.39$$

De la fig. 29 (Kern)

$$f = 0.00187$$

$$\Delta P_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N + 1)}{5.22 \times 10^{10} \cdot DE \cdot s}$$

$$N + 1 = \frac{12 \cdot L}{2 \cdot B} = 3.11$$

$$\rho = 0.01227 \text{ lb/ft}^3$$

$$s = \frac{0.01227}{62.3} = 0.000197$$

$$D_s = 1.6 \text{ ft}$$

$$\Delta P_s = 0.378 \text{ psi}$$

ΔP en los tubos :

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \times 10^{10} \cdot D \cdot s \cdot \phi}$$

$$\mu = 0.85 \times 2.42 = 2.057 \text{ lb/ft hr}$$

$$R_e = \frac{D \cdot G_t}{\mu} = 32571$$

De la fig. 26 (Kern)

$$f = 0.000199$$

$$\Delta P_t = 2.47 \text{ psi}$$

$$\Delta P_R = (4 \text{ n/s}) (V^2 / 2g)$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0.22$$

$$\Delta P_R = 1.76 \text{ psi}$$

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_R = 4.23 \text{ psi}$$

I.6.2. B Rehervidor 0.200.04

En el diseño del rehervidor también se considera el mayor valor de $A \cdot U$ que se obtenga de las diferentes etapas de destilación, el calor de diseño será 1.10 del calor requerido en el rehervidor.

$$Q_D = 1.10 Q_R$$

$$Q_D = U \cdot A \cdot \text{LMTD}$$

$$U \cdot A = \frac{Q_D}{\text{LMTD}}$$

Ejemplificaremos un caso:

Calentar la carga de 77 °F a 235.4 °F con vapor de agua a una presión de 150 lb/pulg²

$$T_v = 358.42 \text{ °F}$$

$$t_1 = 77 \text{ °F}$$

$$t_2 = 235.4 \text{ °F}$$

$$\text{LMTD} = \frac{(T_v - t_2) - (T_v - t_1)}{\ln \frac{(T_v - t_2)}{(T_v - t_1)}} = 191.41$$

$$A \cdot U = \frac{1.10 \times 4\,088\,855.19}{191.41} = 23\,497.94$$

	t_1 , °F	t_2 , °F	LMTD, °F	$A \cdot U$
Calentamiento	77	235.4	191.41	23 497.94
Cabezas	235.4	266	106.99	42 038.88
Puntas	206.6	289	105.0	42 835.62
Cuerpos	289.4	324	46.43	96 871.43

El tipo de rehervidor que se selecciona es el siguiente:

Tipo de rehervidor:	Tubos y coraza
Posición del rehervidor:	vertical y con circulación forzada
$A \cdot U$ seleccionada:	96 871.43
Diámetro de los tubos, DE:	3/4 pulg.
Calibre del tubo:	16 BWG
Arreglo de los tubos:	Δ
Pitch, P_T :	1.0 pulg.
Longitud de los tubos, L:	10 ft

Cantidad de vapor de 150 lb/pulg²

$$Q_D = \lambda m$$

$$m = \frac{Q_D}{\lambda} = \frac{4\,497\,740.71}{863.6} = 5\,208.13 \text{ lb/hr}$$

$$\text{Suponer } U_D = 165 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{96\,871.43}{165} = 587.1 \text{ ft}^2$$

$$\text{No. de tubos} = \frac{A}{a'' \cdot L} = 299 \text{ tubos}$$

El diámetro de la coraza se selecciona de 21 $\frac{1}{4}$ pulg. para 302 tubos, con 2 pasos en el lado de los tubos (tabla 9, Kern)

$$A = 592.82 \text{ ft}^2$$

$$U_D = 163.40 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El vapor de agua fluirá por la coraza y la mezcla MEG - H₂O - DEG por los tubos

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

Para el vapor de H₂O

$$h_o = 1\,500 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Lado de los tubos:

MEG - DEG - H₂O

$$a'_t = 0.302 \text{ pulg}^2$$

$$a_t = \frac{N_t \cdot a'_t}{144 \cdot n} = 0.3166 \text{ ft}^2$$

$$G_t = m/a_t$$

La bomba maneja 400 GPM

$$m = \frac{400 \times 62.92 \times 60}{7.48} = 201\,882.35 \text{ lb/hr}$$

$$G_t = 637\,657.46 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$Re = \frac{D \cdot G_t}{\mu}$$

$$T = 309.2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.75 \times 2.42 = 1.815 \text{ lb/hr ft}$$

$$D = 0.0516 \text{ ft}$$

$$Re = 18\,151.86$$

De la fig. 24 (Kern)

$$J_H = 63$$

$$k \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0.11 \left(\frac{0.89 \times 1.815}{0.11} \right)^{1/3} = 0.269$$

$$h_i = J_H \frac{k}{D} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = 1.0$$

$$h_i = 328.88 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$h_{i0} = h_i \cdot \frac{DI}{DE} = 271.87 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_C = \frac{h_{i0} \cdot h_0}{h_{i0} + h_0} = 230.15 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El factor de incrustación es, $R_D = 0.002$

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \cdot U_D} = 0.0017$$

Cálculo de la caída de presión

La caída de presión permisible en la coraza es de 0.5 lb/pulg^2 , en los tubos no se especifica ya que el sistema va a trabajar a circulación forzada.

ΔP en la coraza :

$$\Delta P_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N+1)}{5.22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot s \cdot \phi_s}$$

$$R_e = \frac{D_e \cdot G_s}{\mu}$$

$$a_s = \frac{DI \cdot c' \cdot B}{144 \cdot P_T}$$

$$c' = P_T - DE = 1 - 0.75 = 0.25 \text{ pulg.}$$

$$B = 10.62 \text{ pulg.}$$

$$a_s = 0.3918 \text{ ft}^2$$

$$G_s = \frac{m}{a_s} = 13 \, 292.82 \text{ lb/hr ft}^2$$

$$T = 358.42 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.015 \times 2.42 = 0.0363 \text{ lb/ft}^2 \text{ hr}$$

$$D_e = 0.0608 \text{ ft}$$

$$R_e = 22\,264.55$$

De la fig. 29 (Kern)

$$f = 0.0018$$

$$N + 1 = 12 \cdot \frac{L}{B} = \frac{12 \times 10}{10.62} = 11.3$$

$$D_s = 1.77 \text{ ft}$$

$$\bar{v} = 3.015 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$s = \frac{1}{\bar{v}} = 0.0053$$

$$\Delta P_s = 0.189 \text{ psi}$$

ΔP en los tubos

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L \cdot n}{5.22 \times 10^{10} \cdot D \cdot s \cdot \phi}$$

$$R_e = 18\,151.86$$

$$s = 1$$

De la fig. 26 (Kern)

$$f = 0.00235$$

$$\Delta P_t = 0.705 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_R = (4 \text{ n/s}) (V^2/2 g)$$

$$V^2/2 g = 0.053$$

$$\Delta P_R = 0.42 \text{ psi}$$

$$\Delta P_T = 0.705 + 0.42 = 1.12 \text{ psi}$$

I.6.2.C. Subenfriador 0.200.06

La función del subenfriador es enfriar el MEG de $t_1 = 278 \text{ }^\circ\text{F}$ hasta $t_2 = 113 \text{ }^\circ\text{F}$, el calor de diseño será 1.10 del calor total

$$Q_T = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q_T = 10\,466.64 \times 0.64 (-113 + 278.6) = 1\,109\,269 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_D = 1.1 Q_T = 1\,220\,226 \text{ BTU/hr}$$

El tipo de enfriador que se selecciona es :

Tipo de enfriador :	tubos y coraza
Posición del enfriador :	horizontal
Diámetro de los tubos, DE :	3/4 pulg.
Calibre del tubo :	16 BWG
Arreglo de los tubos :	Δ
Pitch, P_T :	15/16 pulg.
Longitud de los tubos, L :	16 ft

Cantidad de agua de enfriamiento.

$$Q_D = m \text{ cp } \Delta T$$

$$m = \frac{Q_D}{\text{cp } \Delta T} = 75 \ 322.6 \ \text{lb/hr}$$

$$\text{Suponer } U_D = 72 \ \text{BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD} = 88.9 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$A = 190.6 \ \text{ft}^2$$

$$\text{número de tubos} = \frac{A}{a'' L} = 61 \ \text{tubos}$$

Se selecciona un diámetro de coraza de 10 pulg. para 62 tubos, con un solo paso en los tubos.

$$A = 194.73 \ \text{ft}^2$$

$$U_D = 70.48 \ \text{BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El MEG fluirá por la coraza y el agua de enfriamiento por los tubos.

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

Lado de los tubos : agua de enfriamiento

$$a'_t = 0.302 \ \text{pulg}^2$$

$$a_t = \frac{N_t \cdot a'_t}{144 \cdot n} = 0.13 \ \text{ft}^2$$

$$G_t = \frac{m}{a_t} = 579 \ 404.53 \ \text{lb/hr ft}^2$$

$$V = \frac{G_t}{3600} = 2.58 \ \text{ft/seg}$$

De la fig. 25 (Kern)

$$h_i = 660.0 \ \text{BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$h_{i0} = h_i \frac{DI}{DE} = 545.6 \ \text{BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Lado de la coraza : MEG

$$a_s = \frac{DI \cdot c' \cdot B}{144 \cdot P_T} = 0.1388 \text{ ft}^2$$

$$G_s = \frac{m}{a_s} = 75\,408 \text{ lb / hr ft}^2$$

$$D_e = 0.0458 \text{ ft}$$

$$\mu = 5.76 \text{ lb / ft hr}$$

$$k = 0.143 \text{ BTU / hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/ft}$$

$$cp = 0.64 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$$

$$h_0 = J_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$R_e = 599.6$$

De la fig. 28 (Kern)

$$J_H = 12.7$$

$$\left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 2.954$$

$$\frac{h_0}{\phi_s} = 117.13$$

$$T_w = 103 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu_w = 23.23 \text{ lb / ft hr}$$

$$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = \left(\frac{5.76}{23.23} \right)^{0.14} = 0.8226$$

$$h_0 = 96.53 \text{ BTU / hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_C = 81.88 \text{ BTU / hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El factor de incrustación de diseño es ; $R_D = 0.002$

Calculando ; $R_D = 0.0019$

Cálculo de la caída de presión.

ΔP lado de la coraza.

De la fig. 29 (Kern)

$$f = 0.0036$$

$$N + 1 = 19.2$$

$$s = 1.06$$

$$D_s = 0.8353 \text{ ft}$$

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N + 1)}{5.22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot s \cdot \phi_s} = 0.15 \text{ psi}$$

ΔP de los tubos.

$$R_e = 12\,378$$

De la fig. 26 (Kern)

$$f = 0.00026$$

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G_t^2 \cdot L_n}{5.22 \times 10^{10} \cdot D \cdot s \cdot \phi_t} = 0.517 \text{ psi}$$

$$\Delta P_R = \frac{4n}{s} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.183 \text{ psi}$$

$$\frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.0458$$

$$\Delta P_T = 0.7 \text{ psi}$$

I.6.3 Recipientes

I.6.3.A olla de la columna 0.200.02

Para el diseño se considera una relación de $L/D = 2$ y una capacidad de operación del 85 % del volumen total de la olla, la olla será cilíndrica.

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L$$

$$\frac{L}{D} = 2$$

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

w = carga inicial + carga de puntas

$$w = 66\,844.19 \text{ lb}$$

$$V = \frac{w}{\rho \cdot 0.85} = 1\,166.42 \text{ ft}^3$$

$$D = 9 \text{ ft}$$

$$L = 18 \text{ ft}$$

I.6.3.B Tanque colector 0,200,07

Para diseñar el tanque se considera el mayor flujo que recibe, un tiempo de residencia de 5 minutos y una relación de L/D de 2. El tanque es cilíndrico y operará a una capacidad del 80 % de su volumen total.

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$w_{\text{máx.}} = 10\,466.64 \text{ lb / hr}$$

$$Q = 153.28 \text{ ft}^3 / \text{hr}$$

$$V = \frac{Q \cdot \theta}{0.80} = 15.96 \text{ ft}^3$$

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$D = 2.16 \text{ ft}$$

$$L = 4.32 \text{ ft}$$

I.6.3.C Tanque receptor de agua y puntas 0,200.08

Tanque cilíndrico, L/D de 2 y una capacidad de operación del 80 %.

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$w_{\text{máx.}} = 11\,120.17 \text{ lb / carga}$$

$$V = \frac{w \cdot \nabla}{0.8} = 213.98 \text{ ft}^3$$

$$D = 5.14 \text{ ft}$$

$$L = 10.28 \text{ ft}$$

I.6.3.D Tanque recibidor de MEG recuperado 0,200,09
 Tanque cilíndrico con una L/D de 2 y una capacidad de operación del 80 %.

$$V = \frac{\pi D^3}{2}$$

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$W = 48\,795.56 \text{ lb / carga}$$

$$V = \frac{w \cdot \bar{v}}{0.80} = 878.24 \text{ ft}^3$$

$$D = 8.23 \text{ ft}$$

$$L = 16.47 \text{ ft}$$

I.6.4. Equipo de vacío 0.200.12

Para determinar la capacidad del equipo de vacío, primero se determinará la cantidad de aire que entra al sistema por concepto de uniones entre equipos, tuberías, bridas, etc.

El aire estimado en base a la tabla I es:

$$w_{\text{aire}} = 17 \text{ lb / hr}$$

$$\text{factor de seguridad} = 1.5$$

$$w_{\text{aire}} = 25 \text{ lb / hr}$$

Cantidad de condensables a las condiciones del tanque colector.

$$w_{\text{MEG}} = \frac{w_{\text{aire}} \cdot M_{\text{MEG}} \cdot P_{\text{MEG}}}{M_{\text{aire}} \cdot P_{\text{aire}}}$$

En el tanque colector la presión es de 50 mmHg y la presión parcial del MEG es de 39 mmHg, por lo tanto:

$$w_{\text{MEG}} = 189.5 \text{ lb / hr}$$

componente	lb / hr	mol / hr
aire	25	0.862
MEG	189.5	3.056
total	214.5	3.918

$$\text{peso molecular promedio} = \frac{214.5}{3.918} = 54.74$$

De la figura /3 el factor de corrección para el peso molecular es : $f = 1.27$

$$\text{aire equivalente (120 °F)} = \frac{54.74}{1.27} = 43.10 \text{ lb / hr}$$

De la fig. /4 el factor de corrección por temperatura a 70 °F es; $f_t = 0.99$

$$\text{aire equivalente a 70 °F} = \frac{43.1}{0.99} = 43.53 \text{ lb / hr}$$

Para una presión de succión de 15 mmHg y 43.53 lb / hr de aire equivalente, de la figura /5, se propone un sistema de vacío de dos etapas con un intercondensador.

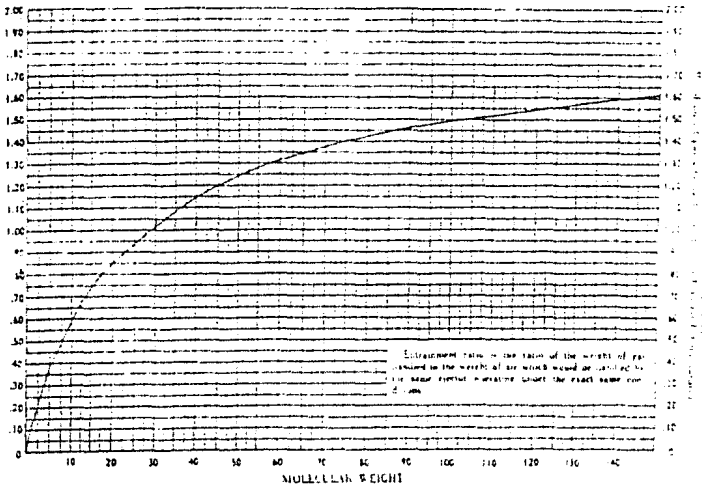


FIGURE 13

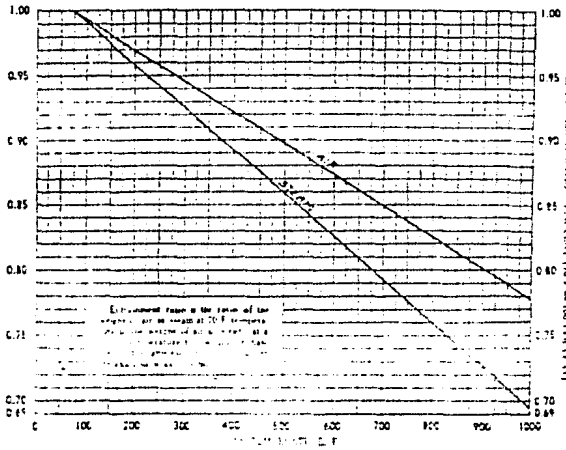


FIGURE 14

FIGURA 15 58

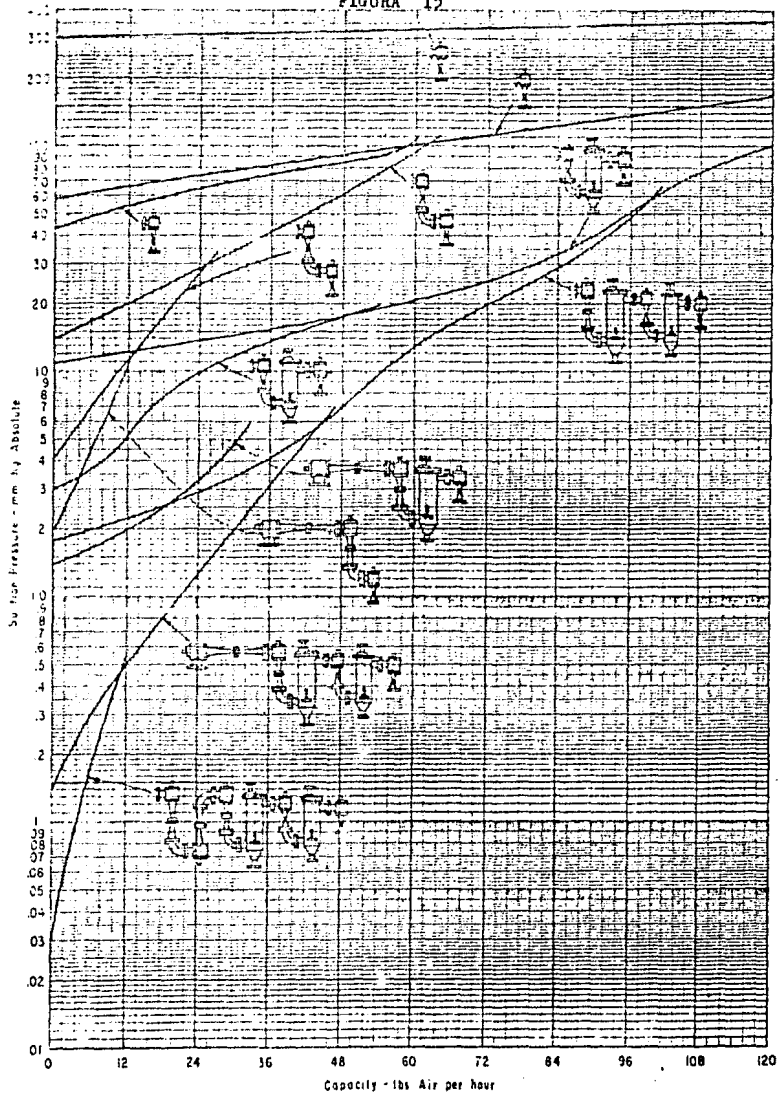


Figure 6-118: A typical relative comparison of various designs of steam jet ejectors. Based on same steam consumption, 100 psig steam pressure and 35 °F water. Curves represent the capacity of ejectors designed for maximum air handling capacity at any one particular suction pressure (Reference: Steam Jet Ejectors).

I.6.5. Bombas

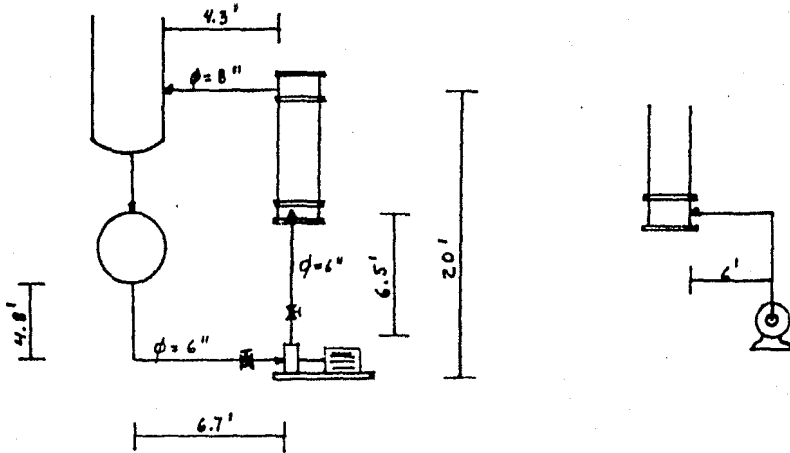
I.6.5.A Bomba de recirculación de MEG crudo 0,200,03

Gasto requerido = 400 Gpm

Temperatura de operación = 167 °C

densidad del fluido = 1.03 gr / ml

Arreglo propuesto:



Cálculo del N.P.S.H.

$$\text{N.P.S.H.} = h_z + h_{p \text{ atm.}} - h_{p \text{ vap.}} - h_L$$

Para una tubería de 6 pulg. a la succión de la bomba tenemos:

$$Q = \frac{400}{7.4 \times 60} = 0.8912 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.8912}{0.785 (0.5298)^2} = 4.04 \text{ ft / seg.}$$

Longitud equivalente para tubería de 6 pulg.

Tramos rectos de tubería	11,5
1 codo 90°	15,0
1 entrada brusca	26,0
1 contracción a 3 pulg.	11,0
1 válvula de bola	1,5
subtotal	65,0
factor de seguridad de 10%	6,5
total	71,5 ft

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g_c}$$

$$R_e = \frac{D v \rho}{\mu} = 204\,098$$

$$f = 0.017$$

$$h_L = 0.017 \left(\frac{71.5}{0.5298} \right) \frac{(4)^2}{64.4} = 0.6 \text{ ft}$$

$$h_{p \text{ atm}} = h_{p \text{ vap}} \text{ (el líquido esta en su punto de ebullición)}$$

$$N.P.S.H. = 4.8 - 0.6 = 4.2 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

$$H = h_{L1} + h_{L2} + h_z + \Delta P_{\text{rehervidor}}$$

Para una tubería de 5 pulg. tenemos :

$$v = 5.82 \text{ ft / seg}$$

Longitud equivalente :

Tramos rectos de tubería	12.5
1 codo de 90°	12.5
1 válvula de bola	1.25
1 tee	8.33
1 válvula check	62.5
1 expansión brusca	21.66
subtotal	118.74
factor de seguridad 10 %	11.87
total	130.61 ft

$$R_e = 245\,310$$

$$f = 0.0175$$

$$h_{L1} = 0.0175 \left(\frac{130.61}{0.4413} \right) \frac{(5.82)^2}{64.4} = 2.72 \text{ ft}$$

Para tubería de 8 pulg. tenemos :

$$v = 2.35 \text{ ft / seg}$$

Longitud equivalente :

Tramos rector de tubería	4.3
1 contracción brusca	45.0
subtotal	49.3

factor de seguridad 4,93
total 54.23 ft

$$R_e = 155\,537$$

$$f = 0.018$$

$$h_{L2} = 0.018 \left(\frac{54.23}{0.6947} \right) \frac{(2.35)^2}{64.4} = 0.12 \text{ ft}$$

$$\Delta P_{\text{rehervidor}} = 1.12 \text{ psi (2.51 ft)}$$

$$h_z = 20 \text{ ft}$$

$$H = 2.72 + 0.12 + 20.0 + 2.51 = 25.35 \text{ ft}$$

$$H_D = 1.2 H$$

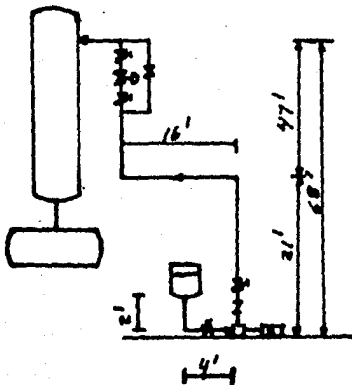
$$H_D = 30.42 \text{ ft}$$

I.6.5.B Bomba de reflujo a la columna 0.200.10

La columna trabaja con un reflujo máximo de 5 587.1 lb / hr, equivalentes a 10.2 Gpm, para el diseño de la bomba se considera lo siguiente :

$$Q_D = 1.2 Q = 13 \text{ Gpm}$$

Arreglo propuesto



Cálculo del N.P.S.H.

Para tubería de 1 pulg. tenemos :

$$v = \frac{Q_D}{A} = \frac{13}{7.48 \times 60 \times 0.785 (0.0914)^2} = 4.41 \text{ ft / seg}$$

Considerando las siguientes condiciones en el proceso (T= 80°C máx.)

a) Composición del fluido :

agua	60 %
MEG	40 %

$$\rho = 63.6 \text{ lb / ft}^3$$

$$P_{\text{vap}} = 300 \text{ mmHg}$$

$$\mu = 0.9 \text{ cp.}$$

b) Composición del fluido :

agua 0,3 %

MEG 99,7 %

$$\rho = 66.8 \text{ lb / ft}^3$$

$$P_{\text{vap.}} = 6 \text{ mmHg}$$

$$\mu = 3 \text{ cp.}$$

Longitud equivalente :

Tramos rectos de tubería	6,0
1 codo de 90°	2,5
1 válvula de bola	0,25
1 reducción a 1/2 pulg.	1,66
subtotal	10,41
factor de seguridad 10 %	1,04
total	11,45 ft

$$R_{e a)} = 42 \ 372$$

$$f_{a)} = 0,0267$$

$$R_{e b)} = 13 \ 351$$

$$f_{b)} = 0,031$$

$$h_{L a)} = 1,01 \text{ ft}$$

$$h_{L b)} = 1,17 \text{ ft}$$

$h_{P_{\text{vap}}}$ (se considera la presión mas alta)

$$h_{P_{\text{vap}}} = \frac{300 \times 14.7 \times 144}{760 \times 63.6} = 13.14 \text{ ft}$$

$$h_{P_{\text{atm}}} = \frac{615 \times 14.7 \times 144}{760 \times 63.6} = 26.93 \text{ ft}$$

$$N.P.S.H. = 2.0 + 26.93 - 13.14 - 1.17 = 14.62 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

Para una tubería de 1 pulg. la longitud equivalente es :

Tramos rectos de tubería	84.0
1 válvula check	12.5
3 válvulas de bola	0.75
5 codos de 90°	12.5
2 tee	3.33
1 válvula de globo 100% abierta	37.5
1 expansión	1.66
subtotal	152.24
factor de seguridad 10 %	15.22
total	167,46 ft

$$H = h_z + h_L + h_{\text{val control}}$$

$$h_L = \frac{0.031 \times 167.46 (4.41)^2}{0.0914 \times 64.4} = 19.91 \text{ ft}$$

ΔP en la válvula de control aprox, 15 psi

$$h_{\text{val, control}} = \frac{15 \times 144}{63.6} = 33.96 \text{ ft}$$

$$h_z = 68 - 2 = 66 \text{ ft}$$

$$H = 66 + 19.91 + 33.96 = 119.87 \text{ ft}$$

$$H_D = 1.2 H$$

$$H_D = 143.85 \text{ ft}$$

I.6.5.C Bombas de transferencia de MEG recuperado 0.200.11

Determinación de la capacidad de la bomba

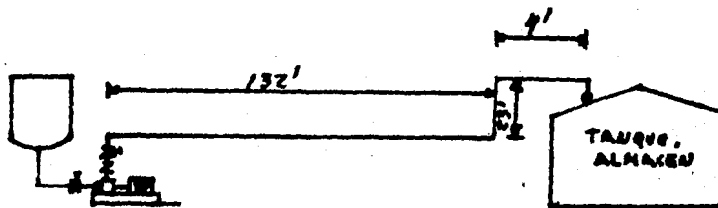
Una carga de MEG recuperado equivale a 48 795.56 lb, y se van a transferir al tanque de almacén en un tiempo de 30 minutos.

$$V = \frac{w}{\rho} = \frac{48\,795.56}{68.3} = 714.43 \text{ ft}^3$$

$$Q = \frac{V}{\theta} = \frac{714.43 \times 7.48}{30} = 178 \text{ Gpm}$$

Para el diseño de la bomba $Q_D = 180 \text{ Gpm}$

Arreglo propuesto:



Cálculo del N.P.S.H.

Para tubería de 3 pulg. tenemos:

$$v = \frac{Q_D}{A} = \frac{180}{7.48 \times 60 \times 0.785 (0.2717)^2} = 6.92 \text{ ft / seg}$$

Longitud equivalente :

Tramos rectos de tubería	8.0
1 válvula de bola	2.0
1 codo de 90°	10.0
1 contracción	6.66
subtotal	26.66
factor de seguridad 10 %	2.66
total	29.32 ft

$$R_e = 63\ 611$$

$$f = 0.022$$

$$h_L = 1.76 \text{ ft}$$

$$h_{p \text{ atm.}} = \frac{615 \times 14.7 \times 144}{760 \times 68.23} = 25.1 \text{ ft}$$

$$h_{p \text{ vap.}} = \frac{6 \times 14.7 \times 144}{760 \times 68.23} = 0.24 \text{ ft}$$

$$\text{N.P.S.H.} = 4 + 25.1 - 0.24 - 1.76 = 27.1 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

Para una tubería de 2 1/2 pulg tenemos :

$$v = 10.59 \text{ ft / seg}$$

Longitud equivalente :

Tramos rectos de tubería	159.0
1 válvula check	31.25
2 válvulas de bola	2.5
8 codos de 90°	50.0
3 tee	12.5
subtotal	255.25
factor de seguridad 10 %	25.52
total	280.77 ft

$$R_e = 78\ 681$$

$$f = 0.022$$

$$h_L = 48.98 \text{ ft}$$

$$H = h_z + h_L$$

$$H = 23 + 48.98 = 71.98 \text{ ft}$$

$$H_D = 1.2 H$$

$$H_D = 86.4 \text{ ft}$$

I.7.- ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

FGA	REVISO FGA	FGA	FECHA 3/83
CLIENTE	QUERETARO AERO	E.P.	40 PSC.
LINEAR	REGENERADOR DE NEG 0.200.04	UNIDAD	RECUPERACION DE NEG INTERMITENTE
NUMERO	573.847	FABRICANTE	
TAMARO	SUPERFICIE / CORAZA	TIPO: CORAZA Y TUBOS / TUBO ALETADO	
SUPERFICIE / UNIDAD	21 1/4 pulg	MONTAJE: VERTICAL X HORIZONTAL	530
CONECTADO EN SERIE	PARALELO	CABEZAL FLOTANTE SI NO REMOVIBLE: SI NO	
CONDICIONES DE OPERACION			
% SOBREDISEÑO	10.0	ENT. CORAZA	SAL. CORAZA
FLUIDO CIRCULANTE		VAPOR DE AGUA	NEG-AGUA-066
VAPOR (LB/HR)		5208.13	
(M3CF/D)			
LIQUIDO (LB/HR)			
(BPM)			
VAPOR DE AGUA (LB/HR)		5208.13	
TOTAL (LB/HR)			
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)			201882.35 201882.36
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)		5208.13	
GRV ESP DEL LIQUIDO BASADA EN N ₂ @ 60°F		0.015 @ 60	0.015 @ 60
VELOCIDAD DEL LIQUIDO (FPM)		0.015	0.015
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES		18	57
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)		18	57
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)			0.87
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)			
TEMPERATURA (°F)		358	358
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)			289
PRESION DE OPERACION (PSIG)		150	150
NO. DE PASOS: CORAZA 1 TUBOS 2		VELOCIDAD (FPM/PIED): CORAZA	TUBOS
CADA DE PRES. PERM. (PSI) CORAZA 0.5 TUBOS -		FACTOR DE INCrust: CORAZA	TUBOS
CADA DE PRES. DISEÑO (PSI) CORAZA TUBOS		CALOR INTERCAMB (BTU/HR)	4997990.0
COEF. DE TRANSF. SERVICIO 165 LIMPIA 230.0		M.T. CALC. (°F)	96.4
MATERIALES Y CONSTRUCCION			
PRESION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA 300 TUBOS VACIO		TEMP. DISEÑO (°F)	CORAZA 350 TUBOS 350
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA 325 LADO TUBOS		PRUEBA NEUM. (PSIG)	LADO CORAZA LADO TUBOS
COMPOSICION PERMISIBLE (PLUG) LADO CORAZA LADO TUBOS		CONDICIONES REQUERIDAS ASME SE III NO. TEMA 31.99 CALIC	
TUBOS: NO. 302 O.D. 3/4" B.W.G. 16 LONG 10 FT		ARREGLO	K O O
ALETAS: NO. ALT. ESP.		SUCETAS POR	NAT.
CORAZA: D.I. D.E. 21 1/4 pulg		CONTURON DE VAPOR	NAT. AC. 100%
TAPA DE CORAZA: ESPESOR		TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR	NAT.
CABEZAL: ESPESOR		TAPA CABEZAL: ESPESOR	NAT.
CONEJOS / TUBOS: ESPESOR		ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR	NAT.
ALAPARAS - TRANSV: ARREGLO		TIPO	ESPESOR
ALAPARAS LONG: TIPO		SELLO	ESPESOR
CONJUNTES DE TUBOS: ARREGLO		TIPO	ESPESOR
VALVULAS: DIAM. ENT.		NAT.	ESPECIFICACIONES NAT. DEL ENT.
TAPA DE TUBOS A ESPEJO		% COEFTE DE MANEJOS	
PLANTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO		NAT.	PLACA DE CHOCOS: ESPESOR
TAM DE COND. ENT. CORAZA SALIDA		TIPO	RANGO
ENT. AL CABEZAL SALIDA		TIPO	RANGO
VENTIDA: TIPO		TIPO	RANGO
VALVULAS: CORAZA		TIPO	TOTAL
VALVULAS: TUBOS		TIPO	TOTAL
VALVULAS: SERVICIO		TIPO	TOTAL
VALVULAS: DISEÑO		TIPO	TOTAL

DATE REVISED BY DATE
 APPROVED BY DATE

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

POR FEA REVISO FGA APROBADO FGA FECHA 1/83 HOJA 1 DE 1

CLIENTE QUERETARO, QRO E. P. RECUPERACION DE HEB INTERMITENTE NO REQ. _____
 UNIDAD CONDENSADOR DE HEB 0.200.05 FABRICANTE _____
 TAMAÑO SUPERFICIE / CORAZA TIPO: CORAZA Y TUBOS / TUBO ALETADO
 SUPERFICIE/UNIDAD 431.86 H² CORAZA/UNIDAD 1974 pulg² MONTAJE: VERTICAL _____ HORIZONTAL X ECC _____
 CONECTADO EN SERIE _____ PARALELO _____ CABEZAL FLOTANTE SI NO REMOVIBLE: SI/NO _____

CONDICIONES DE OPERACION

% SOBRECARGO	ENT. CORAZA		ENT. TUBOS	
	VAPORES	AGUA-HEB	AGUA	REFRIGERANTE
<u>10.0</u>				
FLUIDO CIRCULANTE				
VAPOR (LB/HR)				
(M3CF/D)				
LIQUIDO (LB/HR)			<u>298 969</u>	<u>298 969</u>
(GPM)				
VAPOR DE AGUA (LB/HR)			<u>298 969</u>	<u>298 969</u>
TOTAL (LB/HR)				
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)	<u>10 466</u>	<u>10 466</u>		
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)				
ENVM. ESP DEL LIQUIDO BASADA EN H ₂ O @ 60°F	@ _____ °F	@ _____ °F	<u>1.0 @ 60°F</u>	<u>1.0 @ 60°F</u>
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)			<u>0.85</u>	<u>0.85</u>
PERD. MOLECULAR DE LOS VAPORES	<u>62.0</u>			
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)			<u>1.0</u>	<u>1.0</u>
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)				
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)			<u>79</u>	<u>95</u>
TEMPERATURA (°F)	<u>150</u>	<u>150</u>		
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)			<u>60</u>	<u>60</u>
PRESSION DE OPERACION (PSIG)	<u>1.93</u>	<u>1.93</u>	<u>60</u>	<u>60</u>
NO. DE PASOS: CORAZA <u>1</u> TUBOS <u>2</u> VELOCIDAD (PIES/SEG): CORAZA _____ TUBOS <u>5.77</u>				
CADEN DE PRES. PERM. (PSI) CORAZA <u>0.8</u> TUBOS <u>5.0</u> FACTOR DE INCrust.: CORAZA _____ TUBOS _____				
CADEN DE PRES. DISEÑO (PSI) CORAZA _____ TUBOS _____ CALOR INTERCAM. (BTU/HR) <u>4 893 305.0</u>				
COEF. DE TRANSF. SERVICIO <u>176.47</u> LIMPIA <u>2.63</u> M.T. CALC. (°F) <u>64.0</u>				

MATERIALES Y CONSTRUCCION

PRESION DE DISEÑO (PSIG) CORAZA <u>VACIO</u> TUBOS <u>100</u> TEMP. DISEÑO (°F) CORAZA <u>350°F</u> TUBOS <u>250°F</u>
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA <u>1000</u> LADO TUBOS <u>100</u> PRUEBA HELM. (PSIG) LADO CORAZA _____ LADO TUBOS _____
CONDICION POSIBLE (PLUG) LADO CORAZA _____ LADO TUBOS _____ CODIGO REQUERIDO: ASME SI NO TEMA # NO CLASE _____
TUBOS: NO. <u>220</u> G. O. <u>3/4 pulg.</u> W. O. <u>16</u> LONG. <u>10 FT</u> ARREGLO <u>A B O</u> MAT. <u>AL INDA.</u>
ALETAS: NO. _____ ALT. _____ ESP. _____ SUJETAS POR _____ MAT. _____
CORAZA: D. I. _____ D. E. <u>1974 pulg.</u> ESP. _____ CINTURON DE VAPOR _____ MAT. <u>AL INDA.</u>
TAPA DE CORAZA: ESPESOR _____ MAT. _____ TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR _____ MAT. _____
CABEZAL: ESPESOR _____ MAT. _____ TAPA CABEZAL: ESPESOR _____ MAT. _____
ESPEJOS FLOTOS: ESPESOR _____ MAT. _____ ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR _____ MAT. _____
MAMPARAS - TRANSV: ARREGLO _____ TIPO _____ ESPESOR _____ MAT. _____
MAMPARAS LONG: TIPO _____ SELLO _____ ESPESOR _____ MAT. _____
ESPOTES DE TUBOS: ARREGLO _____ TIPO _____ ESPESOR _____ MAT. _____
*MANTES: DIAM EXT. _____ MAT. _____ ESPACIADORES _____ MAT. DEL EMPACUE _____
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO _____ % CORTE DE MAMPARAS _____
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO _____ MAT. _____ PLACA DE CIRCULO: ESPESOR _____ MAT. _____
TAM DE CONEX. ENT. CORAZA SALIDA _____ TIPO _____ RANGO TEMPORID SI NO CONEX. MAN: SI NO _____
ENT. AL CABEZAL SALIDA _____ TIPO _____ RANGO TEMPORID SI NO CONEX. MAN: SI NO _____
VENTED. SI NO _____ TIPO _____ RANGO DRENAJE _____ TIPO _____ RANGO _____
PESO (LB): CORAZA _____ BANCOS DE TUBOS _____ TOTAL _____ LLENADO DE AGUA _____
*CORAZA: LAMPIZA _____ PALANCO _____ PINTURA _____

NOTA: INDICAR DESPUES DE CADA PARTE DE SE DESTA NIVELADO DE ESFUERZO (R.E.) O RADIOGRAFADO (RAD.)

REVISADO: _____
 DISEÑADO: _____
 CALIFICACION: _____
 FECHA: _____

HOJÁ DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

NO. FGA		SERIE FGA		SERIE FGA		FECHA 2/83	
LUGAR QUERETARO, QRO				L.P. NO REG.			
SERVICIO SUBENFRIGADOR DE HGS 0.200.06				UNIDAD RECUPERACION DE HGS INTERMITENTE			
FABRICANTE				FABRICANTE			
TAMARO SUPERFICIE/ CORAZA				TIPO: CASALL Y TUBO/ TUBO ALETADO			
SUPERFICIE/ UNIDAD 199.73 FT ² CORAZA/ UNIDAD 10.0 pol ²				MONTAJE: VERTICAL _____ HORIZONTAL <input checked="" type="checkbox"/> CIC _____			
DISEÑADO EN SERIE PARALELO				CAREZAL FLUJANTE SI NO REMOVIBLE: SI NO _____			
CONDICIONES DE OPERACION							
% COMPRESION 10.0		ENT. CORAZA		CAL. CORAZA		ENT. TUBOS	
FLUIDO CIRCULANTE		HGS		AGUA		GARRAMIENTO	
VAPOR (LB/HR)							
(M3C/ D)							
LIQUIDO (LB/HR)		10466		10466		75322.6	
(BPM)							
VAPOR DE AGUA (LB/HR)							
TOTAL (LB/HR)		10466		10466		75322.6	
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)							
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)							
CAL. ESP. DEL LIQUIDO BASADO EN H ₂ O @ 60°F		1.063		1.063		1.0	
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)		2.28		2.38		1.0	
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES							
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)							
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)		0.64		0.64		1.0	
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)							
TEMPERATURA (°F)		279		113		79	
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)							
PRESION DE OPERACION (PSIG)		1.93		1.93		60	
NO. DE PASOS: CORAZA 1 TUBOS 1		VELOCIDAD (PIES/SEG) CORAZA		TUBOS		2.58	
CARGA DE PRES. PERM. (PSI) CORAZA 0.5 TUBOS 5.0		FACTOR DE MOVIMIENTO CORAZA		TUBOS			
CARGA DE PRES. DISEÑO (PSI) CORAZA TUBOS		CALOR INTERCAMBIO (BTU/HR)		1220226.0			
COEF. DE TRANS. SERVICIO 73.0		LIMPIA 83.0		MULT. CALD. (°F)		88.9	
MATERIALES Y CONSTRUCCION							
PRESION DE DISEÑO (PSIG) CORAZA 400 TUBOS 100		TEMP. DISEÑO (°F)		CORAZA 400		TUBOS 400	
PRESION DE PRUEBA (PSIG) LADO CORAZA 700 LADO TUBOS 100		PRUEBA NEUM (PSIG)		LADO CORAZA		LADO TUBOS	
CONFORME NOMENCL. (PLUG) LADO CORAZA LADO TUBOS		CODIGOS REFERENCIA: ASME		SI NO, CEAR		X NO CLASE	
TUBOS: NO. 62		O.D. 3/4" R. R. 16		LONG. 16 FT		ARREGLO	
ALETAS: NO. ALT. ESP.		SUJETAS POR		MAT.		AC-100R	
CORAZA: B.I. D.E. 10.0-pol ²		CONTURON DE VAPOR		MAT.		AC-100R	
TAPA DE CORAZA: ESPESOR		TAPA CAREZAL FLUJANTE: ESPESOR		MAT.			
CAREZAL: ESPESOR		TAPA CAREZAL: ESPESOR		MAT.			
ESPEJOS FLUJO: ESPESOR		ESPEJO FLUJANTE: ESPESOR		MAT.			
MAMPARAS - TRANSV: ARREGLO TIPO		ESPESOR		MAT.			
MAMPARAS LONG: TIPO		ZELLO		ESPESOR		MAT.	
SOPORTES DE TUBOS: ARREGLO TIPO		ESPESOR		MAT.			
FRANQUES: DIAM. EXT. MAT.		ESPATULADO		MAT. DE			
JUNTA DE TUBOS A ESPESOR		% CONTRA DE MAMPARAS					
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: T. MAT.		PLACA DE CONTRA: ESPESOR		MAT.			
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA TIPO		RANGO		TEMPERADO (SI NO) CONEX. MAN.			
ENT. AL CAREZAL TIPO		RANGO		TEMPERADO (SI NO) CONEX. MAN.			
VERTICAL: SI NO TIPO		RANGO		TEMPERADO TIPO			
TUBO "L" CORAZA		TOTAL		LADO DE			
CORAZA		MAT.		MAT.			
CORAZA		MAT.		MAT.			
CORAZA		MAT.		MAT.			

REVISO
 APR-80
 RECH

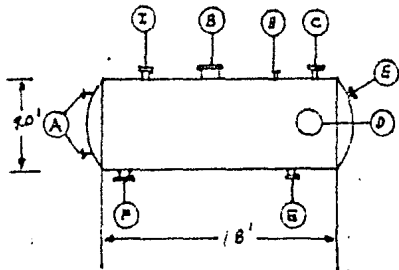
PLANTA RECUPERACION DE HEG INTERMITENTE		MILTA 1/11/83	
LOCALIZACION	Quetzaro PEO	REQUISICION N°	FECHA X/83
CALLE		FECHA POR	FSA
N° DE UNIDADES	UNA (1)	APROBADA POR	FSA

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS)

SERVICIO Olla de Destilacion de HEG CRUDO 0.200.02		POSICION VERTICAL		HORIZONTAL X	
TIPO DE FLUIDO LIQUIDO		MEZCLA HEG/AGUA/OSG		DENSIDAD 67.42 lb/ft ³	
VAPOR				DENSIDAD	
TEMPERATURA OPERACION	330 °F	DISCRO	386 °F		
PRESION OPERACION	80 mm Hg abs	DISCRO	VACIO absoluto		
DIMENSIONES LONGITUD		18.0 "		DIAMETRO 9.0 "	
NIVEL ACNUEL		7.0 " 24" MAXIMO 8.0 "		VOLUMEN TOTAL 7500 GAL	
MATERIALES CASCARON		Ac. A CARBON		CABEZAS	
MALLA SEPARADORA ESPESOR		10			
CIRCULAR DIAMETRO		10			
RECTANGULAR ANCHURAS		10 ANCHO		10	
EDMOSION FENM CASCARON		10 CABEZAS		10	
ABRILAMENTO		NO			
RELEVADO DE ENTUBOS		SI		CUDIGO	

BOQUILLAS

N°	N° REQ	TAMANO	SERVICIO
A	2	1"	CONEXIONES PARA LT
B	1	8"	ACOPLAMIENTO PARA COLUMNA
C	1	1"	ENTRADA DE PUNTAS
D	1	24"	ENTRADA DE HOMBRES
E	1	12"	MIRILLA
F	1	6"	RECIRCULACION DE HEG
G	1	1"	TERMOPOZO
H	1	3"	DISCO DE RUPTURA
I	1	3"	ENTRADA DE HEG CRUDO



NOTAS

Blank area for notes, with lines for writing.

REVISOR	
FECHA	
ING	
APROBADO	

RECUPERACION DE NEG INTRAMITANTE

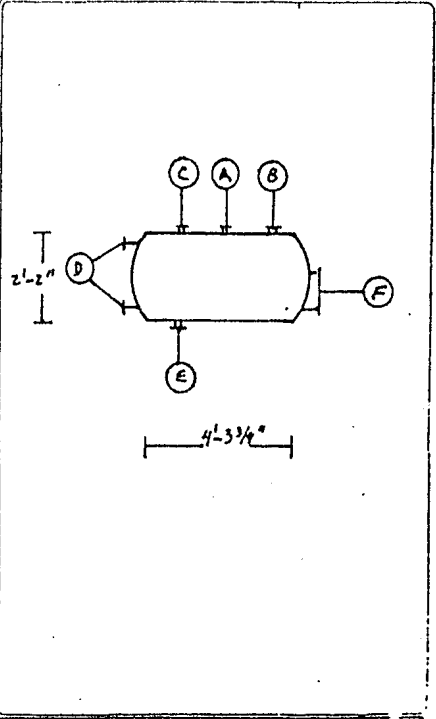
LOCALIZACION **QUEBRETARDO - QRO** MEDICION N° _____
 CALIFE _____ FECHA POR **FEA** FECHA **SE/83**
 N° DE UNIDADES **UNA (1)** APROBADA POR **FEA**

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS)

SERVICIO **TANQUE COLECTOR 0.200.07** POSICION VERTICAL _____ HORIZONTAL **X**
 TIPO DE FLUIDO LIQUIDO **HEG** DENSIDAD **68.28** 18/113
 VALOR _____ DENSIDAD _____ 18/113
 TEMPERATURA (SERVICIO) **279** °C DISEÑO **300** °F
 PRESION OPERACION **80 mmHg** PSIG DISEÑO **VACIO ABSOLUTO** PSIG
 DIMENSIONES LONGITUD **4.0** " **3 3/4** " DIAMETRO **2.0** " **2.0** " IN
 ANILAS ACERVAL **1.0** " **8 3/4** ANILAS **1.0** " **1 1/4** " VOLUMEN TOTAL **120** GAL
 MATERIALES CASCARON **AC. INOX T-304** CARREZAS **AC. INOX T-304**
 MALLA SERRACIONA - ESPESOR _____
 CIRCULAR CERRADA _____
 RECTANGULAR LUNETAS _____
 CONEXION FENM CASCARON _____
 AUMENTO SI _____ NO _____
 NECESSIDAD DE INSUFLEZA SI _____ CODIGO _____

BOQUILLAS

N°	N° REQ	TAMENO	SERVICIO
19	A	1 2"	ENTRADA DE NEG
20	B	1 6"	CONEXION PARA VACIO
21	C	1 1"	CONEXION PARA PI
22	D	2 3/4"	CONEXIONES HIDRO DE ALIVIO
23	E	1 3"	SALIDA HEG
24	F	1 12"	ENTRADA HOMBRE
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			



MATERIAL _____
 FECHA _____
 INS _____
 APROBADO _____

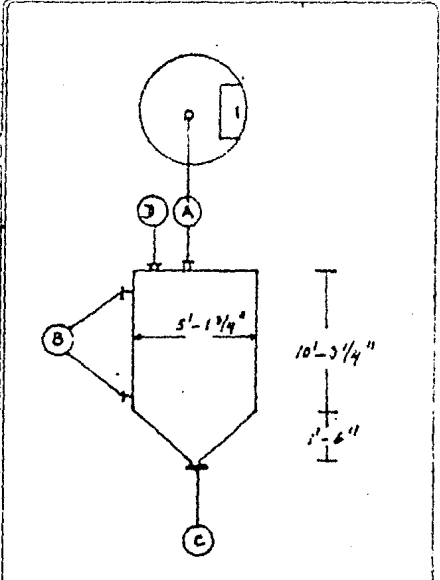
PLAN RECUPERACION DE HEG INTERMITENTE		PROYECTO N°	1 DE 1
LOCALIZACION	QUERETARO, QRO.	REGULACION N°	
CLAVE		FECHA POR	8/83
N° DE UNIDADES	UNA (1)	ELABORADA POR	FGA

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS)

SERVICIO	TANQUE RECIPIENTE DE AGUA Y PUNTA 0.200.08	POSICION VERTICAL	X	HORIZONTAL	
TIPO DE FLUIDO LIQUIDO	HECICIA AGUA - HEG	197A	DENSIDAD	64.96	197B
VAPOR		197A	DENSIDAD		197B
TEMPERATURA OPERACION	210	DISENO	250		
PRESION OPERACION	ATMOSFERICA	PSG	DISENO	ATMOSFERICA	PSIG
DIMENSIONES LONGITUD	10.0	"	DIAMETRO	5.0	"
NIVEL NOMINAL	0.0	"	NIVEL MAXIMO	9.0	"
	2 3/4	"		3.0	"
MATERIALES CASCARON	AL 100X T-304	CABEZAS	AL 100X T-304		

MALLA SEPARADORA ESPESOR	10
CIRCULAR DIAMETRO	10
RECTANGULAR LONGITUD	10, ANCHO
COMPOSICION PERM CASCARON	10, CABEZAS
ASAMBLADO SI	NO
RELEVAGO DE ENTRENIZO SI	CUANDO

BOQUILLAS			
N°	N° REQ	TAMANO	SERVICIO
17	A	1 3"	ENTRADA AGUA - HEG
18	B	2 3/4"	CONEXIONES VIDRIO DE HIERRO
19	C	1 1/4"	SALIDA AGUA - HEG
20	D	1 1/2"	VENTEO
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			



NOTAS

REVISION	
FECHA	
ING	
APROBADO	

74

PLANTA RECUPERACION DE HEG INTERMITENTE	INSTRUMENTO N°	HILERA	FECHA
LOCALIZACION QUERETARO, GRO	REGISTRACION N°		FECHA 5/83
CLAVE	FECHA POR FGA		APROBADA POR FGA
N° DE UNIDADES UNA (1)			

RECIPIENTES (HOJA DE DATOS)

SERVICIO TANQUE RECIPIENTE DE HEG RECUPERADO 0.201.01		POSICION VERTICAL	HORIZONTAL X
TIPO DE FLUIDO LIQUIDO HEG		19/A DENSIDAD 69.45	19/11°
VAPOR		19/B DENSIDAD	19/12°
TEMPERATURA OPERACION 279 °F	DISCO 3/5		
PRESION OPERACION ATMOSFERICA PSIG	LISELO ATMOSFERICA		
DIMENSIONES LONGITUD 16.0" 5 3/4"	DIAMETRO 8.0"		
NIVEL ACTUAL 6.0" 7"	N. MAXIMO 2.0" 4 1/4"	VOLUMEN TOTAL 6570 GAL	2 3/4"
MATERIALES CASCARON A.C. INOX T-304		CABEZAS A.C. INOX T-304	
MALLA SEPARADORA ESPESOR			
CIRCULAR DIAMETRO			
RECTANGULAR LONGITUD ANCHO			
CONDICION SEMI CASCARON CABEZAS			
AS. BLENDO SI			
RELEVADO DE ENTRENIZO SI CODIGO			

BOQUILLAS			
N°	N° REG	TAMANO	SERVICIO
A	1	3"	ENTRADA DE HEG
B	2	3 1/4"	CONDENSER WOPRO DE NIVEL
C	1	1 1/2"	VENTEO
D	1	3"	SALIDA DE HEG
E	1	2 1/2"	ENTRADA HOMBRE

8'-2 3/4" 16'-5 3/4"

REVISION			
FECHA			
ING			
APROBADO			

CLIENTE	REV.	D
PLANTA <u>RECUPERACION DE NEG</u>	FECHA	<u>1/83</u>
PROYECTO	POR	<u>FGA</u>
ESPECIFICACION: <u>GAAP - 001</u>	APROBADO	<u>FGA</u>

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO RECUPERACION NEG CRUDO EQUIPO NO. 0.200.03
 NO. DE UNIDADES dos (2) LOCALIZACION planta baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION <u>900 GPM</u>	CAPACIDAD DE DISEÑO
TEMP. DE OPER. NORMAL <u>167 °C</u>	TEMP. DE OPER. MAXIMA <u>180 °C</u>
CARGA DINAMICA TOTAL <u>30.42 FT</u>	PRESION DIFERENCIAL
PRESION SUCCION NORMAL <u>3.0 FT</u>	PRESION SUCCION MAX.
N.P.S.H. DISPONIBLE <u>4.2 FT</u>	POTENCIA AL FRENO ESTIMADA
PRESION DE DISEÑO CARCASA	PRESION DE PRUEBA

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBEO <u>NEG 85%</u>	PRESION DE VAPORES <u>115 lb/2</u>
VISCOSIDAD A <u>167 °C</u> <u>1.0 CP</u>	SOLIDOS EN SUSPENSION <u>NO</u>
DENSIDAD RELATIVA A <u>167 °C</u> <u>1.03</u>	SUSTANCIA CORROSIVA <u>SI</u>

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO INDUCCION H.P. * R.P.M. * NEMA III
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARROLLO: TIPO T.B.F.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE FLEXIBLE

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO	
CARCASA	NO. DE PASOS
IMPULSOR: TIPO	DIAMETRO DEL IMPULSOR <u>4</u>
FLECHA	SELLO
DIAMETRO DE SUCCION	DIAMETRO DE DESCARGA
GAMISA EN EL CUERPO	VENTILACION EN EL CUERPO

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA <u>A.I. T-3/6</u>	SELLO MECANICO
IMPULSOR <u>A.I. T-3/6</u>	ANILLO DEL SELLO
FLECHA <u>A.I. T-3/6</u>	PRENSASTOPAS
GAMISA DE LA FLECHA	BASE DE M. COLBA
ENPAQUETADURAS	OTRAS PARTES MECANICAS

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL Fabricante

CLIENTE	REV.	0					
PLANTA RECUPERACION DE H ₂ O	FECHA	4/83					
PROYECTO	POR	FSA					
ESPECIFICACION: GAAF - 002	APROBO	FSA					

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO REPLAZO A LA COLUMNA 0.200.10 EQUIPO NO. 0.200.10
 NO. DE UNIDADES dos (2) LOCALIZACION Planta Baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 10.2 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 13 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 45°C TEMP. DE OPER. MAXIMA 80°C
 CARGA DINAMICA TOTAL 143.85 ft PRESION DIFERENCIAL _____
 PRESION SUCCION NORMAL 2.0 ft PRESION SUCCION MAX. _____
 H.P.S.H. DISPONIBLE 1462 ft POTENCIA AL PRIMO ESTIADA _____
 PRESION DE DISEÑO CARCASA _____ PRESION DE PRUEBA _____

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBEO HEG PRESION DE VAPOR 300 mm Hg
 VISCOSIDAD A 80 °C 3 CP SOLIDOS EN SUSPENSION No
 DENSIDAD RELATIVA A 80 °C 1.07 SUBSTANCIA CORROSIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO INDUCCION H.P. * R.P.M. * NEMA II
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 110/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARRAZON: TIPO T.E.P.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE FLEXIBLE

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO _____
 CARCASA _____ NO. DE PASOS _____
 I PULSOR: TIPO _____ DIAMETRO DEL I PULSOR 2
 FLECHA _____ SELLO _____
 DIAMETRO DE SUCCION _____ DIAMETRO DE DESCARGA _____
 CAMISA EN EL CUERPO _____ VENTILACION EN EL CUERPO _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A-I T-3/6 SELLO MECANICO _____
 I PULSOR A-I T-3/6 ANILLO DEL SELLO _____
 FLECHA A-I T-3/6 PRENSASTOPAS _____
 CAMISA DE LA FLECHA _____ BASE DE LA BOMBA _____
 ENPAQUETADURAS _____ OTRAS PARTES MECANICAS _____

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

CLIENTE	REV.	0			
PLANTA	RECUPERACION DE HEG	FECHA	1/83		
PROYECTO		POR	FGA		
ESPECIFICACION	SAAP-003	APROBADO	FGA		

BOLBA CENTRIFUGA

SERVICIO TRANSFERENCIA HEG REC. EQUIPO NO. 0.200.11
 NO. DE UNIDADES Dos (2) LOCALIZACION PLANTA Baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 178 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 180 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 60°C TEMP. DE OPER. MÁXIMA 90°C
 CARGA DINÁMICA TOTAL 86.4 FT PRESION DIFERENCIAL _____
 PRESION SUCCION NORMAL 4 FT PRESION SUCCION MAX. _____
 N.P.S.H. DISPONIBLE 37.1 FT POTENCIA AL FRENO SEÑALADA _____
 PRESION DE DISEÑO CARCASA _____ PRESION DE PRUEBA _____

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBREADO HEG 99.7% FRACCION DE VAPORES 6 mm Hg
 VISCOSIDAD A 60°C 5 CP SOLIDOS EN SUSPENSION NO
 DENSIDAD RELATIVA A 60°C 1.09 CRYSTALLINITY CORRECTIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO INDUCCION H.P. * R.P.M. * VELOC. 1750
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARMADON: TIPO T.B.F.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE F/AXISIE

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO _____
 CARCASA _____ NO. DE PASOS _____
 IMPULSOR: TIPO _____ DIAMETRO DEL IMPULSOR *
 FLECHA _____ SELLO _____
 DIAMETRO DE SUCCION _____ DIAMETRO DE DESCARGA _____
 CAMISA EN EL CUERPO _____ VENTILACION EN EL CUERPO _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A-I T-3/6 SELLO MECANICO _____
 IMPULSOR A-I T-3/6 ANILLO DEL SELLO _____
 FLECHA A-I T-3/6 PREENALSTOPAS _____
 CAMISA DE LA FLECHA _____ BARRIL DE LA BOLBA _____
 EMPAQUETADURAS _____ OTRAS PARTES MECANICAS _____

OBSERVACIONES: X INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

ESPECIFICACION DE EQUIPO DE VACIO

I.- Planta :	Recuperación de MEG intermitente
II.- Servicio :	Columna de destilación
III.- Tag :	0.200.12
IV.- Lugar :	Querétaro (1 750 mts. sobre el nivel del mar)
V.- Capacidad :	
Vacío deseado	80 mm Hg
Flujo	45.53 lb/hr de aire equivalente a 70 °F saturado de MEG
Peso Molecular	a) aire 29 gr/mol b) MEG 62 gr/mol
VI.- Vapor disponible	150 psig saturado
VII.- Agua de enfriamiento	
Presión	60 psig
Temperatura	27 °C
VIII.- Observaciones :	Se requieren intercondensadores de <u>su</u> perficie.

I.8 INSTRUMENTACION

La instrumentación y el control al destilar una carga en el sistema intermitente, dependen directamente del operador del proceso. Las condiciones de operación de la columna se tienen que ajustar para destilar las diferentes etapas, observando la temperatura en el domo y parte media de la columna para obtener la concentración especificada en el destilado de cada etapa.

Las variables que se controlan en la destilación de cada etapa son:

- 1) la temperatura en el domo y parte media de la columna.
- 2) la presión diferencial en la columna.
- 3) el vacío en la columna.

1) Control de temperatura.- Controlar la temperatura del domo y de la parte media de la columna, permite conocer que etapa se esta destilando, cuando se deben cambiar las condiciones de operación para destilar la siguiente etapa y cuando la destilación a terminado.

La temperatura se controla mediante el reflujo a la columna y este es independiente de la temperatura, como se mencionó al principio, el operador del proceso es el que ajusta las condiciones de la columna dependiendo de la etapa que se este destilando.

Para controlar el reflujo se tiene un elemento transmisor (FT) que es una placa de orificio, el FT manda una señal traducida de electrica a neumatica a un indicador controlador de flujo (FIC), este hace accionar la válvula de control de reflujo (FCV), esta abre o cierra dependiendo de las necesidades del proceso, este sistema de control tiene su registrador de flujo (FR). La columna tiene instalados una serie de termopares (TE) desde el fondo hasta el domo para registrar la temperatura en diferentes puntos.

2) Control de la presión diferencial en la columna.- La presión diferencial se controla para mantener la estabilidad de la columna, además de indicar cuando se debe parar la destilación.

Para controlar la presión diferencial, se tiene un elemento transmisor de presión diferencial (PDT), con dos tomas de presión localizadas en el fondo y en la parte superior de la columna, el PDT hace la diferencia de presiones y manda una señal neumatica a un indicador controlador de presión diferencial (PDIC), el cuál hace actuar la válvula de control de vapor de agua (PDCV) al rehervidor mediante una señal neumatica.

3) Control de vacío en la columna.- Trabajar con vacío permite efectuar la separación de los tres componentes sin utilizar altas temperaturas en la columna.

El vacío se controla mediante un elemento transmisor de vacío (PT), instalado en la parte superior de la columna, el PT manda una señal neumática a un indicador controlador de vacío (PIC) y este hace actuar a la válvula de control de vacío (PCV) mediante una señal neumática, se tiene un registrador de vacío para conocer el comportamiento del proceso durante la destilación de cada etapa.

En el proceso se tienen otros instrumentos localizados en el campo, estos actúan como indicadores (nivel, presión, temperatura.) y dan una referencia del comportamiento del proceso en el instante de observarlos.

II PROCESO CONTINUO DE RECUPERACION DE MEG

II.1 Descripción del proceso

La unidad de recuperación de MEG en un proceso continuo, consta de dos columnas de rectificación de platos perforados, donde se purifica el MEG.

El MEG impuro proviene directamente de las líneas de poliéster, teniendo una mezcla de MEG-Agua-DEG.

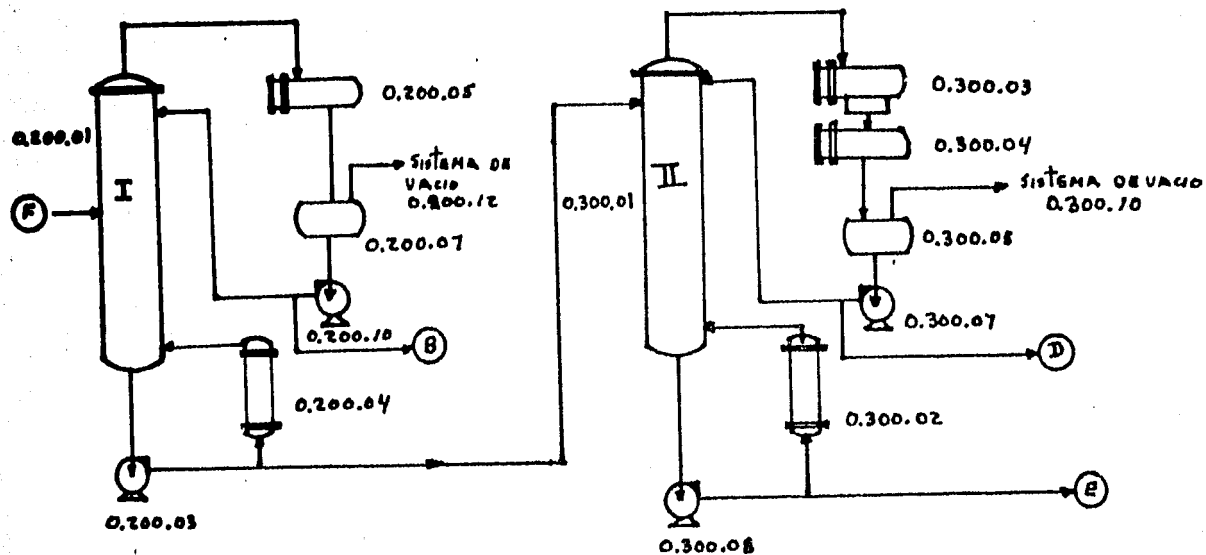
En la columna I se alimenta el MEG impuro, separandose el Agua en la parte superior de la columna con pequeñas concentraciones de MEG, el Agua se puede tirar al drenaje o ser tratada para darle algún otro uso.

La columna I trabaja con una presión absoluta de 300 mmHg, en el fondo de la columna se obtiene la mezcla MEG-DEG con pequeñas concentraciones de Agua, esta mezcla se alimenta a la columna II para separar el MEG.

La columna II trabaja con una presión absoluta de 80 mmHg, en la parte superior de la columna se obtiene el MEG ya puro con pequeñas concentraciones de Agua y DEG, en el fondo de la columna se obtiene una mezcla MEG - DEG, la cuál se almacena para utilizarse posteriormente en el lavado de los reactores de las líneas de poliéster.

El MEG recuperado es enfriado a 40 °C y se recibe en un tanque receptor, en donde se toman muestras para analizar la concentración de MEG para después ser transferido al tanque de almacén.

TI 2 DIAGRAMA DE FLUJO



- (F) - MEG CRUDO
- (B) - AGUA
- (D) - MEG RECUPERADO
- (E) - DEG

II.3 LISTA DE EQUIPO

Tag	No Pzas	Descripción
0.200.01	1	Columna I de destilación Agua-MEG
0.200.03	2	Bombas de recirculación de MEG crudo
0.200.04	1	Rehervidor de MEG crudo
0.200.05	1	Condensador Agua-MEG
0.200.07	1	Tanque colector
0.200.10	2	Bombas de reflujo a la columna I
0.200.12	1	Equipo de vacío
0.300.01	1	Columna II de destilación MEG-DEG
0.300.02	1	Rehervidor de DEG
0.300.03	1	Condensador de MEG
0.300.04	1	Subenfriador de MEG
0.300.05	1	Tanque colector
0.300.06	1	Tanque recibidor de MEG
0.300.07	2	Bombas de reflujo a la columna II
0.300.08	2	Bombas de recirculación de DEG
0.300.09	2	Bombas de transferencia de MEG
0.300.10	1	Equipo de vacío

II.4 BASES DE DISEÑO

A continuación se presentan las bases de diseño para la unidad de recuperación continua de MEG

1.- Corriente de alimentación a columna I (Agua-MEG)

Fluido :	Agua-MEG-DEG
Presión :	30 psig
Temperatura :	ambiente
Composición :	
Componente	% peso
MEG	86.0
H ₂ O	12.5
DEG	1.5
Total	100.0

2.- Productos columna I

a) Domo de la columna

Presión :	300 mmHg
Temperatura :	76 °c
Composición :	
Componente	% peso
MEG	0.7
H ₂ O	99.3
total	100.0

3.- Productos columna II (MEG-DEG)

a) Domo de la columna

Presión :	80 mmHg
Temperatura :	137 °c
Composición :	
Componente	% peso
MEG	99.75
H ₂ O	0.10
DEG	0.15
Total	100.00

b) Fondo de la columna

Temperatura :	165 °c
Composición :	
Componente	% peso
MEG	4.0
DEG	96.0
Total	100.0

4.- Proceso

La unidad de recuperación de MEG continua dará capacidad a cuatro líneas de poliéster, la unidad de recuperación esta formada de dos columnas de destilación, la columna I separa el sistema Agua-MEG y la columna II separa al sistema MEG-DEG operando a 300 mmHg y 80 mmHg respectivamente.

5.- Servicios auxiliares disponibles

Serán los mismos que se especificaron para la unidad de recuperación de MEG intermitente.

II.5 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

A) Balance de materia

Se presentan dos balances de materia, uno para la mínima y otro para la máxima capacidad a la que pueden operar las columnas sin que se presenten las condiciones de "weeping" e inundación.

Modelo propuesto :

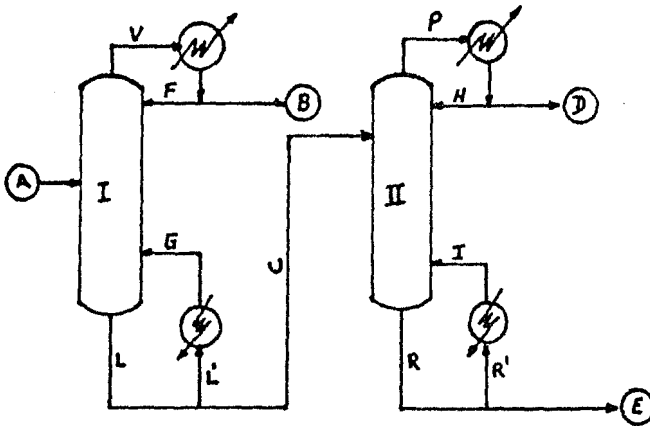


FIGURA 1

a) Mínima capacidad

Balance total de materia

$$A = B + D + E \quad \text{.....1)}$$

Balance de materia para agua

$$X_{AA} A = X_{AB} B + X_{AD} D \quad \text{.....2)}$$

Balance de materia para MEG

$$X_{MA} A = X_{MB} B + X_{MD} D + X_{ME} E \quad \text{.....3)}$$

Balance de materia para DEG

$$X_{DA} A = X_{DD} D + X_{DE} E \quad \text{.....4)}$$

De la ecuación 1)

$$B = A - D - E \quad \text{.....5)}$$

$$A = 4\,800 \text{ lb / hr} \quad \text{.....6)}$$

Resolviendo por ecuaciones simultaneas tenemos :

Substituyendo la ecuación 5) en la ecuación 2) :

$$D = 4\,200 - 1.001 E \quad \text{.....7)}$$

sustituyendo la ecuación 7) en la ec. 4)

$$E = 68.54 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 8)$$

sustituyendo la ecuación 8) en la ecuación 7)

$$D = 4 \ 131.39 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 9)$$

sustituyendo las ecuaciones 8) y 9) en la ec. 5)

$$B = 600 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 10)$$

Si una línea de poliéster genera 2 361.64 lb/hr de una mezcla MEG-DEG-Agua, el número de líneas de poliéster que se requieren para que el sistema trabaje a la mínima capacidad sin afectar la estabilidad de las columnas es:

$$\text{No de líneas de poliéster} = \frac{4 \ 800}{2 \ 361.64} = 2.0$$

b) Máxima capacidad

$$A = 10 \ 697 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 11)$$

sustituyendo la ecuación 5) en la ec. 2)

$$D = 9 \ 359.87 - 1.001 \ E \quad \dots\dots 12)$$

sustituyendo la ecuación 12) en la ecuación 4)

$$E = 152.75 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 13)$$

sustituyendo la ec. 13) en la ec. 12)

$$D = 9 \ 206.97 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 14)$$

sustituyendo las ecuaciones 13) y 14) en la ecuación 5)

$$B = 1 \ 337.28 \text{ lb / hr} \quad \dots\dots 15)$$

$$\text{No de líneas de poliéster} = \frac{10 \ 697}{2 \ 361.64} = 4.5$$

Determinación del flujo y la composición de la corriente C.

a) Mínima capacidad

Balance de materia en la columna II

Balance total

$$C = D + E \quad \dots\dots 16)$$

Balance de materia para agua

$$X_{AC} \ C = X_{AD} \ D \quad \dots\dots 17)$$

Balance de materia para MEG

$$X_{MC} C = X_{MD} D + X_{ME} E \quad \text{.....18)}$$

Balance de materia para DEG

$$X_{DC} = 1 - X_{MC} - X_{AC} \quad \text{.....19)}$$

De la ec. 16)

$$C = 4\,199.93 \text{ lb/hr} \quad \text{.....20)}$$

Substituyendo la ec. 20) en la ec. 17)

$$X_{AC} = 0.001 \quad \text{.....21)}$$

Substituyendo la ec.20) en la ec. 18)

$$X_{MC} = 0.9818 \quad \text{.....22)}$$

Substituyendo las ecs. 21) y 22) en la ec. 19)

$$X_{DC} = 0.0172$$

b) Máxima capacidad

De la ec. 16)

$$C = 9\,359.72 \text{ lb/hr}$$

$$X_{AC} = 0.001$$

$$X_{MC} = 0.9818$$

$$X_{DC} = 0.0172$$

B) Balance de energía

El balance de energía se hará considerando la máxima capacidad de la unidad de recuperación, se utilizarán las relaciones de reflujo determinadas en las partes II.6.1 y II.6.2.

1) Columna I

De la fig. 1 el balance de calor en el condensador es igual:

$$Q_V = Q_C + Q_F + Q_B$$

$$Q_C = Q_V - (Q_F + Q_B) \quad \text{.....1)}$$

$$Q_V = w_V (cp\Delta T + X_{AV} h_A^\circ + X_{MV} h_M^\circ) \quad \text{.....2)}$$

$$Q_F = w_F cp\Delta T \quad \text{.....3)}$$

$$Q_B = w_B cp\Delta T \quad \text{.....4)}$$

$$w_V = w_F + w_B \quad \text{.....5)}$$

substituyendo las ecuaciones 2), 3), 4) y 5) en la ec. 1)

$$Q_C = w_V (X_{AV} h_A^\circ + X_{MV} h_M^\circ) \quad \text{.....6)}$$

$$h_A^\circ = 995.53 \text{ BTU/lb}$$

$$h_M^\circ = 442.1 \text{ BTU/lb}$$

$$w_V = 1337.28 + 0.3 (1337.28) = 1738.46 \text{ lb/hr}$$

$$Q_C = 1738.46 (0.993 \times 995.53 + 0.007 \times 442.1) = 1\,723\,954 \text{ BTU/hr}$$

Haciendo el balance de energía en el rehervidor tenemos :

$$Q_{L'} + Q_R = Q_G \quad \text{.....7)}$$

$$Q_{L'} = w_{L'} cp \Delta T \quad \text{.....8)}$$

$$Q_G = w_G (cp \Delta T + X_{AG} h_A^\circ + X_{MG} h_M^\circ + X_{DG} h_D^\circ) \quad \text{.....9)}$$

$$w_{L'} = w_G \quad \text{.....10)}$$

substituyendo las ecs. 8), 9) y 10) en la ec. 7)

$$Q_R = w_G (X_{AG} h_A^\circ + X_{MG} h_M^\circ + X_{DG} h_D^\circ) \quad \text{.....11)}$$

$$h_A^\circ = 881.27 \text{ BTU/lb}$$

$$h_M^\circ = 383.77 \text{ BTU/lb}$$

$$h_D^\circ = 285.84 \text{ BTU/lb}$$

$$\frac{w_{L'}}{w_G} = 2.055 \quad \text{.....12)}$$

$$w_{L'} = w_G + w_C \quad \text{.....13)}$$

substituyendo la ec. 12) en la ec. 13)

$$w_G = \frac{w_C}{1.055} = \frac{9\,359.72}{1.055} = 8\,871.77 \text{ lb/hr}$$

$$Q_R = 8\,871.77 (0.001 \times 881.27 + 0.9818 \times 383.77 + 0.0172 \times 285.84)$$

$$Q_R = 3\,394\,189 \text{ BTU/lb}$$

2) Columna II

El balance de energía para la columna II se hará de igual manera al que se hizo para la columna I.

En el condensador :

$$Q_C = w_P (X_{MP} h_M^{\circ} + X_{AP} h_A^{\circ} + X_{DP} h_D^{\circ}) \quad \text{.....14)}$$

$$w_P = w_H + w_D \quad \text{.....15)}$$

$$\frac{w_H}{w_D} = 0.15 \quad \text{.....16)}$$

substituyendo la ec. 16) en la ec. 15)

$$w_P = 1.15 w_D = 10\,588 \text{ lb/hr}$$

$$h_A^{\circ} = 923.92 \text{ BTU/lb}$$

$$h_M^{\circ} = 405.28 \text{ BTU/lb}$$

$$h_D^{\circ} = 299.65 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_C = 10\,588 (0.9975 \times 405.28 + 0.001 \times 923.92 + 0.0015 \times 299.65)$$

$$Q_C = 4\,294\,918 \text{ BTU/lb}$$

En el rehervidor tenemos ;

$$Q_R = w_I (X_{MI} h_M^{\circ} + X_{DI} h_D^{\circ}) \quad \text{.....17)}$$

$$w_R = w_I + w_E \quad \text{.....18)}$$

$$\frac{w_R}{w_I} = 1.029 \quad \text{.....19)}$$

$$w_I = \frac{w_E}{0.029} = \frac{152.75}{0.029} = 5\,267.24 \text{ lb/hr}$$

$$h_M^{\circ} = 380.16 \text{ BTU/lb}$$

$$h_D^{\circ} = 283.54 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_R = 5\,267.24 (0.96 \times 283.54 + 0.04 \times 380.16) = 1\,513\,830 \text{ BTU/hr}$$

En el subenfriador el calor requerido es :

$$Q_S = w_P c_p \Delta T \quad \text{.....20)}$$

$$Q_S = 10\,588 \times 0.64 (113 - 278.6)$$

$$Q_S = 1\,122\,158 \text{ BTU/hr}$$

II.6 DISEÑO DE EQUIPO

II.6.1 Columna de destilación

Para el sistema MEG-DEG se utilizará la columna diseñada para operar el proceso intermitente, verificando aquellas condiciones que permitan que la columna opere estable para la mínima y máxima capacidad. Para el sistema Agua-MEG se diseñará la columna utilizando el método utilizado en la sección I.6.1.

II.6.1.A Columna I 0.200.01 (sistema Agua-MEG)

Primeramente se determinarán las condiciones térmicas de la alimentación para determinar el reflujo mínimo y de operación a la columna. De la figura F , para una composición en la alimentación de 0.331% mol de Agua, la temperatura de burbuja es $T_b = 103.7 \text{ }^\circ\text{C}$ y el punto de rocío es $T_r = 159.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Entalpía de la alimentación a $103.7 \text{ }^\circ\text{C}$

$$H_A = PM_{cp_{alim.}} (T_b - T_{alim.})$$

$$H_A = 57.16 \times 0.657 (218.66 - 80.6)$$

$$H_A = 5\,184.72 \text{ BTU/lbmol}$$

Entalpía de vapor saturado a $159.5 \text{ }^\circ\text{C}$, referida al líquido con una temperatura amb. de $27 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$H_V = x_M (c_{p_M} PM_M (T_r - T_{amb.}) + PM_M) +$$

$$x_A (c_{p_A} PM_A (T_r - T_{amb.}) + PM_A) +$$

$$x_D (c_{p_D} PM_D (T_r - T_{amb.}) + PM_D)$$

$$H_V = 0.661 (0.61 \times 62 (319.1 - 80.6) + 389.81 \times 62) +$$

$$0.331 (1.0 \times 18 (319.1 - 80.6) + 893.31 \times 18) +$$

$$0.008 (0.536 \times 106 (319.1 - 80.6) + 289.72 \times 106)$$

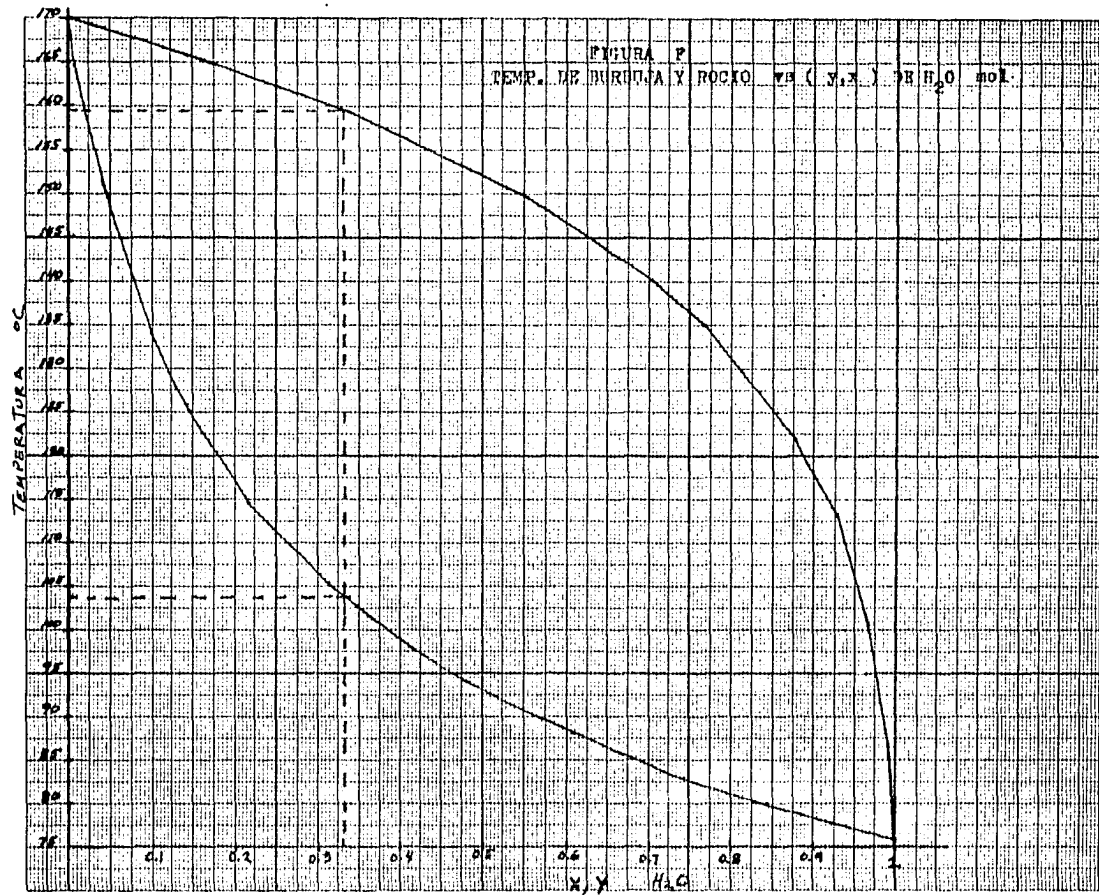
$$H_V = 29\,034.85 \text{ BTU/ lb mol}$$

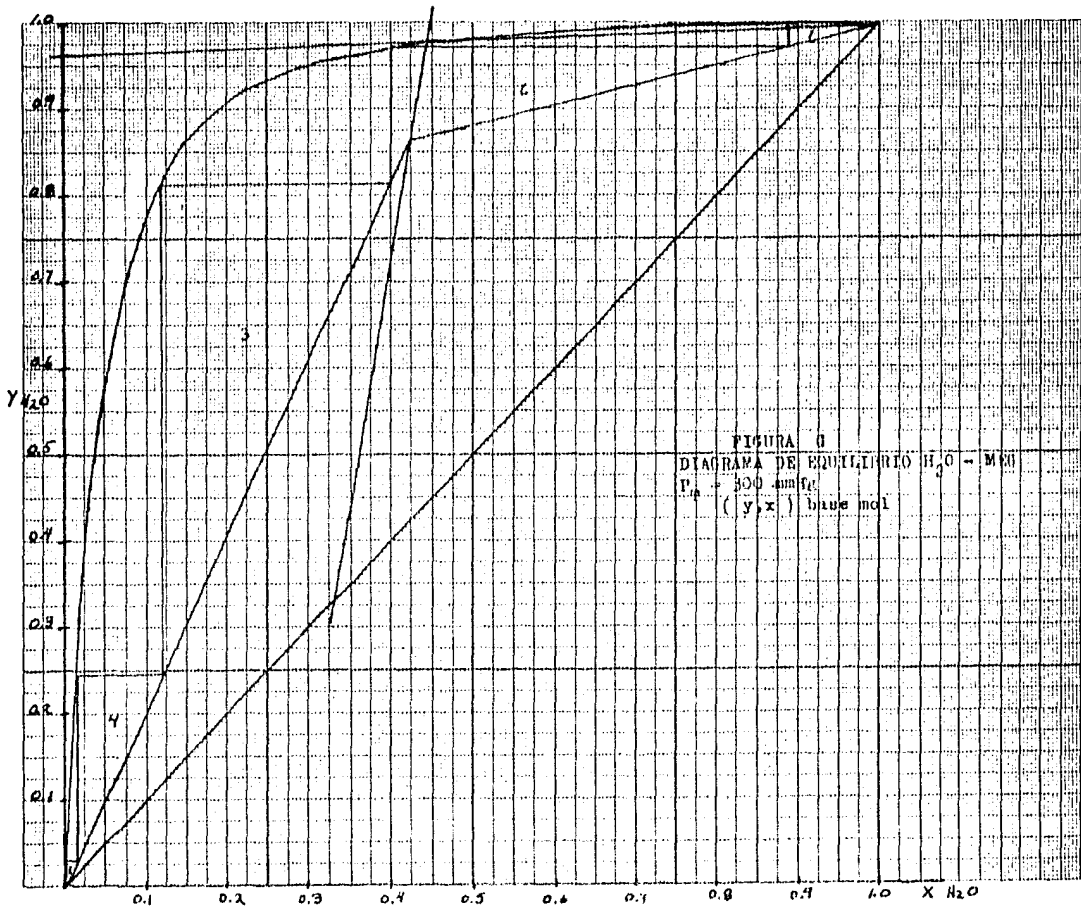
$$q = \frac{\text{calor para convertir a vapor saturado}}{\text{calor de vaporización}}$$

$$q = \frac{29\,034.85 - 0.0}{29\,034.85 - 5\,184.72} = 1.217$$

Pendiente de la línea de alimentación

$$\frac{q}{q - 1} = \frac{1.217}{1.217 - 1} = 5.6$$





De la fig. G;

$$\frac{X_D}{R_m + 1} = 0.962$$

$$R_m = 0.0374$$

Para un diseño económico recomendable tenemos;

$$\frac{R_{op} - R_m}{R_{op} + 1} = 0.1 \text{ a } 0.3$$

fijando $R_{op} = 0.3$ tenemos;

$$\frac{0.3 - 0.0374}{1.3} = 0.202$$

De la fig. G, el número de platos es 5

Determinación de la eficiencia de la columna. (ver I.6.1 A)

La temperatura promedio de la columna es de 120 °C

COMPONENTE	x_i	μ_{cp}	$\mu \cdot x_i$
MEG	0.661	1.412	0.9338
DEG	0.008	1.589	0.01271
H ₂ O	0.331	0.2322	0.07688
			1.023

$$\alpha_{sup} = 73.53$$

$$\alpha_{inf} = 21.63$$

$$\alpha_{avg} = (\alpha_{inf} \cdot \alpha_{sup})^{1/2} = 39.88$$

$$\alpha_{avg} \cdot \mu \cdot x_i = 39.88 \times 1.023 = 40.79$$

De la figura 1;

$$e = 0.25$$

$$N^{\circ} \text{ platos reales} = N + 1 = \frac{5}{0.25} = 20$$

$$N = 20 - 1 + \text{plato de alimentación}$$

$$N = 20 - 1 + 1 = 20 \text{ platos}$$

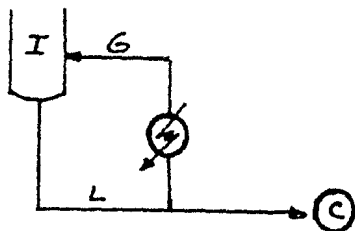
Platos en la zona de rectificación	4
Platos en la zona de agotamiento	15
Plato de alimentación (N° 16)	1
Total de platos	20

II.6.1 B Cálculo del diámetro de la columna I

El diámetro de la columna se calculará igual que en la sección I.6.1 B.

El máximo flujo de vapor se tiene en el fondo de la columna.

Haciendo un balance de materia tenemos:



$$L = C + G \quad \dots\dots (1)$$

De la figura G :

$$\frac{L}{G} = 2.055 \quad \dots\dots (2)$$

substituyendo la ec. (2) en la ec. (1) tenemos:

$$G = \frac{C}{1.055}$$

$$G = 8\,871.77 \text{ lb/hr}$$

$$P_F = \frac{18\,231.5}{8\,871.77} \left(\frac{0.042}{61.51} \right)^{0.5}$$

$$P_F = 0.053$$

$$P_c = 0.28$$

$$(P_c)_c = 0.32$$

$$U_{VN} = 12.24 \text{ ft/seg.}$$

Considerando un 80 % de inundación en la columna tenemos:

$$A_N = \frac{58.67}{12.24 \times 0.80}$$

$$A_N = 6 \text{ ft}^2$$

$$A = \frac{6}{0.9}$$

$$A = 6.66 \text{ ft}^2$$

$$D = \left(\frac{4 \times 6.66}{3.1416} \right)^{0.5} = 2.9 \text{ ft}$$

$$D = 3 \text{ ft}$$

II.6.1. C Selección y diseño hidráulico del plato

Tipo de plato :	perforados
Arreglo de flujo :	flujo cruzado
Diámetro del agujero, dh :	3/16 pulg.
$\frac{\text{pitch}}{\text{dh}}$:	3
Altura del rebozadero, hw :	0.5 pulg.
Espesor del plato, tp :	14 gage (0.078 pulg.)
El arrastre será :	10 % máximo
Tiempo de residencia del líquido en la bajante :	3 seg. mínimo

Arrastre (Entrainment)

% del área de la columna = 10.0

De la fig. 3 ;

$$\frac{I_w}{D} = 72.5 \%$$

$$I_w = 26.1 \text{ pulg.}$$

$$G = \frac{5 \ 233.32}{7.065} = 740.73 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

De la fig. 4 ;

$$g = 0.010$$

De la fig. 5 ;

$$f = 2.9$$

$$\left(\frac{1 \ 000}{\frac{L}{I_w}} \right)^g = 0.9975$$

$$\left(\frac{G}{1 \ 000} \right)^f = 0.42$$

$$\left(\frac{dh}{S_t} \right) \left(\frac{1 \ 000}{L'} \right)^g \left(\frac{G}{1 \ 000} \right)^f = 0.0044$$

De la fig. 6 ;

$$E' = 0.07 \text{ lb/100 lb}$$

$$E'_{\text{corr}} = 0.03 \text{ lb/100 lb}$$

$$\psi' = 0.0005$$

$$\Psi = 0.0003 \text{ lb mol/ lb mol vapor}$$

Mínima velocidad en el orificio : weeping

La velocidad mínima que se asumirá, será aquella que se tiene para el mínimo flujo en la columna para que pueda operar continuamente.

$$G_{\text{mfn}} = \frac{C_{\text{min}}}{1.055}$$

$$G_{\text{mfn}} = 3 \ 980.97 \text{ lb/hr}$$

$$Q_{\text{mfn}} = \frac{G_{\text{mfn}}}{\sqrt{v} \times 3 \ 600} = \frac{3 \ 980.97}{0.042 \times 3600} = 26.33 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$v_o = \frac{Q_{\min}}{A_h} = \frac{26.33}{6.66 \times 0.12} = 32.94 \text{ ft/seg}$$

$$F_s = 32.94 (0.042)^{1/2} = 6.75$$

fijando ; $h_{s1} = 0.5$ y

$$h_o = 0.237 \text{ pulg.}$$

$$h_t = 0.237 + 0.5 = 0.737 \text{ pulg. de líquido}$$

De la fig. 7, curva B tenemos :

$$F_s \text{ mfn} = 5.7$$

$$F_s > F_s \text{ mfn}$$

La columna operará bien aunque se encuentra cerca del punto para que ocurra la condición de weeping.

Máxima velocidad en el orificio : inundación

$$\text{Suponer } F_s \text{ máx} = 37.0$$

$$h_o = 7.11 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_t = 7.11 + 0.5 = 7.61 \text{ pulg. líquido}$$

$$H_{dc} = 7.61 + 0.5 + 0.3 = 8.41 \text{ pulg. líquido}$$

$$H_d = 9 \text{ pulg.}$$

$$H_{dc} < H_d$$

La velocidad de diseño en el orificio será :

$$38 > F_{sD} > 6.0$$

$$\text{Se selecciona } F_{sD} = 25$$

$$v_{oD} = \frac{25}{(0.042)^{1/2}} = 121.98 \text{ ft/seg (parte inferior de la columna)}$$

$$v_{oD} = \frac{25}{(0.0153)^{1/2}} = 202.11 \text{ ft/seg (parte superior de la columna)}$$

Diseño hidráulico del plato

Cálculo de la caída de presión del plato

$$\frac{Q_L}{(I_W)^{2.5}} = 0.83$$

De la fig. 10 :

$$F_w = 1.015$$

$$h_{ow} = 0.178 \text{ pulg.}$$

$$F_{VA} = 2.06$$

De la fig. 11 :

$$f = 0.59$$

$$h_{s1} = 0.59 \times 0.5 + 0.178 = 0.473 \text{ pulg. líquido}$$

$$v_o = \frac{V}{A_h} = 148.24 \text{ ft/seg}$$

$$h_o = 1.36 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_t = 1.36 + 0.473 = 1.83 \text{ pulg. líquido}$$

$$h_t = 3.32 \text{ mmHg}$$

Caída de presión en la columna para 20 platos :

$$P = 3.32 \times 20 = 66.4 \text{ mmHg}$$

Liquid Back up en la bajante

$$A_d = 0.18 \text{ ft}^2$$

$$h_D = 0.003 \text{ pulg. líquido}$$

$$\frac{\Delta}{t} \approx 0$$

$$H_D = 1.83 + 0.5 + 0.178 + 0.003 = 2.51 \text{ pulg. líquido}$$

Tiempo de residencia del líquido en la bajante

$$\theta = 12.0 \text{ seg}$$

$$12.0 > 3$$

Número de agujeros requeridos (fig. 12)

$$\frac{\text{Número de agujeros}}{\text{Area del plato pulg.}^2} = 3.85$$

$$a_h = 0.0276 \text{ pulg.}^2$$

$$\text{No. de agujeros requeridos en la parte superior} = \frac{37.14 \times 144}{202.11 \times 0.0276} = 960$$

$$\text{No. de agujeros requeridos en la parte inferior} = \frac{64.54 \times 144}{121.98 \times 0.0276} = 2760$$

Área requerida para los orificios

$$A_A = \frac{2\,760}{3.85} = 716.88 \text{ pulg.}^2 \text{ (} 4.97 \text{ ft}^2 \text{)}$$

SUMARIO

No. de platos	20
Diámetro de la torre	3.0 ft
Espaciado entre platos	18.0 pulg.
Área activa, A_N	6.35 ft ²
Área de la bajante, A_D	0.7 ft ²
$\frac{A_h}{A}$	0.12
Área libre, $\frac{A_h}{A_A}$	0.1075
Diámetro del agujero, d_h	3/16 pulg.
Longitud del rebozadero, I_w	2.175 ft
Altura del rebozadero, h_w	0.5 pulg.
Espesor del plato, t_p	14 gage
Arrastre,	0.0003 , máx. 0.10
Velocidad de diseño del vapor a través del orificio en la parte superior	202.11 ft/seg
Velocidad de diseño del vapor a través del orificio en la parte inferior	121.98 ft/seg
% inundación	80.0
Caída de presión por plato	3.32 mmHg , máx. 5 mmHg
Tiempo de residencia en la bajante	12.0 seg , mín. 3 seg
No. de agujeros requeridos en los platos en la parte superior de la columna	960
No. de agujeros requeridos en los platos en la parte inferior de la columna	2 760

II.6.1.D Columna II 0.300,01 (sistema MEG-DEG).

Condición térmica de la alimentación

$q = 0.2017$ (mezcla líquido-vapor)

$$\frac{q}{q - 1} = - 0.2527$$

Determinación del reflujo mínimo

De la fig. H tenemos:

$$\frac{x_D}{R_m + 1} = 0.97$$

$$R_m = 0.026$$

para un diseño económico recomendable tenemos:

$$\frac{R_{op} - R_m}{R_{op} + 1} = 0.1 \text{ a } 0.3$$

fijando $R_{op} = 0.15$ tenemos:

$$\frac{0.15 - 0.026}{1.15} = 0.11$$

De la fig. H el número de platos teóricos es 5.35, considerando la eficiencia total de la columna de 0.32, el número de platos reales será:

$$N^{\circ} \text{ platos reales} = N + 1 = \frac{5.35}{0.32} = 16.7 = 17 \text{ platos}$$

$$N = 17 - 1 + 1 = 17$$

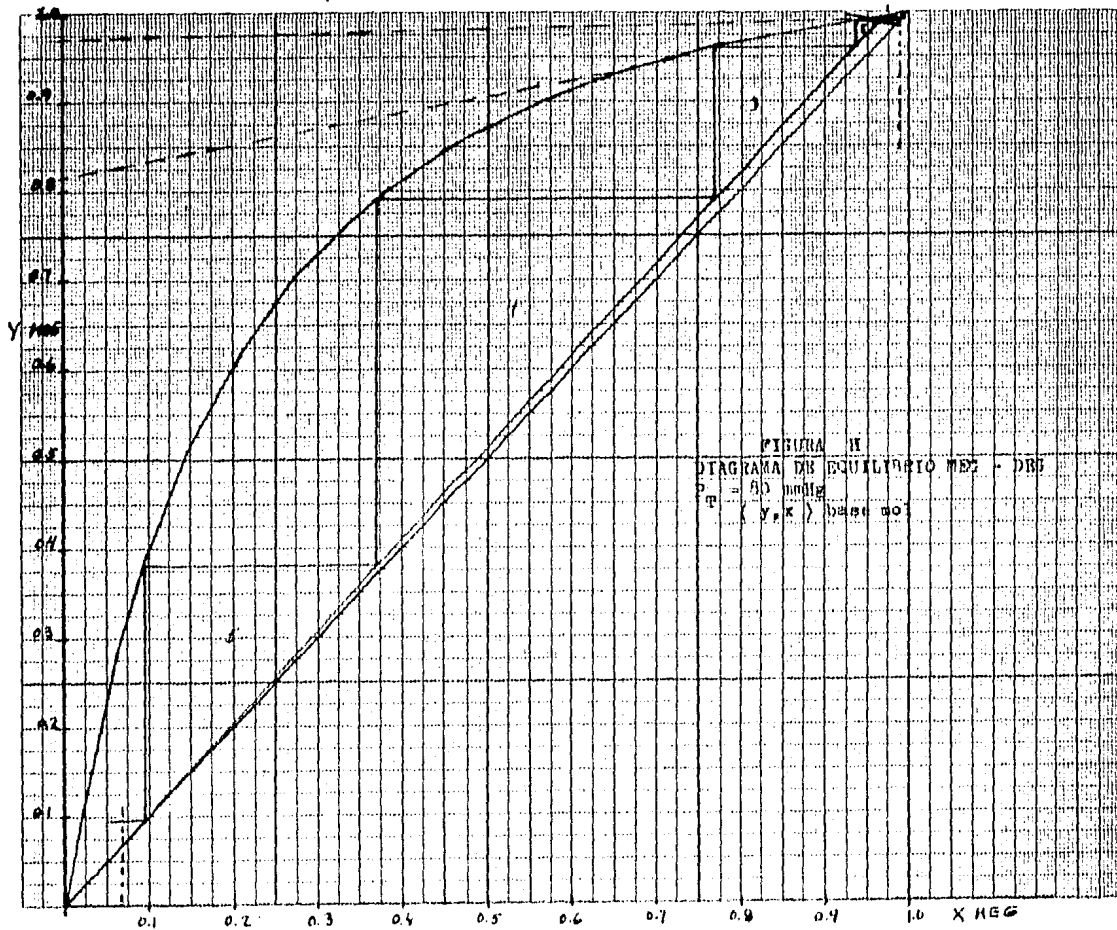
Platos en la zona de rectificación	3
Platos en la zona de agotamiento	13
Plato de alimentación (N° 14)	1
Total de platos	17

Condición de weeping

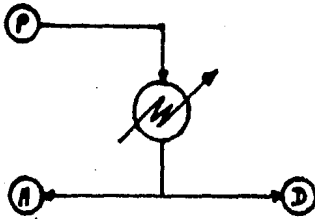
La mínima velocidad que se asumirá, será aquella que se tiene para el mínimo flujo en la columna para que pueda operar continuamente.

Se considera la misma F_s mín. = 6 que se calculó en la sección I.6.1.C

Haciendo un balance de materia en la parte superior de la columna tenemos:



PISTOLA II
 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO MET - DRB
 $\rho = 0.00019$
 (γ, κ) base m.



$$P = H + D \quad \text{.....1)}$$

$$\frac{H}{D} = 0.15 \quad \text{.....2)}$$

Substituyendo la ec. 2) en la ec. 1)

$$P = 1.15 D \quad \text{.....3)}$$

$$P = 1.15 \times 4\,131.39 = 4\,751.1 \text{ lb/hr}$$

$$Q = \frac{4\,751.1}{0.01227 \times 3\,600} = 107.55 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$v_o = \frac{Q}{A_h} = \frac{107.55}{1.59} = 67.64 \text{ ft/seg}$$

$$F_s = v_o (f_w)^{1/2}$$

$$F_s = 67.64 (0.01227)^{1/2} = 7.49$$

$$F_s > F_s \text{ m\u00edn.}$$

Inundaci\u00f3n en la columna

El % de inundaci\u00f3n en la columna se calcular\u00e1 en base a la m\u00e1xima capacidad.

$$D_{\text{m\u00e1x.}} = 9\,206.97 \text{ lb/hr}$$

$$P = 10\,588.0 \text{ lb/hr}$$

$$U_{VN} = 24.8 \text{ ft/seg}$$

$$A_N = 11.94 \text{ ft}^2$$

$$\% \text{ de inundaci\u00f3n} = \frac{Q_{\text{m\u00e1x.}}}{U_{VN} A_N} \times 100$$

$$Q_{\text{m\u00e1x.}} = 239.69 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$\% \text{ de inundaci\u00f3n} = 80.94$$

II.6.2 Equipos de transferencia de calor

El cálculo de los equipos de transferencia de calor esta basado en el método de kern.

II.6.2.A Condensador 0.200.05

Para el diseño del condensador se considera el máximo flujo de vapores a condensar, el calor de diseño será 1.10 del calor requerido en el condensador, Q_D

$$Q_D = 1.1 Q_C$$

$$Q_D = 1\ 896\ 349\ \text{BTU/hr}$$

El tipo de condensador que se selecciona es el siguiente:

Tipo de condensador:	tubos y coraza
Diámetro de los tubos, DE :	3/4 pulg.
Calibre del tubo :	16 BWG
Arreglo de los tubos :	□
Pitch, P_T :	1.0 pulg.
Longitud del tubo, L :	10.0 ft
Cantidad de agua de enfriamiento.	

$$m = \frac{Q_D}{cp \cdot \Delta t} = 117\ 058\ \text{lb/hr}$$

$$\text{Suponer } U_D = 230.0\ \text{BTU/hr ft}^2\ ^\circ\text{F}$$

$$Q_D = A \cdot U_D \cdot \text{LMTD}$$

$$\text{LMTD} = 81.63\ ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{1\ 896\ 349}{230 \times 81.63} = 101\ \text{ft}^2$$

$$N^\circ\ \text{de tubos} = 51$$

Se selecciona un diámetro de la coraza de 10 pulg. para 52 tubos con un paso en los tubos.

$$A = 52 \times 0.1963 \times 10 = 102\ \text{ft}^2$$

$$U_D = \frac{1\ 896\ 349}{102 \times 81.63} = 227.58\ \text{BTU/hr ft}^2\ ^\circ\text{F}$$

El agua de enfriamiento circulará por los tubos y los vapores de $\text{H}_2\text{O-MEG}$ por la coraza.

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor

Lado de los tubos: agua de enfriamiento.

$$a_t = 0.109 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 1\,073\,926.6 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$V = 4.78 \text{ ft/seg}$$

De la fig. 25 (Kern)

$$T = 87 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$h_i = 1\,100 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$h_{i0} = 909.33 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Lado de la coraza : H₂O-MEG

$$a_s = 0.1736 \text{ ft}^2$$

$$G'' = 9.59 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

Suponiendo $h_0 = 1\,700 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

$$T_v = 168.8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_a = 86.9 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_w = 140.26 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_f = 154.5 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$k_f = 0.382 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/ft}$$

$$s_{gf} = 0.98$$

$$\mu_f = 0.48 \text{ cp}$$

De la fig. 12.9 (Kern)

$$h_0 = 1\,700 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$U_C = 592.43 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

El factor de incrustación de diseño es $R_D = 0.002$

$$R_D = 0.0027$$

Cálculo de la caída de presión

Para el cálculo de la caída de presión se considera el máximo flujo de vapor en la columna, la caída de presión permisible en la coraza será de $0.5 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$ y en los tubos de $5 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$

ΔP en la coraza :

$$T_v = 168.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu_v = 0.0378 \text{ lb/ft hr}$$

$$DE = 0.0792 \text{ ft}$$

$$G_s = 7\,703.22 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \text{ hr}}$$

$$R_e = 16\,140$$

De la fig. 29 (Kern)

$$f = 0.00194$$

$$N + 1 = 6$$

$$\rho = 0.042 \text{ lb/ft}^3$$

$$s = 0.000674$$

$$D_s = 0.833 \text{ ft}$$

$$\Delta P_s = 0.21 \text{ psi}$$

ΔP en los tubos :

$$\mu = 2.057 \frac{\text{lb}}{\text{ft hr}}$$

$$R_e = 26\,991$$

De la fig. 26 (Kern)

$$f = 0.00021$$

$$\Delta P_t = 0.89 \text{ psi}$$

$$\frac{v^2}{2g} = 0.16$$

$$\Delta P_R = 0.64 \text{ psi}$$

$$\Delta P_T = 1.53 \text{ psi}$$

II.6.2.B Rehervidor 0.200.04

El tipo de rehervidor que se selecciona es el siguiente :

Tipo de rehervidor :	tubos y coraza
Posición del rehervidor :	vertical y con recir. forzada.
Diámetro de los tubos, DE :	3/4 pulg.
Calibre del tubo :	16 BWG
Arreglo de los tubos :	Δ
Pitch, P_T :	15/16 pulg.
Longitud de los tubos, L :	16 ft

$$Q_D = 1.1 Q_R$$

$$Q_D = 3\,733\,608 \text{ BTU/hr}$$

Cantidad de vapor de agua de 300 lb/pulg.²

$$m = \frac{Q_D}{\lambda} = \frac{3\,733\,608}{809} = 4\,615 \text{ lb/hr}$$

$$Q_D = A \cdot U_D \cdot \text{LMTD}$$

$$\text{Suponer } U_D = 140 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD} = \Delta T = 420 - 329 = 91 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A = 293 \text{ ft}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = 93$$

Se selecciona un diámetro de la coraza de 12 pulg. para 98 tubos, con 2 pasos en el lado de los tubos.

$$A = 98 \times 0.1963 \times 16 = 307.8 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{3\,733\,608}{307.8 \times 91} = 133.29 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

El vapor de agua fluirá por los tubos y la mezcla MEG-DEG por la coraza. Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

Para el vapor de agua se considera $h_{i0} = 1\,500 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Lado de la coraza : mezcla MEG-DEG

$$a_s = 0.04 \text{ ft}^2$$

$$G_s = 221\,794.25 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$T = 329 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1.84 \frac{\text{lb}}{\text{ft hr}}$$

$$D_e = 0.0458 \text{ ft}$$

$$R_e = 5\,520$$

De la fig. 28 (Kern)

$$J_H = 40$$

$$k \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0.2509$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} = 1$$

$$h_0 = 219.12 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$U_C = 191.19 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El factor de incrustación de diseño es $R_D = 0.002$

$$R_D = 0.0022$$

Cálculo de la caída de presión

La caída de presión permisible en los tubos es de 0.5 lb/pulg.^2 , en la coraza no se especifica ya que el sistema va a trabajar a circulación forzada.

ΔP en la coraza :

$$f = 0.0012$$

$$N + 1 = 76.8$$

$$D_s = 1 \text{ ft}$$

$$s = 0.98$$

$$\Delta P_s = 1.93 \text{ psi}$$

ΔP en los tubos :

$$a'_t = 0.302 \text{ pulg.}^2$$

$$a_t = 0.1027 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 44 \ 936.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$T = 420 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.04 \frac{\text{lb}}{\text{ft hr}}$$

$$D = 0.0516 \text{ ft}$$

$$R_e = 57 \ 968.34$$

De la fig. 26 (Kern)

$$f = 0.00017$$

$$s = 0.01$$

$$\Delta P_T = 0.20 \text{ psi}$$

II.6.2.C Condensador 0.300.03

El condensador 0.300.03 es igual al calculado en la sección I.6.2.A para el proceso intermitente.

II.6.2.D Rehervidor 0.300.02

Se utilizará el rehervidor calculado en la sección I.6.2.B , verifi-

cando su funcionamiento para las condiciones de proceso que se tienen en esta etapa de destilación en el proceso continuo.

Características del rehervidor :

Tipo de rehervidor :	tubos y coraza
Posición del rehervidor :	vertical y con rec. forzada
Diámetro de la coraza, DI :	21 1/4 pulg.
Diámetro de los tubos, DE :	3/4 pulg.
Calibre del tubo :	16 BWG
Arreglo de los tubos :	Δ
Pitch, P_T :	1.0 pulg.
Longitud de los tubos, L :	10 ft
Número de tubos :	302
Area, ft^2 :	592.82 ft^2

$$Q_D = 1.1 Q_R$$

$$Q_D = 1\,665\,213 \text{ BTU/hr}$$

Cantidad de vapor de agua de 300 lb/pulg.²

$$m = \frac{Q_D}{\lambda} = 2\,058.35 \text{ lb/hr}$$

$$LMTD = \Delta T = 420 - 324 = 96 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$U_D = \frac{1\,665\,213}{592.82 \times 96} = 29.26 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

El vapor de agua fluirá por los tubos y la mezcla DEG-MEG por la coraza.

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

Lado de la coraza : DEG-MEG

$$a_s = 0.3919 \text{ ft}^2$$

$$G_s = 13\,437.47 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$T = 324 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1.77 \frac{\text{lb}}{\text{ft hr}}$$

$$D_e = 0.06 \text{ ft}$$

$$R_e = 455.5$$

De la fig. 28 (Kern)

$$J_H = 10$$

$$k \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} = 0.2146$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} = 1$$

$$h_D = 35.76 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Lado de los tubos : vapor de agua de 300 lb/pulg.²

$$h_{i0} = 1\,500 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_c = 34.93 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$R_D = 0.005$$

Cálculo de la caída de presión.

La caída de presión en los tubos es de 0.5 lb/pulg.², en la coraza no se especifica ya que el sistema va a trabajar a recirculación forzada.

ΔP en la coraza :

$$f = 0.00375$$

$$N + 1 = 11.3$$

$$D_s = 1.77 \text{ ft}^2$$

$$s = 0.98$$

$$\Delta P_s = 0.003 \text{ psi}$$

ΔP en los tubos :

$$a'_t = 0.302 \text{ ft}^2$$

$$a_t = 0.3166 \text{ ft}^2$$

$$G_t = 6\,499.76 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}^2}$$

$$T = 420 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\mu = 0.04 \frac{\text{lb}}{\text{hr ft}}$$

$$D = 0.0516 \text{ ft}$$

$$R_e = 8\,384$$

$$f = 0.00029$$

$$s = 0.01$$

$$\Delta P_T = 0.01 \text{ psi}$$

II.6.2.E Subenfriador 0.300.04

El subenfriador 0.300.04 es igual al calculado en la sección I.6.2.C para el proceso intermitente.

II.6.3 Recipientes

II.6.3.A Tanque colector 0.200.07

Para el diseño del recipiente se considera una relación $L/D = 2$, un tiempo de residencia $\theta = 5$ minutos, el recipiente será cilíndrico y la capacidad del recipiente será un 80 % de la capacidad total.

$$D = \left(\frac{2V}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$w = 1.3 \times 1\,337.28 = 1\,738.46 \text{ lb/hr}$$

$$V = \frac{w \cdot \theta}{f \cdot 0.8}$$

$$V = \frac{1\,738.46 \times 5}{62.3 \times 60 \times 0.8} = 2.91 \text{ ft}^3$$

$$D = 1.22 \text{ ft}$$

$$L = 2.44 \text{ ft}$$

II.6.3.B Tanque colector 0.300.05

Por tener el mismo flujo de proceso, es igual al calculado en la sección I.6.3.B

II.6.3.C Tanque receptor de MEG 0.300.06

Igual al calculado en la sección I.6.3.D

II.6.4 Equipo de vacío 0.200.12 y 0.300.10

Se utilizará el sistema calculado en la sección I.6.4, que es un sistema de dos efectos y un intercondensador.

II.6.5. Bombas

II.6.5.A Bomba de reflujo 0.200.10

Para el cálculo de la bomba se considera la situación mas crítica, que es cuando refluja a la columna
La columna trabaja con un reflujo máximo de 1 gpm, además debe mandar un 1 gpm al tanque de recepción.

Flujo de la bomba = 2.0 gpm

$$Q_D = 1.2 Q$$

$$Q_D = 1.2 \times 2 = 2.5 \text{ gpm}$$

Arreglo propuesto :

Se utilizará el mismo de la sección I.6.5.B

Cálculo del N.P.S.H.

Para tubería de 1/2 pulg. de diám. tenemos :

$$v = 2.64 \text{ ft/seg}$$

Considerando que se va a bombear agua a 75 °c max. tenemos ;

$$\rho = 60.68 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_{\text{vap}} = 289.17 \text{ mmHg}$$

$$\mu = 0.38 \text{ cp}$$

$$R_e = 32 \ 484$$

$$f = 0.0273$$

Longitud equivalente :

Tramos rectos de tubería	6.0
1 codo de 90°	1.25
1 válvula de bola	0.125
subtotal	7.375
factor de seguridad 10 %	0.737
total	8.11 ft

$$h_L = 0.46 \text{ ft}$$

$$h_{P_{\text{vap}}} = 13.27 \text{ ft}$$

$$h_{P_{\text{atm}}} = 27 \text{ ft}$$

$$\text{N.P.S.H.} = 15.27 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

Para tubería de 1/2 pulg. de diám y un flujo de 2.5 gpm la longitud equivalente es :

tramos rectos de tubería	21.0
1 válvula de bola	0.13
1 válvula check	6.25
1 tee	2.5
subtotal	29.88
+ 10 %	2.98
total	32.86 ft

Para tubería de 1/2 pulg. de diám. y un flujo de 1 gpm, L_{eq} es igual :

tramos rectos de tubería	63.0
2 válvulas de bola	0.25
5 codos de 90°	6.25
1 tee	2.5
1 válvula de globo 100% abierta	18.75
1 expansión	0.83
subtotal	91.58
+ 10 %	9.15
total	100.73 ft

$$R_{e1} = 32\ 485$$

$$R_{e2} = 13\ 016$$

$$f_1 = 0.0273$$

$$f_2 = 0.0315$$

$$h_{L1} = 1.874\ \text{ft}$$

$$h_{L2} = 1.05\ \text{ft}$$

$$\Delta P_{\text{valv. control}} = 15\ \text{psi}$$

$$h_{\text{valv. control}} = 35.6\ \text{ft}$$

$$h_z = 66\ \text{ft}$$

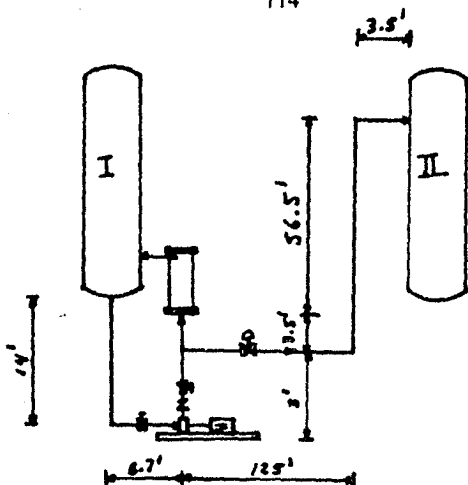
$$H = 104.52\ \text{ft}$$

$$H_D = 1.2\ H$$

$$H_D = 125.4\ \text{ft}$$

II.6.5:B Bombas de recirculación de MEG 0.200.03

Arreglo propuesto :



Flujo a la columna II: $w_C = 9\,359.72$ lb/hr

Flujo a la columna I : $w_G = 8\,871.77$ lb/hr

$$Q_T = \frac{(9\,359.72 + 8\,871.77) \cdot 7.48}{61.5 \times 60} = 37 \text{ gpm}$$

$$Q_D = 1.2 Q_T$$

$$Q_D = 45 \text{ gpm}$$

Cálculo del N.P.S.H.

Para una tubería de 3 pulg. de diam. a la succión de la bomba tenemos:

$$v = 1.95 \text{ ft/seg}$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	19.7
1 codo de 90°	7.5
1 válvula de bola	0.75
subtotal	27.95
+ 10 %	2.79
total	30.74 ft

$$R_e = 45\,988$$

$$f = 0.0235$$

$$h_L = 0.16 \text{ ft}$$

$$h_{P_{atm}} = h_{P_{vap}}$$

$$\text{N.P.S.H.} = 12.84 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

La máxima cabeza dinámica se obtiene cuando se bombea a la columna II.

Para una tubería de 1 1/2 pulg. de diam. , la longitud equivalente es:

tramos rectos de tubería	3.0
1 codo de 90°	3.75
1 válvula de bola	0.37
1 válvula check	18.75
1 tee	2.5
subtotal	28.37
+ 10 %	2.83
total	31.2 ft

$$v_1 = 7.1 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e1} = 87\,879$$

$$f_1 = 0.023$$

Para tubería de 1 pulg. de diam., la longitud equivalente es :

tramos rectos de tubería	188.5
3 codos de 90°	7.5
1 válvula de globo 100 % abierta	37.5
2 válvulas de bola	0.5
subtotal	234.0
+ 10 %	23.4
total	257.4 ft

$$v_2 = 7 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e2} = 56\,427$$

$$f_2 = 0.0255$$

$$h_{L1} = 4.18 \text{ ft}$$

$$h_{L2} = 57.14 \text{ ft}$$

$$H = 124.32 \text{ ft}$$

$$H_D = 149.18 \text{ ft}$$

II.6.5.C Bomba de reflujo 0.300.07

Para el cálculo de la cabeza dinámica de la bomba, se considera la situación mas crítica que es cuando se refluja a la columna.

La columna trabaja con un reflujo máximo de 1 gpm, además de mandar 2.3 gpm al tanque de recepción.

$$Q_T = 1 + 2.3 = 3.3 \text{ gpm}$$

$$Q_D = 4 \text{ gpm}$$

Arreglo propuesto :

El mismo que se utilizó en la sección I.6.5.B

Cálculo del N.P.S.H.

Para una tubería de 3/4 pulg. de diám. y considerando que se bombea MEG al 99.75 %, tenemos :

$$v = 2.4 \text{ ft/seg}$$

$$R_e = 5461$$

$$f = 0.039$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	6.0
1 codo de 90°	1.87
1 reducción a 1/2 pulg.	0.8
subtotal	8.67
+ 10 %	0.86
total	9.54 ft

$$h_L = 0.48 \text{ ft}$$

$$h_{P_{vap}} = 0.25 \text{ ft}$$

$$h_{P_{atm}} = 27 \text{ ft}$$

$$\text{N.P.S.H.} = 28.27 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

Para tubería de 1/2 pulg. de diám. y un flujo de 4 gpm, tenemos :

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	21.0
1 válvula de bola .	0.13
1 válvula check	6.25
1 tee	2.5
subtotal	29.88
+ 10 %	2.98

total 32.86 ft

Para tubería de 1/2 pulg. de diám y un flujo de 1 gpm la longitud equivalente es :

tramos rectos de tubería	63.0
2 válvulas de bola	0.25
5 codos de 90°	6.25
1 tee	2.5
1 válvula de globo 100 % abierta	18.75
1 expansión	0.83
subtotal	91.58
+ 10 %	9.15
total	100.73 ft

$$v_1 = 4.23 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e1} = 7\ 257$$

$$f_1 = 0.0384$$

$$h_{L1} = 6.76 \text{ ft}$$

$$v_2 = 1.1 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e2} = 1\ 802$$

$$f_2 = 0.0355$$

$$h_{L2} = 1.18 \text{ ft}$$

$$h_{\text{valv. control}} = 35.6 \text{ ft}$$

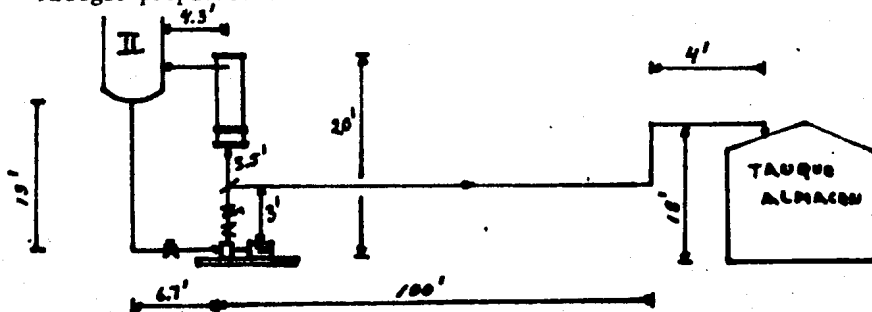
$$h_z = 66 \text{ ft}$$

$$H = 109.54 \text{ ft}$$

$$H_D = 131.4 \text{ ft}$$

II.6.5.D Bomba de recirculación de MEG 0.300.08

Arreglo propuesto :



Flujo al tanque de almacén, $Q_1 = 1$ gpm

Flujo al rehervidor, $Q_2 = 11.5$ gpm

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 12.5 \text{ gpm}$$

$$Q_D = 15 \text{ gpm}$$

Cálculo del N.P.S.H.

Para una tubería de 1 1/2 pulg. de diám., tenemos :

$$v = 2.36 \text{ ft/seg}$$

$$R_e = 38\,700$$

$$f = 0.026$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	19.7
1 codo de 90°	3.75
1 válvula de bola	0.57
1 reducción a 1 pulg.	1.66
subtotal	25.48
+ 10 %	2.54
total	28.0 ft

$$h_L = 0.46 \text{ ft}$$

$$h_{p_{atm}} = h_{p_{vap}}$$

$$\text{N.P.S.H.} = 12.54 \text{ ft}$$

Cálculo de la cabeza dinámica de la bomba

La máxima cabeza dinámica se obtiene cuando se bombea a través del rehervidor a la columna.

Para tubería de 1 pulg. de diám. y un flujo de 15 gpm, tenemos :

$$v_1 = 5.57 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e1} = 59\,487$$

$$f_1 = 0.024$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	3.0
1 codo de 90°	2.5
1 válvula de bola	0.25
1 válvula check	12.5
1 tee	1.66
subtotal	19.91

+ 10 %	1.99
total	21.9 ft

$$h_{L1} = 2.89 \text{ ft}$$

Para tubería de 1 pulg. de diám. y un flujo de 14 gpm, tenemos :

$$v_2 = 5.2 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e2} = 55\,535$$

$$f_2 = 0.0248$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	3.5
+ 10 %	0.4
total	3.9 ft

$$h_{L2} = 0.46 \text{ ft}$$

Para tubería de 3 pulg. de diám y un flujo de 14 gpm, tenemos :

$$v_3 = 0.6 \text{ ft/seg}$$

$$R_{e3} = 437\,437$$

$$f_3 = 0.019$$

Longitud equivalente :

tramos rectos de tubería	4.3
1 contracción brusca	11.25
subtotal	15.55
+ 10 %	1.55
total	17.10 ft

$$h_{L3} = 0.007 \text{ ft}$$

$$h_{\text{rehervidor}} = 0.016 \text{ ft}$$

$$h_z = 20 \text{ ft}$$

$$H = 23.41 \text{ ft}$$

$$H_D = 28.0 \text{ ft}$$

II.6.5.E Bombas de transferencia de MEG 0.300.08
Igual a la bomba calculada en la sección I.6.5.C

II.7 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR				DIB. NO.
NO. <u>FGA</u> REVISO <u>FGA</u> APROB. <u>FGA</u> FECHA <u>3/83</u>				WT.

CLIENTE <u>RUBENABO, QRO</u>	E.P. <u>RECUPERACION DE H2S CONTINUO</u>	NO. REQ. _____
Lugar <u>REARMADOR HES-DEG 0-200.04</u>	UNIDAD <u>RECUPERACION DE H2S CONTINUO</u>	FABRICANTE _____
TAMARO _____ SUPERFICIE / CORAZA _____	TIPO: CORAZA Y TUBOS / TUBO ALETADO _____	MONTAJE: VERTICAL <input checked="" type="checkbox"/> HORIZONTAL <input type="checkbox"/> ESC _____
SUPERFICIE/UNIDAD <u>302.8 ft²</u> CORAZA, UNIDAD <u>12.0 pulg.</u>	CABEZAL FLOTANTE <input type="checkbox"/> SI NO, REMOVIBLE: <u>SINO</u>	
CONTACTO EN SERIE _____ PARALELO _____		

CONDICIONES DE OPERACION				
% SOBREDISEÑO	ENT. CORAZA	SAL. CORAZA	ENT. TUBOS	SAL. TUBOS
<u>10.0</u>				
FLUIDO CIRCULANTE	<u>HES-DEG</u>		<u>VAPOR DE AGUA</u>	
VAPOR (LB/HR) (MSCF/D)			<u>4615</u>	
LIQUIDO (LB/HR) (GPM)				
VAPOR DE AGUA (LB/HR)			<u>4615</u>	
TOTAL (LB/HR)				
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)	<u>8871.8</u>	<u>8871.8</u>		<u>4615</u>
WSPR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)			<u>4615</u>	
VEL. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN H ₂ O @ 60°F	<u>0.78 @ 60°</u>	<u>0</u>	<u>0.01 @ 60°</u>	<u>0</u>
VELOCIDAD DEL LIQUIDO (GPM)	<u>0.76</u>			
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES	<u>62.71</u>	<u>62.71</u>	<u>18</u>	<u>18</u>
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB*F)	<u>0.71</u>	<u>0.71</u>		
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB*F)				
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)				
TEMPERATURA (°F)	<u>329</u>	<u>329</u>	<u>420</u>	<u>920</u>
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)				
PRESIDA DE OPERACION (PSIG)	<u>69</u>	<u>6.0</u>	<u>300</u>	<u>300</u>
NO. DE PASOS: CORAZA <u>1</u> TUBOS <u>2</u>	VELOCIDAD (PIES/SEG): CORAZA _____ TUBOS _____			
CADA DE PRES. PERU. (PSI) CORAZA _____ TUBOS <u>0.5</u>	FACTOR DE INCURSI: CORAZA _____ TUBOS _____			
CADA DE PRES. DISCPO (PSI) CORAZA _____ TUBOS _____	CALOR INTERCAMBIO (BTU/HR) <u>383 608.0</u>			
TIEM. DE TRANS. SERVICIO <u>132.29</u> LIMPIA <u>146.19</u> Mlt. CALC. (°F) <u>74.0</u>				

MATERIALES Y CONSTRUCCION				
PRESION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA <u>4600</u> TUBOS <u>600</u>	TEMP. DISEÑO (°F): CORAZA <u>600°F</u> TUBOS <u>600°F</u>			
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA <u>4600</u> LADO TUBOS <u>600</u>	PRUEBA MEUN. (PSIG): LADO CORAZA _____ LADO TUBOS _____			
CONDENSION PERMISIBLE (PLUG): LADO CORAZA _____ LADO TUBOS _____	CODIGOS REQUERIDOS: ASME <input checked="" type="checkbox"/> NO. 1 <input checked="" type="checkbox"/> ASME <input type="checkbox"/> NO. 2 <input type="checkbox"/> NO CLASE _____			
TUBOS: NO. <u>1P</u> D.O. <u>2/4 pulg. x 16</u> LONG. <u>16 ft</u>	ARRESLO <u>A O O</u> MAT. <u>AC 100X</u>			
ALETAS: NO. _____ ALT. _____ ESP. _____	SUCETAS POR _____ MAT. _____			
CORAZA: D.I. <u>12.0 pulg.</u> D.E. _____	CINTURON DE VAPORES _____ MAT. <u>AC 100X</u>			
TAPA DE CORAZA: ESPESOR _____ MAT. _____	TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR _____ MAT. _____			
CABEZAL: ESPESOR _____ MAT. _____	TAPA CABEZAL: ESPESOR _____ MAT. _____			
ESPEJOS: PLUGS: ESPESOR _____ MAT. _____	ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR _____ MAT. _____			
MANIFESTAS - TRANSV: ARRESLO _____ TIPO _____	ESPESOR _____ MAT. _____			
MANIFESTAS LONG: TIPO _____ SELLO _____	ESPESOR _____ MAT. _____			
ESPESOR DE TUBOS: ARRESLO _____ TIPO _____	ESPESOR _____ MAT. _____			
FRANJAS: DIAM. EXT. _____ MAT. _____	ESPACIADORES _____ MAT. DEL ESPACIO _____			
CANTA DE TUBOS A ESPEJO _____	% CORTA DE MEMBRAS _____			
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO _____ MAT. _____	PLACA DE CHOQUE: ESPESOR _____ MAT. _____			
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA _____ SALIDA _____ TIPO _____	RANGO _____ TAMPODIO <input type="checkbox"/> SI NO CONEX. MAN: <input type="checkbox"/> SI NO _____			
ENT. AL CABEZAL _____ SALIDA _____ TIPO _____	RANGO _____ TAMPODIO <input type="checkbox"/> SI NO CONEX. MAN: <input type="checkbox"/> SI NO _____			
VERTED: <input type="checkbox"/> SI NO _____ TIPO _____	RANGO _____ DIAMETRO _____ TIPO _____ RANGO _____			
ESPECIES: CORAZA _____ BANCO DE TUBOS _____	TOTAL _____ LLENO DE AGUA _____			
ESTADO LIMPIEZA _____	PANTANA _____			

NOTA: USAR DISQUES DE CADA PARTE SI SE DESEA REVELADO DE ESPUMER (R.E.) O RADIOGRAFIADO (RAC.)

501-700-40
 501-700-40
 501-700-40

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

NO. FSA REVISO FSA DISEÑO FSA FECHA 8/83

CLIENTE QUERETARO, QRO E.P. RECUPERACION DE HES CONTINUO NO. DISEÑO
 LINEAS CONDENSADOR DE AGUA 23005 FABRICANTE
 SERVICIO CONDENSADOR DE AGUA 23005 TIPO: ESCALA / TUBOS / TUBO ALÉFICO
 TAMAÑO SUPERFICIE / CORAZA MONTAJE: VERTICAL HORIZONTAL CSC
 SUPERFICIE/UNIDAD 102 FT² CORAZA/UNIDAD 12.0 pulg CARCELAL FLOTANTE SI NO REMOVIBLE: SI NO
 CONECTADO EN SERIE PARALELO

CONDICIONES DE OPERACION

% SOBREDISEÑO	ENT. CORAZA	SAL. CORAZA	ENT. TUBOS	SAL. TUBOS
<u>10.0</u>	<u>AGUA</u>	<u>AGUA EMPURRIAMIENTO</u>		
FLUIDO CIRCULANTE				
VAPOR (LB/HR)				
(MSCF/DI)				
LIQUIDO (LB/HR)			<u>117058</u>	<u>117058</u>
(GPM)				
VAPOR DE AGUA (LB/HR)			<u>117058</u>	<u>117058</u>
TOTAL (LB/HR)				
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)	<u>1337.28</u>	<u>1337.28</u>		
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)				
GRAD. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN 40° @ 60°F	<u>0.0156</u>	<u>0.0156</u>	<u>0.0156</u>	<u>0.0156</u>
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>	<u>0.85</u>	<u>0.85</u>
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES	<u>18</u>	<u>18</u>		
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB*F)			<u>1.0</u>	<u>1.0</u>
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB*F)				
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)	<u>169</u>	<u>169</u>	<u>79</u>	<u>75</u>
TEMPERATURA (°F)				
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)	<u>6.0</u>	<u>6.0</u>	<u>60</u>	<u>60</u>
PRESION DE OPERACION (PSIG)	<u>6.0</u>	<u>6.0</u>	<u>60</u>	<u>60</u>
NO. DE PASOS: CORAZA <u>1</u> TUBOS <u>1</u> VELOCIDAD (PIES/SEG) CORAZA <u>4.78</u> TUBOS				
CARGA DE PRES. PERM. (PSIG) CORAZA <u>0.5</u> TUBOS <u>5.0</u> FACTOR DE SEGURIDAD CORAZA TUBOS				
CARGA DE PRES. DISEÑO (PSIG) CORAZA TUBOS CALOR INTERCAMBIO (BTU/HR) <u>1876 349.0</u>				
COEF. DE TRANSF. SERVICIO <u>227.98</u> LIMPIA <u>572.0</u> M.T. CALC. (°F) <u>81.63</u>				

MATERIALES Y CONSTRUCCION

PRESION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA <u>14.0</u> TUBOS <u>180</u> TEMP. DISEÑO (°F) CORAZA <u>250</u> TUBOS <u>250</u>
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA <u>VACIO</u> LADO TUBOS <u>180</u> PRUEBA NEUM. (PSIG): LADO CORAZA LADO TUBOS
CORROSION PERMISIBLE (MIL/AN) LADO CORAZA LADO TUBOS CODIGO REGULACION: ASME SE NO. 1 UG NO. 80 CLASS
TUBOS: NO. <u>52</u> O.D. <u>3/4"</u> B.W.G. <u>16</u> LONG. <u>10 FT</u> ARREGLO <u>0 1 0</u> MAT. <u>AC 100K</u>
ALLETAS: NO. ALT. ESP. TUBETAS POR MAT.
CORAZA: D.I. D.E. <u>10.0 pulg.</u> ENTUBON DE VAPOR MAT. <u>AC 100K</u>
TAPA DE CORAZA: ESPESOR MAT. TAPA CARCELAL FLOTANTE: ESPESOR MAT.
CARCELAL: ESPESOR MAT. TAPA CARCELAL: ESPESOR MAT.
ESPEJOS: FLUJO: ESPESOR MAT. ESPEJOS FLOTANTE: ESPESOR MAT.
MAMPARAS - TRANSV: ARREGLO TIPO ESPESOR MAT.
MAMPARAS LONG: TIPO SELLO ESPESOR MAT.
SOPORTES DE TUBOS: ARREGLO TIPO ESPESOR MAT.
TUBETAS: DIAM. EXT. MAT. ESPACIACIONES MAT. OF. ENTUBON
CANT. DE TUBOS A ESPESOR
CANT. DE EXPANSION CORAZA TIPO MAT. PLACA DE CLOSURA: ESPESOR MAT.
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA SALIDA TIPO RANGO TEMPERADO SI NO CONEX. MAN. SI NO
ENT. AL CASI: SALIDA TIPO RANGO TEMPERADO SI NO CONEX. MAN. SI NO
VENTOSA: SI TIPO RANGO CONEXION TIPO TUBOS
TELD. TUBO: CORAZA TIPO DEL TUBO TOTAL LLENADO DE AGUA
TELD. TUBO: TUBOS TIPO DEL TUBO TOTAL LLENADO DE AGUA
TAM. HOJAS DE DISEÑO: CORAZA TIPO DE DISEÑO: TUBOS TIPO DE DISEÑO: TUBOS

REVISADO: _____
 DISEÑADO: _____
 FECHA: _____

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR				D.S. NO.
				N.O.
POB. <u>FGA</u>	REVISO <u>FGA</u>	APROBO <u>FGA</u>	FECHA <u>2/83</u>	HOJA <u>1</u> DE <u>1</u>

CLIENTE <u>QUERETECO, SRO</u>	E.P. <u>NO REG.</u>
LINAR <u>QUERETECO, SRO</u>	UNIDAD <u>RECUPERACION DE HGS CONTINUA</u>
SERVICIO <u>RECALORIFICADOR DE HGS 0.300.02</u>	FABRICANTE
TANARO	TIPO: <u>COAZA Y TUBOS</u> / TUBO ALETADO
SUPERFICIE/UNIDAD <u>523.8 FT</u> COAZA/UNIDAD <u>21 1/4 pulg.</u>	MONTAJE: VERTICAL <input checked="" type="checkbox"/> HORIZONTAL <input type="checkbox"/> ESC
RECALORIFICADO EN SERIE	CABEZAL FLOTANTE SI NO REMOVIBLE: SI/NO

CONDICIONES DE OPERACION				
% CONDENSACION	ENT. COAZA	SAL. COAZA	ENT. TUBOS	SAL. TUBOS
<u>10.0</u>				
FLUIDO CIRCULANTE	<u>HGS - DEG</u>		<u>VAPOR DE AGUA</u>	
VAPOR (LB/HR)			<u>2058.55</u>	
(WSCR/D)				
LIQUIDO (LB/HR)				
(GPM)				
VAPOR DE AGUA (LB/HR)			<u>2058.55</u>	
TOTAL (LB/HR)				
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)	<u>5267.24</u>	<u>5267.24</u>		
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)				<u>2058.55</u>
CAUD. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN H ₂ O @ 60°F	<u>0.98 @</u>	<u>0</u>	<u>0.01 @</u>	<u>0</u>
VELOCIDAD DEL LIQUIDO (GPM)	<u>0.233</u>			
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES	<u>103.4</u>	<u>103.4</u>	<u>18</u>	<u>18</u>
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)				
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)	<u>0.67</u>			
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)				
TEMPERATURA (°F)	<u>324</u>	<u>329</u>	<u>420</u>	<u>420</u>
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)				
PRESSION DE OPERACION (PSIG)	<u>13</u>	<u>6.0</u>	<u>300</u>	<u>300</u>
NO. DE PASOS: COAZA <u>1</u> TUBOS <u>2</u>	VELOCIDAD (PIES/SEG): COAZA		TUBOS	
CADA DE PRES. PERM. (PSI) COAZA <u>0.5</u> TUBOS <u>0.5</u>	FACTOR DE CORRECCION: COAZA		TUBOS	
CADA DE PRES. DISEÑO (PSI) COAZA	CALOR INTERCAMB. (BTU/HR)		<u>1665213.0</u>	
COEF. DE TRANSF. SERVICIO <u>29.26</u>	LIMPIA <u>39.93</u>		MLT. CALC. (°F) <u>76</u>	

MATERIALES Y CONSTRUCCION				
PRESSION DE DISEÑO (PSIG): COAZA <u>1000</u>	TUBOS <u>600</u>	TEMP. DISEÑO (°F): COAZA <u>600°F</u>	TUBOS <u>600°F</u>	
PRESSION DE PARED (PSIG): LADO COAZA <u>1000</u>	LADO TUBOS <u>300</u>	PRUEBA HEUM. (PSI): LADO COAZA	LADO TUBOS	
COMPOSICION PERMISIBLE (INVO): LADO COAZA	LADO TUBOS	CODIGO RESERVORIO: ASME <u>SI</u> NO <u>TEMA</u> <input checked="" type="checkbox"/> NO CLASE		
TUBOS: NO. <u>302</u> O.D. <u>3 3/4</u> PULG. G. <u>16</u>	LONG. <u>10 FT</u>	ARREGLO <u>X O O</u>	MAT. <u>AC 100X</u>	
ALETAS: NO	ALT.	SUJETAS POR	MAT.	
COAZA: D.I. DE <u>21 1/4 pulg.</u>	ESP.	CINTURON DE VAPORES	MAT. <u>AC 100X</u>	
TAPA DE COAZA: ESPESOR	MAT.	TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR	MAT.	
CABEZAL: ESPESOR	MAT.	TAPA CABEZAL: ESPESOR	MAT.	
ESPEJOS FINES: ESPESOR	MAT.	ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR	MAT.	
MARMAS - TRANSF.: ARREGLO	TIPO	ESPESOR	MAT.	
MARMAS LONG: TIPO	SELLO	ESPESOR	MAT.	
ESPEJOS DE TUBOS: ARREGLO	TIPO	ESPESOR	MAT.	
FRANJAS: D.I.M. EXT.	MAT.	ESPACIADORES	MAT. DEL EMPAQUE	
JUNTA DE TUBOS A ESPESOR		% CORTE DE MARMAS		
JUNTA DE EXPANSION COAZA: TIPO	MAT.	PLACA DE CHOQUE: ESPESOR	MAT.	
TEM. DE ENT. ENT. COAZA	TIPO	RANGO	TEMPERADO SI NO COMEX. MAN: SI NO	
ENT. AL CABEZAL	TIPO	RANGO	TEMPERADO SI NO COMEX. MAN: SI NO	
VENTED. SI NO	TIPO	RANGO	DIAMETRO SI NO COMEX. MAN: SI NO	
PIES (LB): COAZA	BALCO DE TUBOS	TOTAL	LLENO DE AGUA	
PIES (LB): LIMP. SER	FRANJAS	PINTURA		

TOTAL INCLUIDO ESPESOR DE CADA PARTE SI SE DESHA NIVELADO DE ESPUNDO (R.2) E RADIOGRAFIADO (RAD.)

REVISADO: _____
 DISEÑADO: _____
 CALIFICACION: _____
 FECHA: _____

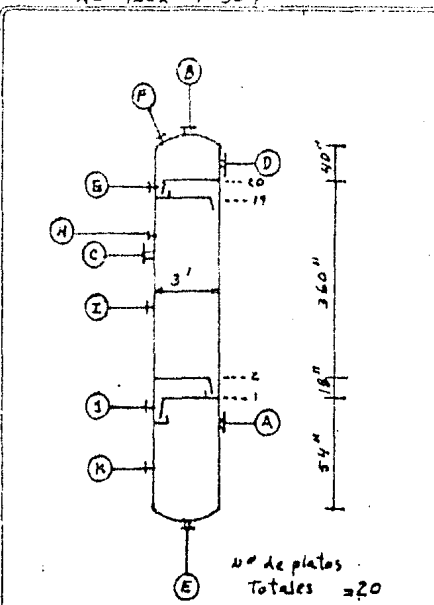
PLANTA RECUPERACION DE NEG CONTINUO		INDICIO N°	1
LOCALIZACION	QUERETARO, QRO	REGISTRACION N°	FECHA 2/85
CLAVE		RECIBIDA POR	FSA
N° DE UNIDADES	UNA (1)	ELABORADA POR	FSA

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS)

SERVICIO	COLUMNA DE DESTILACION	0.200.01	POSICION VERTICAL	HORIZONTAL
TIPO DE FLUIDO LIQUIDO				
TEMPERATURA	8871.77			
PRESION OPERACION	300 mm Hg			
EXTENSIONES LONGITUD	37.0	10		
NIVEL NORMAL				
MATERIALES CASERIN	AC 100K T-304			
MALLA SEMANECERA ESMECA				
CIRCULAR DIAMETRO				
RECTANGULAR ANCHUR				
COMPOSICION FERR CASERIN				
ASISTENTE SI	NO			
RELEVADO DE EFICIENTE SI	NO			

BOQUILLAS

N°	N° REG	TAMANO	SERVICIO
A	1	8"	ENTRADA VA POR
B	1	8"	SALIDA VA POR
C	1	1"	ALIMENTACION
D	1	1/2"	ENTRADA REFIUSO
E	1	3"	SALIDA LIQUIDO
F	1	1"	TERMOPOZO
G	1	1"	TERMOPOZO
H	1	1"	TERMOPOZO
I	1	1"	TERMOPOZO
J	1	1"	TERMOPOZO
K	1	1"	TERMOPOZO



NOTAS

36

37

38

39

40

41

42

REVISION	
FECHA	
ING	
APROBO	

PLAN DE RECUPERACION DE HSG CONTINUO		PROYECTO N°	HOJA 1 DE 1
LOCALIZACION	QUROTARO, QRO	RECUPERACION N°	FECHA 2/83
CLAVE		FECHA POR	FSA
N° DE UNIDADES	UNA (1)	APROBADA POR	FSA

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS)

SERVICIO	TANQUE colector de AGUA 0.200.07		POSICION VERTICAL	HORIZONTAL <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE FLUIDO LIQUIDO	AGUA		INVA DENSIDAD	62.3 lb/ft ³
TEMPERATURA OPERACION	168.6 °F	DISEÑO	200	°F
PRESION OPERACION	300 mmHg abs	ESTILO	VACIO absoluto	PSIG
DIMENSIONES LONGITUD	2.0 y 5 1/4 in	DIAMETRO	1.0	in 2 3/4 in
NIVEL ACTUAL	11 1/4 in MAXIMO	1.0	1.0	VOLUMEN TOTAL 22 GAL
MATERIALES CASCARON	AC. INOX T-304	CARCELAS	AC. INOX T-304	
MALLA SERRACION ESPESOR	in			
CIRCULAR DIAMETRO	in			
RECTANGULAR LONGITUD	in, ANCHO	in		
ESCALONES DE FREN. CASARON	N. CABEZAS	in		
ESCALONAMIENTO	NO			
NIVEL DEL ESTANQUE	NO			

BOQUILLAS			
N°	N° BOQUILLA	TAMANO	SERVICIO
A	1	2"	ENTRADA DE AGUA
B	1	4"	CONEXION PARA VACIO
C	1	3/4"	CONEXION PARA PL
D	2	3/4"	CONEXIONES PARA VENTILACION
E	1	1/2"	TAPADO
F	1	1 1/2"	SALIDA DE AGUA

Diagram showing a cylindrical tank with ports labeled A through F. Dimensions are indicated: 3'-5 1/2" length and 1'-2 3/4" diameter.

REVISION	
FECHA	
ING	
ANEXO	

CLIENTE	REV.	0		
PLANTA RECUPERACION DE HEG CONTINUA	FECHA	2/83		
PROYECTO	POR	FSA		
ESPECIFICACION: BAAF-004	APROBO	PSA		

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO Reflujo a la columna T EQUIPO NO. 0-200-10
 NO. DE UNIDADES 006 (2) LOCALIZACION Planta Baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 2.0 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 2.5 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 45°C TEMP. DE OPER. MAXIMA 80°C
 CARGA DINAMICA TOTAL 125.4 FT PRESION DIFERENCIAL
 PRESION SUCCION NORMAL 2.0 FT PRESION SUCCION MAX.
 N.P.S.H. DISPONIBLE 15.27 FT POTENCIA AL PUNTO ESTIMADA
 PRESION DE DISEÑO CARCASA PRESION DE PRUEBA

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBREADO AGUA PRESION DE VAPOR 289 mmHg
 VISCOSIDAD A 80°C 0.38 CP SOLIDOS EN SUSPENSION NO
 DENSIDAD RELATIVA A 80°C 0.97 SUBSTANCIA CORROSIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO Induccion H.P. * R.P.M. * NENA III
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARRAZON: TIPO T.E.F.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE Flexible

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO
 CARCASA NO. DE PASOS
 IMPULSOR: TIPO DIAMETRO DEL IMPULSOR *
 FLECHA SELLO
 DIAMETRO DE SUCCION DIAMETRO DE DESCARGA
 CAMISA EN EL CUERPO VENTILACION EN EL CUERPO

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A.T. T-316 SELLO MECANICO
 IMPULSOR A.T. T-316 ANILLO DEL SELLO
 FLECHA A.T. T-316 PNEUMOSTOPAS
 CAMISA DE LA FLECHA BASE DE LA BOMBA
 EMPAQUETADURAS OTRAS PARTES MECANICAS

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

CLIENTE	REV.	0					
PLANTA <u>RECIRCULACION DE HEG continuo</u>	FECHA	X/83					
PROYECTO	POR	FSA					
ESPECIFICACION: <u>BAAF-005</u>	APROBADO	FSA					

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO Recirculación de HEG EQUIPO NO. 0.200.03
 NO. DE UNIDADES 005 (2) LOCALIZACION Planta Baja

DAOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION	<u>77 GPM</u>	CAPACIDAD DE DISEÑO	<u>45 GPM</u>
TEMP. DE OPER. NORMAL	<u>165 °C</u>	TEMP. DE OPER. MAXIMA	<u>180 °C</u>
CARGA DINAMICA TOTAL	<u>144.18 FT</u>	PRESION DIFERENCIAL	
PRESION SUCCION NORMAL	<u>13 FT</u>	PRESION SUCCION MAX.	
N.P.S.H. DISPONIBLE	<u>22.89 FT</u>	POTENCIA AL FRENO ESTIMADA	
PRESION DE DISEÑO CARCASA		PRESION DE PRUEBA	

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBREADO	<u>HEG</u>	PRESION DE VAPOR	<u>600 mm Hg</u>
VISCOSIDAD A <u>165 °C</u>	<u>23 CP</u>	SOLIDOS EN SUSPENSION	<u>NO</u>
DENSIDAD RELATIVA A <u>165 °C</u>	<u>1.05</u>	SUSTANCIA CORROSIVA	<u>SI</u>

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO Induccion H.P. 7 R.P.M. 3600 META III
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARMADOR: TIPO T.R.P.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIA FLEXIBLE

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO	
CARCASA	NO. DE PASOS
IMPULSOR: TIPO	DIAMETRO DEL IMPULSOR <u>*</u>
PLECHA	SELLO
DIAMETRO DE SUCCION	DIAMETRO DE DESCARGA
CAMISA EN EL CUERPO	VENTILACION EN EL CUERPO

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA	<u>A-I 7-3/16</u>	SELLO MECANICO	
IMPULSOR	<u>A-E 7-3/16</u>	ANILLO DEL SELLO	
PLECHA	<u>A-T 7-3/16</u>	PRESAESTOPAS	
CAMISA DE LA PLECHA		BASE DE LA BOMBA	
EMPAQUETADURAS		OTRAS PARTES MECANICAS	

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

CLIENTE	REV.	0			
PLANTA RECUPERACION DE NEB CONTINUA	FECHA	4/83			
PROYECTO	POR	FGA			
ESTUDIO NO. 56AF-006	APROBADO	FGA			

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO Remoción de la columna II EQUIPO NO. 0-300.07
 NO. DE UNIDADES 205 (2) LOCALIZACION Planta Daya

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 3.3 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 4 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 25°C TEMP. DE OPER. MAXIMA 80°C
 CARGA DINAMICA TOTAL 13.4 FT PRESION DIFERENCIAL _____
 PRESION SUCCION NORMAL 2.0 FT PRESION SUCCION MAX. _____
 N.P.S.W. DISPONIBLE 20.27 FT POTENCIA AL FRENO ESTIMADA _____
 PRESION DE DISEÑO CARCASA _____ PRESION DE PRUEBA _____

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO COMBUSTO NEB PRESION DE VAPORES 300 mm Hg
 VISCOSIDAD A 40 °C 3 cP SOLIDOS EN SUSPENSION No
 DENSIDAD RELATIVA A 40 °C 1.02 QUANTIDAD CORROSIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO Induccion H.P. * R.P.M. * NEMA III
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 110/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARMAZON: TIPO T.E.F.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION copie flexible

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO _____
 CARCASA _____ NO. DE PASOS _____
 LIMPULSOR: TIPO _____ DIAMETRO DEL LIMPULSOR *
 FLECHA _____ SELLO _____
 DIAMETRO DE SUCCION _____ DIAMETRO DE DESCARGA _____
 GANISA EN EL CUERPO _____ VENTILACION EN EL CUERPO _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A.I. F-3/6 SELLO MECANICO _____
 LIMPULSOR A.I. F-3/6 ANILLO DEL SELLO _____
 FLECHA A.I. T-3/6 PREENALSTOPAS _____
 GANISA DE LA FLECHA _____ BARRIL DE LA COMBA _____
 EMPAQUETADURAS _____ OTRAS PARTES MECANICAS _____

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR el Fabricante

CLIENTE	REV.	0				
PLANTA RELOPBRACIDO DE NEG CONTINUO	FECHA	x/83				
PROYECTO	POR	FBA				
ESPECIFIC. N.º	6AAF - 107	APROBADO	FBA			

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO Recirculacion de NEG EQUIPO NO. 0.300.08
 NO. DE UNIDADES DOS (2) LOCALIZACION Planta Baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 12.5 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 15 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 165°C TEMP. DE OPER. MAXIMA 180°C
 CARGA DINAMICA TOTAL 28.0 JT PRESION DIFERENCIAL _____
 PRESION SUCCION NORMAL 13 JT PRESION SUCCION MAX. _____
 N.P.S.H. DISPONIBLE 12.54 JT POTENCIA AL FRENO ESTIMADA _____
 PRESION DE DISEÑO CARCASA _____ PRESION DE PRUEBA _____

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO BOMBEO NEG 40%, OES 48% PRESION DE VAPOR 600 mm Hg
 VISCOSIDAD A 165°C 1.3 CP SOLIDOS EN SUSPENSION NO
 DENSIDAD RELATIVA A 165°C 1.15 SUBSTANCIA CORROSIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO Induccion H.P. * R.P.M. * NEMA III
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARLIZON: TIPO T.E.F.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE Flexibla

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO _____
 CARCASA _____ NO. DE PASOS _____
 EMPULSOR: TIPO _____ DIAMETRO DEL EMPULSOR *
 FLECHA _____ SELLO _____
 DIAMETRO DE SUCCION _____ DIAMETRO DE DESCARGA _____
 CAMISA EN EL CUERPO _____ VENTILACION EN EL CUERPO _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A.I. 7-3/16 SELLO MECANICO _____
 EMPULSOR A.I. 7-3/16 ANILLO DEL SELLO _____
 FLECHA A.I. 7-3/16 PRENSAESTOPAS _____
 CAMISA DE LA FLECHA _____ BASE DE LA BOMBA _____
 EMPAQUETADURAS _____ OTRAS PARTES MECANICAS _____

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

130

CLIENTE	REV.	0			
PLANTA RECUPERACION DE HMG CONTINUO	FECHA	*/83			
PROYECTO	POR	FBA			
ESPECIFICACIONES	APROBO	FBA			

BOMBA CENTRIFUGA

SERVICIO Transferencia de HMG EQUIPO NO. 0.300.09
 NO. DE UNIDADES Dos (2) LOCALIZACION Planta Baja

DATOS DE DISEÑO

CAPACIDAD DE OPERACION 178 GPM CAPACIDAD DE DISEÑO 180 GPM
 TEMP. DE OPER. NORMAL 60°C TEMP. DE OPER. MAXIMA 70°C
 CARGA DINAMICA TOTAL 36.4 FT PRESION DIFERENCIAL _____
 PRESION SUCCION NORMAL 4 FT PRESION SUCCION MAX. _____
 H.P.S.R. DISPONIBLE 37.1 FT POTENCIA AL FRENO ESTIADA _____
 PRESION DE DISEÑO CARCASA _____ PRESION DE PRUEBA _____

PROPIEDADES FISICAS DEL FLUIDO

FLUIDO CORREADO HMG 99.7% PRESION DE VAPOR 6 mm Hg
 VISCOSIDAD A 60 °C 5 CP SOLIDOS EN SUSPENSION NO
 DENSIDAD RELATIVA A 60 °C 1.07 SUSTANCIA CORROSIVA SI

CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION

MOTOR: TIPO INDUCCION H.P. * R.P.M. * NEMA II
 CORRIENTE ELECTRICA: VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
 ARREGLO: TIPO T.E.P.C.
 TRANSMISION: DESCRIPCION COPIE FLEXIBLE

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

TIPO _____
 CARCASA _____ NO. DE PASOS _____
 IMPULSOR: TIPO _____ DIAMETRO DEL IMPULSOR *
 FLECHA _____ SELLO _____
 DIAMETRO DE SUCCION _____ DIAMETRO DE DESCARGA _____
 CAMISA EN EL CUERPO _____ VENTILACION EN EL CUERPO _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CARCASA A.I 7-3/8 SELLO MECANICO _____
 IMPULSOR A.I 7-3/8 ANILLO DEL SELLO _____
 FLECHA A.I 7-3/8 PRENSAESTOPAS _____
 CAMISA DE LA FLECHA _____ BAGO DE LA BOMBA _____
 EMPAQUETADURAS _____ OTRAS PARTES MECANICAS _____

OBSERVACIONES: * INFORMACION DADA POR EL FABRICANTE

ESPECIFICACION DE EQUIPO DE VACIO

- I.- Planta : Recuperación de MEG continuo
- II.- Servicio: Columna de destilación I
- III.- Tag : 0.200.12
- IV.- Lugar : Querétaro (1 750 mts. sobre el nivel del mar)
- V.- Capacidad :
- Vacío deseado 300 mm Hg
- Flujo 25 lb/hr de aire equivalente a 70 °F
- Peso Molecular a) aire 29 gr/mol
b) agua 18 gr/mol
- VI.- Vapor disponible 150 psig saturado
- VII.- Agua de enfriamiento :
- Presión 60 psig
- Temperatura 27 °C
- VIII.- Observaciones : Se requieren intercondensadores de su perficie.

II.8 INSTRUMENTACION

La instrumentación y el control de la destilación en el proceso continuo, no dependen directamente del operador como en el proceso intermitente, la misma continuidad del proceso permite que las variaciones en las condiciones de operación de la columna, sean corregidas por los instrumentos automáticamente y el operador se limita a observar, en caso necesario hace los ajustes requeridos.

Las variables que se controlan son:

- 1) la temperatura en la parte media de la columna.
- 2) la presión diferencial y el vacío.
- 3) el flujo que sale del fondo de la columna.

La instrumentación y el control es la misma para las dos columnas.

1) Control de temperatura.- La temperatura en la parte media de la columna se controla con el reflujo mediante un sistema en "cascada", este sistema opera de la siguiente manera; el elemento transmisor de temperatura (TE), instalado en la parte media de la columna, manda una señal eléctrica que es convertida a neumática a un indicador controlador de temperatura (TIC), el cuál hace actuar a la válvula de control de reflujo a través del indicador controlador de flujo (FIC).

El control de reflujo a la columna tiene su elemento transmisor (FT), que es una placa de orificio, el cuál retroalimenta al FIC mediante una señal neumática. Este sistema en " cascada " tiene un registrador de flujo y otro de temperatura (FR, TR) para registrar el comportamiento de estas variables durante la operación de la columna.

El control de reflujo puede trabajar en " cascada " con el TIC o independiente de este con el FIC

2) Control de presión diferencial y vacío.- La instrumentación y control de estas variables es igual a la que se describió para el sistema intermitente.

3) Control del flujo del fondo de la columna.- El flujo que sale del fondo de las columnas, se controla para evitar vaciarlas y para no provocar inestabilidad en la operación, para ello se instala un transmisor de nivel (LT) en el fondo de la columna, el LT manda una señal neumática a un indicador controlador de nivel (LIC) el cuál hace actuar la válvula de control de flujo a la columna II o al tanque de almacén de DEG, sin afectar la estabilidad de la operación.

Este sistema tiene una alarma por bajo nivel en la columna conectado a la señal del LT para prevenir que la columna se vacíe.

Se tienen instalados en todo el sistema indicadores de campo (TI, PI y LI), para verificar las condiciones de operación del proceso tomando lecturas instantáneas de las variables mas importantes. También se tienen registradores de temperatura para observar la temperatura en diferentes puntos del proceso.

III ANALISIS ECONOMICO Y ESTRATEGIA DE LAS EXPANSIONES

III.1 Estrategia de las expansiones.

Siendo el objetivo de este trabajo, que cuando se tengan cuatro líneas de poliéster operando, el sistema de recuperación de MEG deberá operar continuamente, por lo que se establece la siguiente estrategia para seleccionar el tipo de proceso y la capacidad que debe operar en base a los balances de materiales que se realizaron en los capítulos anteriores y en función de las expansiones que se vayan teniendo de las líneas de poliéster.

Para una línea de poliéster, se requiere operar el sistema de recuperación de MEG intermitente con una columna de destilación de 4.1 ft, para cuatro líneas de poliéster y operando el sistema de recuperación continuo, se requiere una columna de destilación de 3.0 ft y otra de 4.1 ft. La estrategia se establece de la siguiente manera:

- 1.- Para una línea de poliéster, el sistema de recuperación de MEG operará intermitente y el equipo se debe diseñar para dar capacidad a una línea de poliéster. (diámetro de la columna 4.1 ft)
- 2.- Cuando se tengan operando dos y luego tres líneas de poliéster, el sistema de recuperación de MEG operará continuo y el equipo se debe diseñar para dar capacidad de recuperación a cuatro líneas, considerando que el equipo diseñado para el proceso intermitente se puede utilizar en el proceso continuo (ver cap. II Diseño de equipo).
Debido a que las columnas trabajarán a baja capacidad cuando se tengan dos y tres líneas operando, se deben blanquetear los platos de las columnas.
- 3.- Al tener las cuatro líneas de poliéster operando, se deben desblanquetear los platos de las columnas y operar a las condiciones especificadas para esta capacidad.

III.2 Analisis económico

El analisis se hará en función del ahorro energético que se tiene al operar el proceso continuo.

A) Ahorro en consumo de agua de enfriamiento

- 1.- Proceso intermitente (una línea de poliéster).

ETAPA	lb H ₂ O/ carga destilada	\$/ año
cabezas	530	086.00

ETAPA	lb H ₂ O / carga destilada	\$ / año
puntas	656 508.00	
cuerpos	2 618 470.95	
subenfriamiento de MEG	870 789.40	
TOTAL	4 675 855.10	382 323.00

2.- Proceso continuo

	2 líneas de pol. lb H ₂ O / día	4 líneas de pol. lb H ₂ O / día
condensador col. I	1 248 618	2 809 392
condensador col. II	3 110 722	6 999 125
subenfriador col. II	738 869	1 662 457
TOTAL	5 098 209	11 470 974
\$/año totales	416 859	937 932

a) Operando continuo al tener dos líneas de poliester el ahorro es:

$$$/año = 2 \times 382\ 323 - 416\ 859 = 347\ 787$$

b) Para cuatro líneas:

$$$/año = 4 \times 382\ 323 - 937\ 932 = 591\ 360$$

B) Ahorro en el consumo de vapor de calentamiento

1.- Proceso intermitente

ETAPA	lb vapor 150 psig/carga	\$ / año
calentamiento	7 710.54	
cabezas	9 613.00	
puntas	11 659.55	
cuerpos	46 771.46	
TOTAL	75 754.56	867 734.00

2.- Proceso continuo

	2 líneas de pol. lb vapor 300 psig/día	4 líneas de pol. lb vapor 300 psig/día
rehervidor col. I	49 226.66	110 760
rehervidor col. II	21 955.73	49 400
TOTAL	71 182.40	160 160
\$/año	815 361.00	1 834 559

a) Para dos líneas de poliester:

$$$/año = 2 \times 867\ 734 - 815\ 361 = 920\ 107$$

b) Para cuatro líneas de poliéster:

$$\$/\text{año} = 4 \times 867\,734 - 1\,834\,559 = 1\,636\,377$$

El ahorro total al operar el sistema continuo con dos y cuatro líneas es:

Nº de líneas	\$ / año totales
2	1 267 894
4	2 227 737

IV CONCLUSIONES

De este estudio se concluye lo siguiente;

1.- Para que el sistema de recuperación de MEG opere continuo al tener cuatro líneas de poliéster en operación, se establece la siguiente estrategia:

a) Para una línea de poliéster, el sistema de recuperación de MEG operará intermitente y el equipo se debe diseñar para dar capacidad a una línea de poliéster.

b) Para dos y tres líneas de poliéster, el sistema de recuperación de MEG debe operar continuo y el equipo se debe diseñar para dar capacidad de recuperación a cuatro líneas, considerando que el equipo diseñado para el proceso intermitente se puede utilizar en el proceso continuo.

Los platos de las columnas se deben blanquear para mantener la estabilidad de la columna al tener que trabajar a baja capacidad.

c) Al tener las cuatro líneas de poliéster en operación, se deben desblanquear los platos de las columnas y operar a las condiciones especificadas para esta capacidad.

2.- Diseñando los equipos en base a la estrategia establecida, el flujo mínimo para operar el proceso continuo es el proporcionado por dos líneas de poliéster, debido a que el equipo se va a diseñar para dar capacidad a cuatro líneas es necesario blanquear los platos al trabajar a baja capacidad, para garantizar la estabilidad de la columna y no tener que aumentar el reflujo.

El flujo máximo al que puede operar el proceso continuo con un 80 % de inundación en las columnas es de 10 697 lb/hr, el cual puede ser proporcionado por 4.5 líneas de poliéster.

3.- Todos los equipos principales del proceso intermitente, la columna de destilación, equipos de transferencia de calor, sistema de vacío, recipientes y demás equipo, pueden utilizarse para operar el sistema de recuperación de MEG continuo

4.- El ahorro que se tiene al operar el sistema de recuperación de MEG continuo contra el sistema intermitente, es de \$ 1 267 894.0 y de

\$ 2 227 737.00 anuales para dos y cuatro líneas de poliéster respectivamente
Este ahorro esta basado en la disminución que se tiene en el consumo de va-
por de agua para el calentamiento y en agua de enfriamiento (AHORRO DE E-
NERGETICOS)

V BIBLIOGRAFIA

- Chemical Engineers' Handbook
Robert H. Perry and Cecil H. Chilton
Fifth Edition
secciones 13 y 18

- Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants.
Ernest E. Ludwig
First Edition
Volumen 1

- Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants.
Ernest E. Ludwig
Second Edition
Volumen 2

- Distillation
Van Winkle

- Métodos de cálculo en los procesos de transferencia de materia
H. Sawistowski
1961

- Mass Transfer Operations
Robert E. Treybal
Second Edition

- Procesos de transferencia de calor
Donald Q. Kern
Primera Edición
1965

- Diseño y Especificación de Recipientes de Proceso
Ing. Rafael Arriaga Rufz
I.M.P.
1977

- Sizing Separators And Accumulators
R. N. Watkins
Hydrocarbon Processing
November 1967, Vol. 46, N° 11

- Some Practical Aspects of Optimal Batch Distillation Design
William L. Luyben
Ind. Eng. Chem. Process Develop.
Vol. 10 N° 1, pag. 54
1971

- Efficiency Calculations for Binary Batch Rectifications with Hold Up
Fred G. Eichel
Chemical Engineering
July 18, pag. 159
1966

- Distillation Techniques
Reprint from Chemical Engineering.
March 19, 1977

- CE Refresher Guidelines For Designing Distillation-Column Internal
Reprint from Chemical Engineering
May 19, 1980

- Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe
Crane # 40

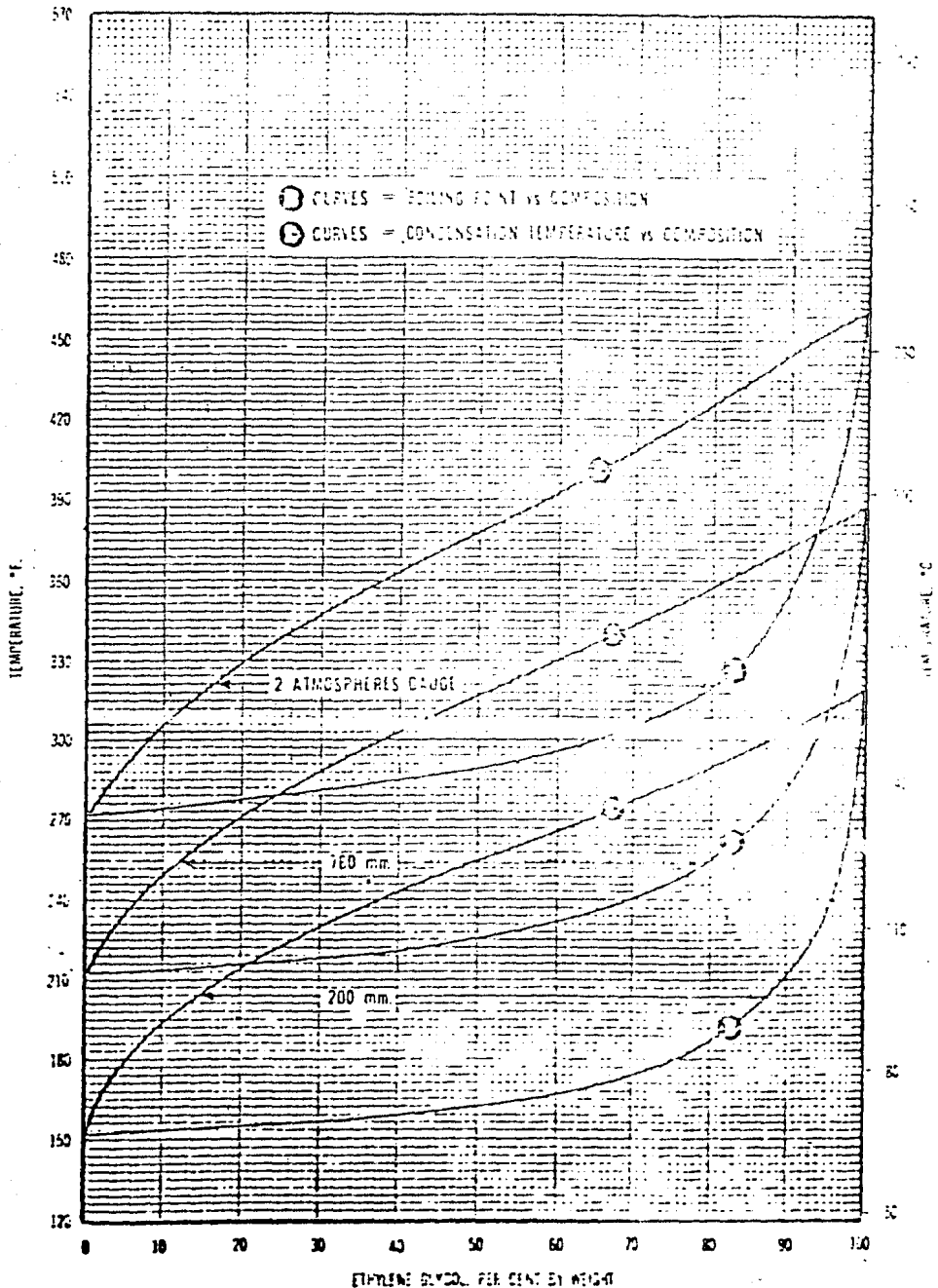
A N E X O S

- PROPIEDADES FISICAS

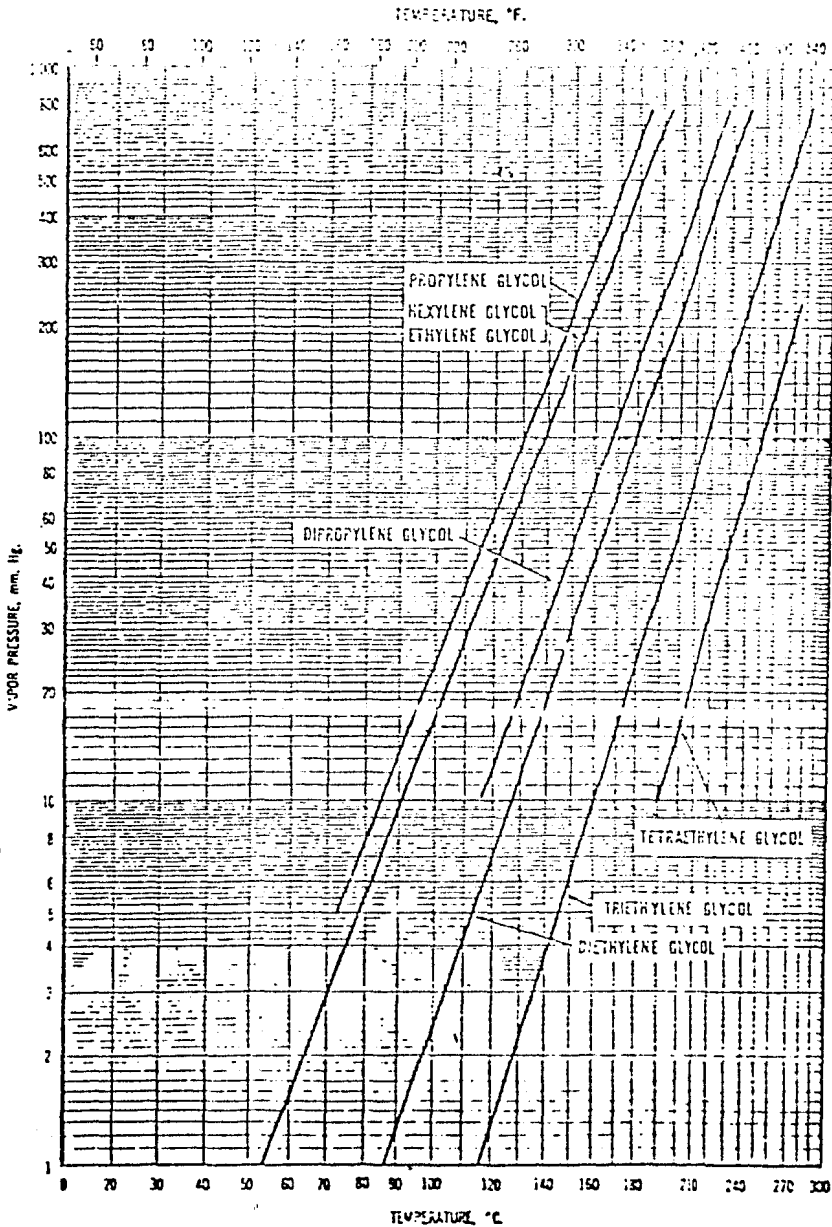
- DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION PROCESO INTERMITENTE

- DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION PROCESO CONTINUO

2 Boiling Points and Condensation Temperatures vs Composition of Aqueous Ethylene Glycol Solutions at Various Pressures

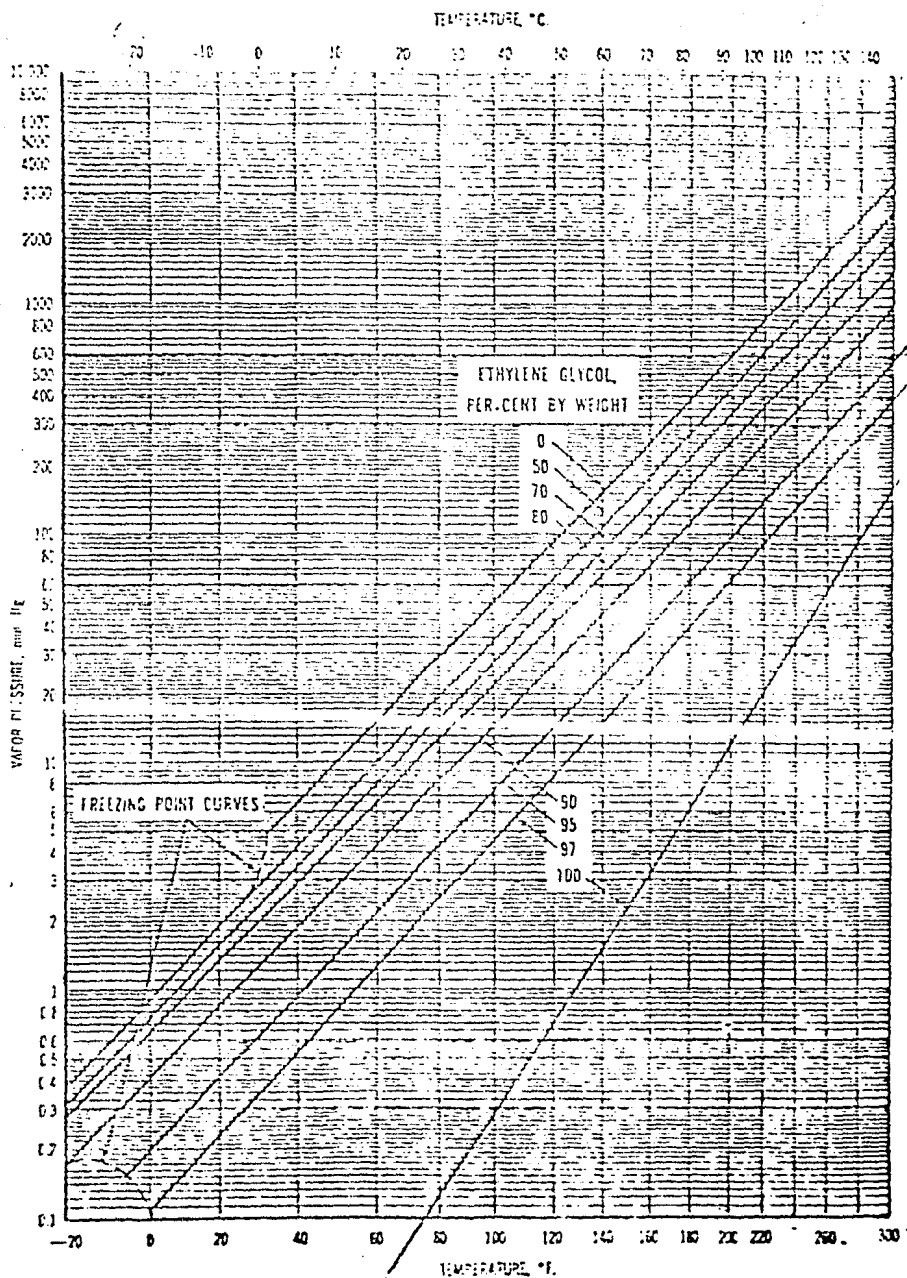


7 Vapor Pressures of Glycols at Various Temperatures



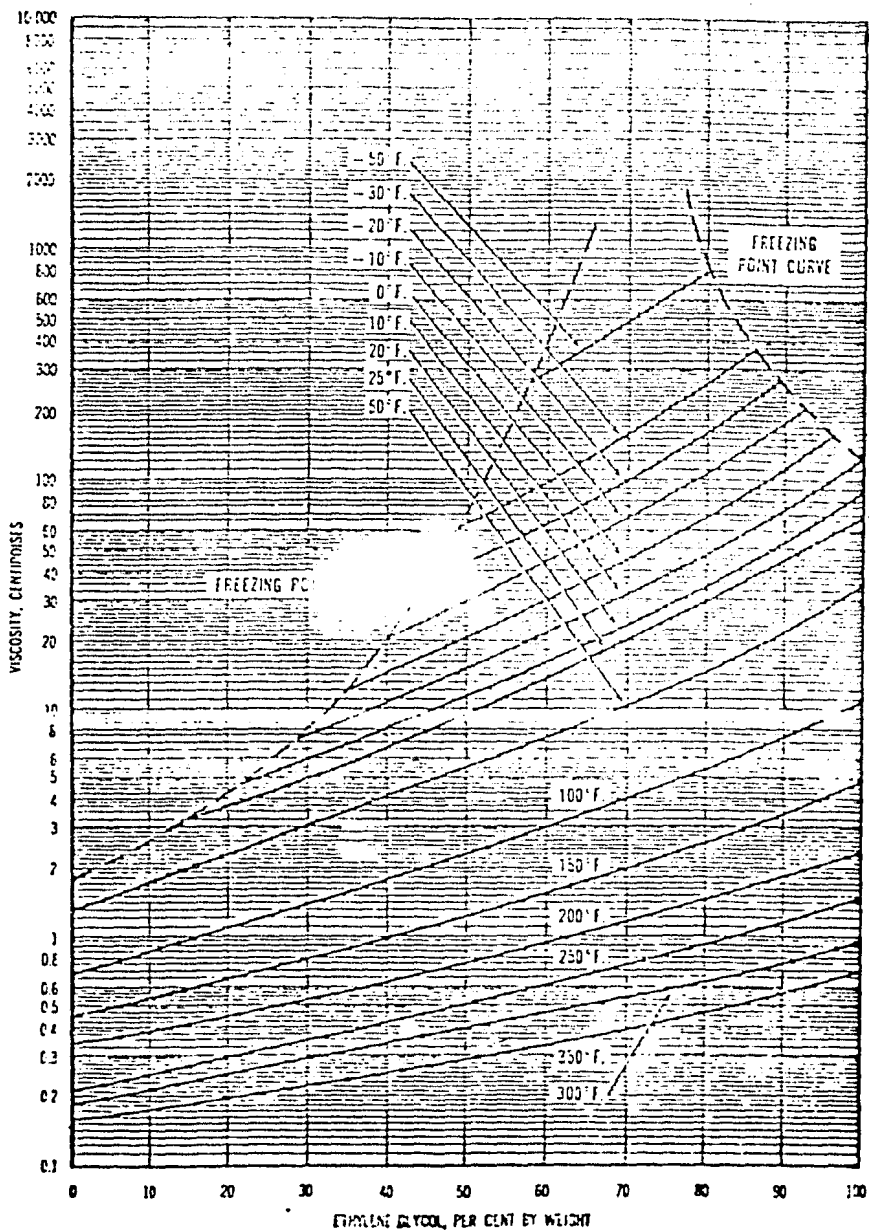
NOTE: Ethylene glycol and hexylene glycol have similar vapor pressures in this temperature range.

8 Vapor Pressures of Aqueous Ethylene Glycol Solutions



18

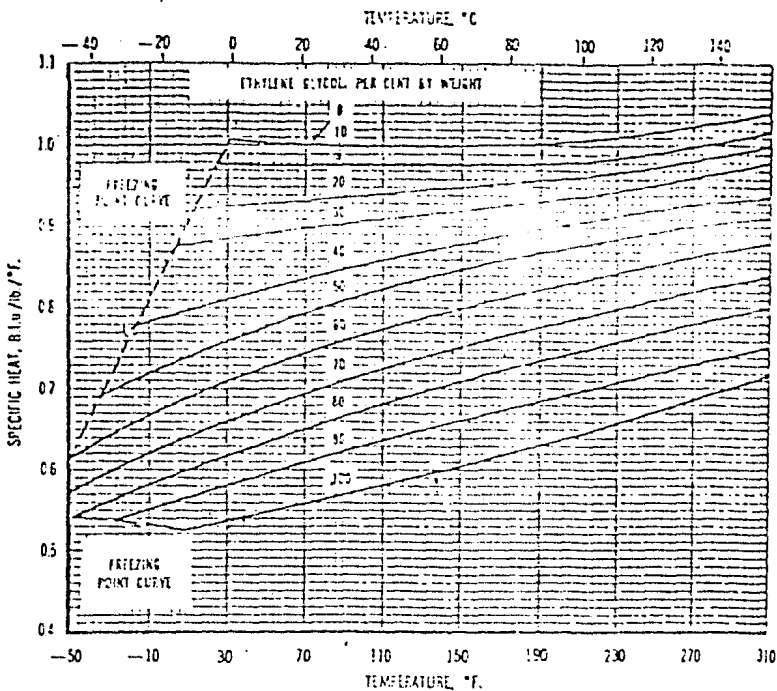
Viscosities of Aqueous Ethylene Glycol Solutions



23

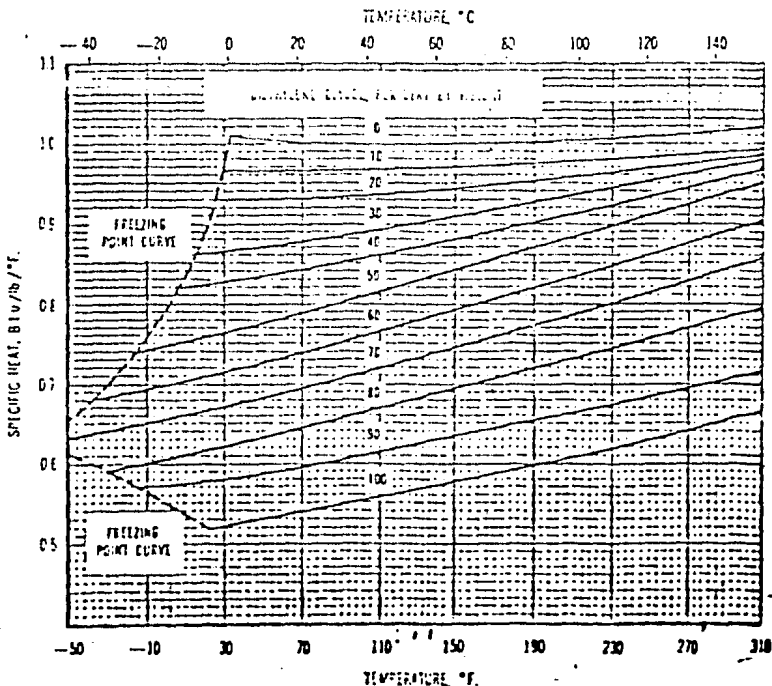
Specific Heats of Aqueous Ethylene Glycol Solutions

147



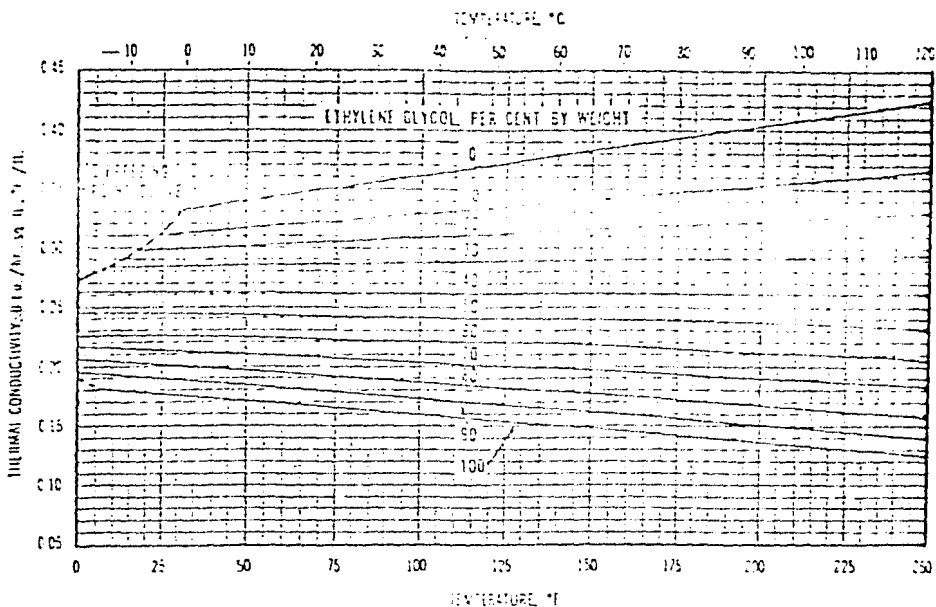
24

Specific Heats of Aqueous Diethylene Glycol Solutions



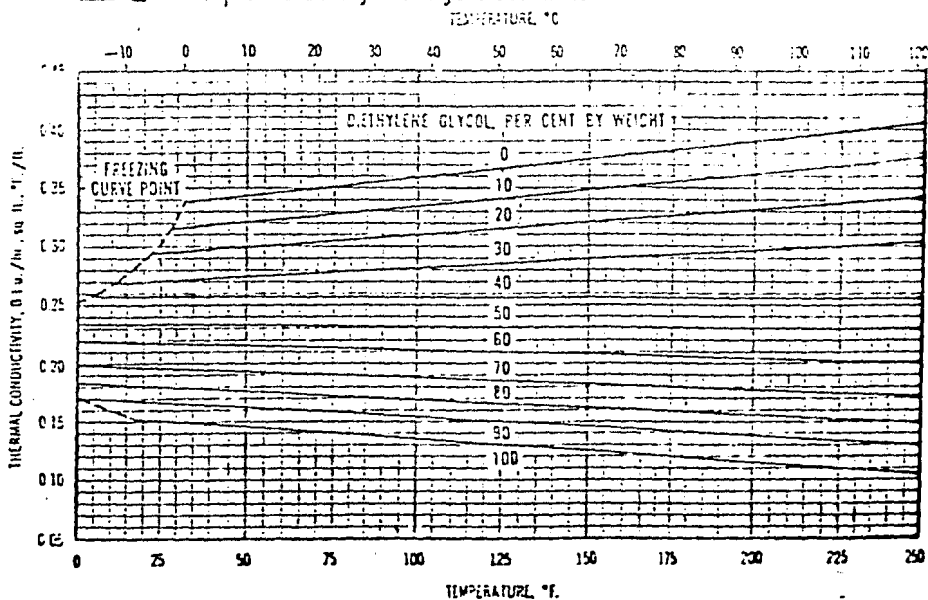
28

Thermal Conductivities of Aqueous Ethylene Glycol Solutions



29

Thermal Conductivities of Aqueous Diethylene Glycol Solutions



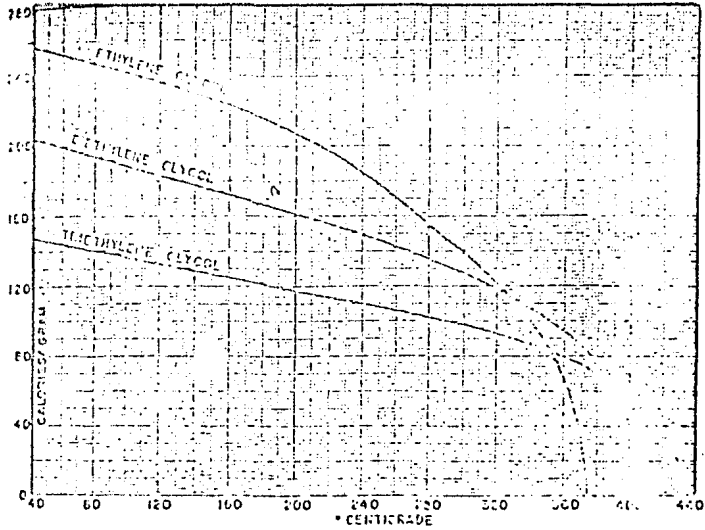
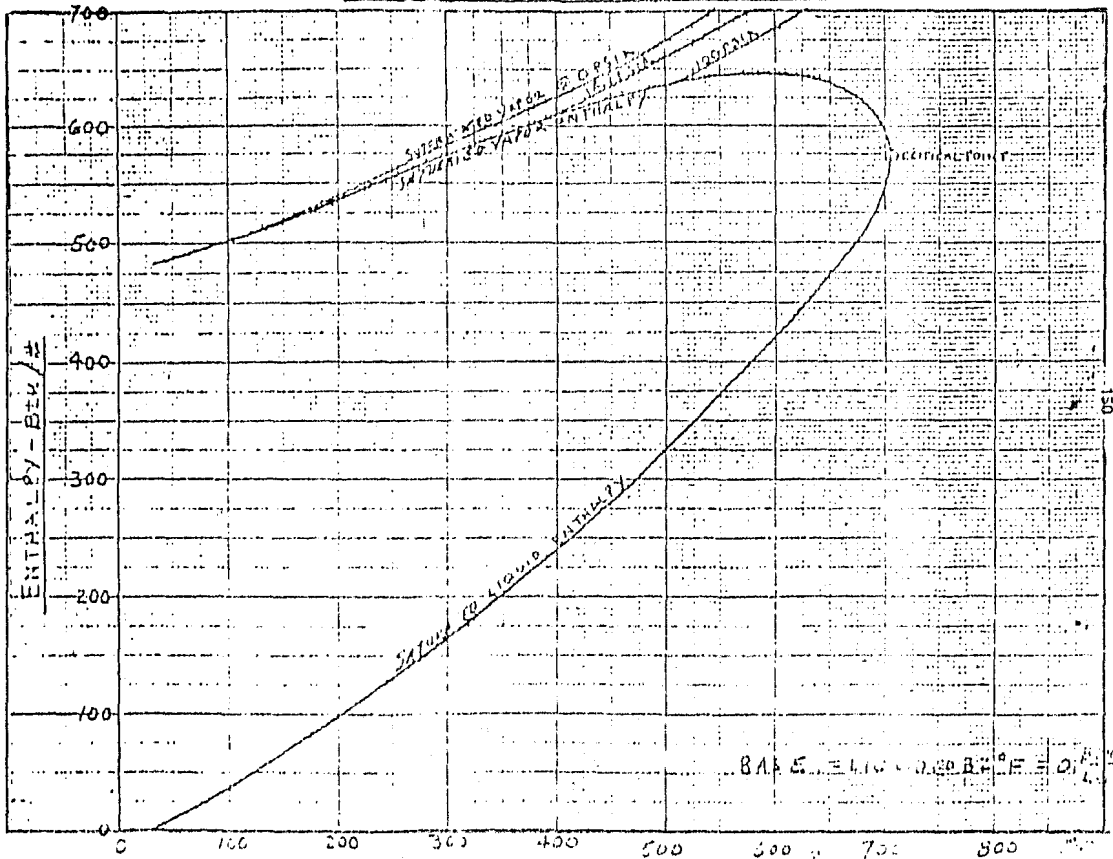
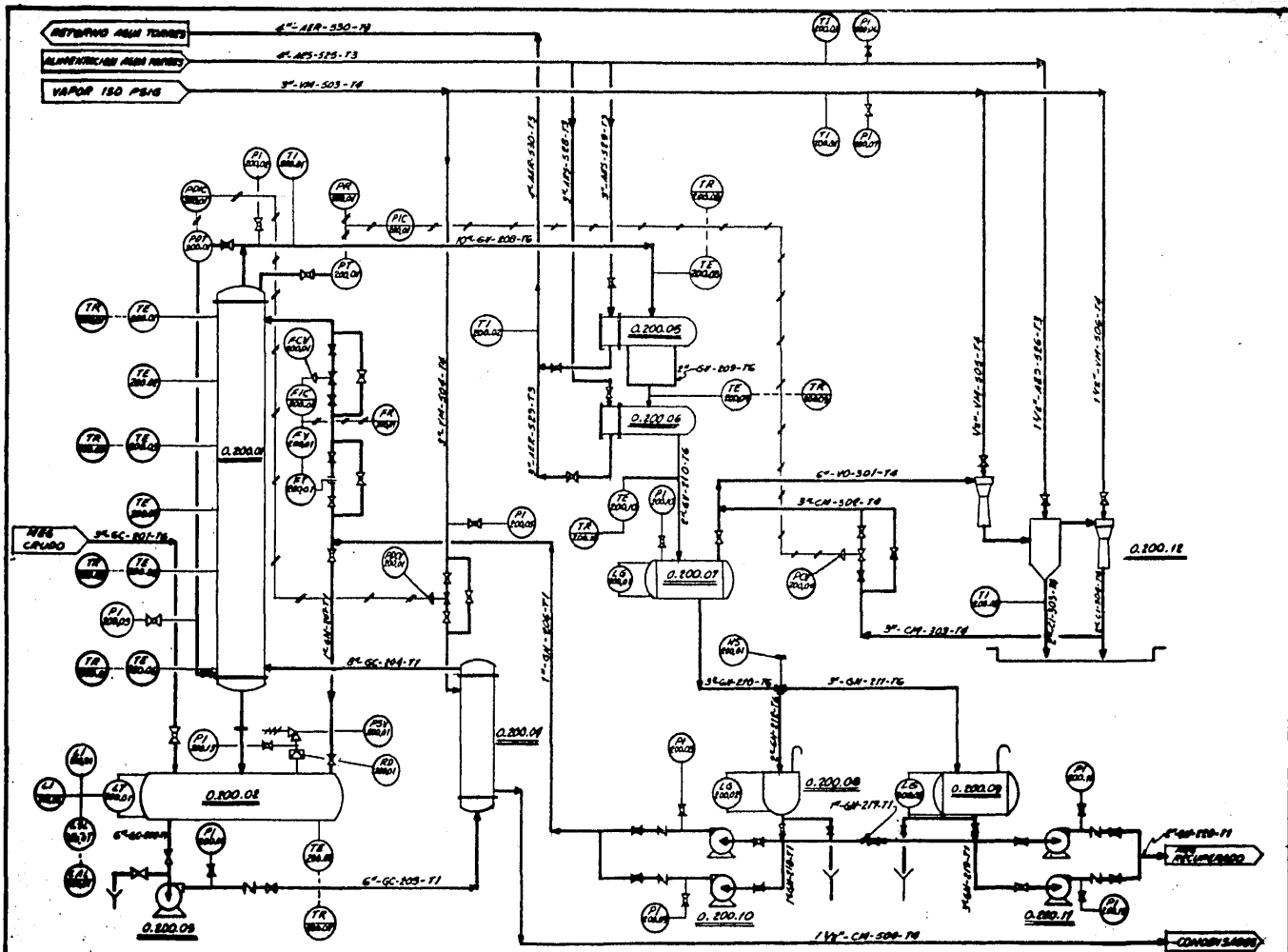


Fig. 13-4—Shows heat of vaporization of ethylene glycols from 40° C to 400° C.

Heat of Vaporization. Experimental data for ethylene glycol⁵ are available up to the boiling point.⁵ The data were extended to the critical temperature by use of the Watson equation.⁶ The calculated values gave an average error of 1.5 percent when compared to four experimental values. The limited experimental data for diethylene glycol^{5a} and triethylene glycol^{5b} were also extended over the temperature range by the Watson equation.

PURE ETHYLENE GLYCOL ENTHALPY



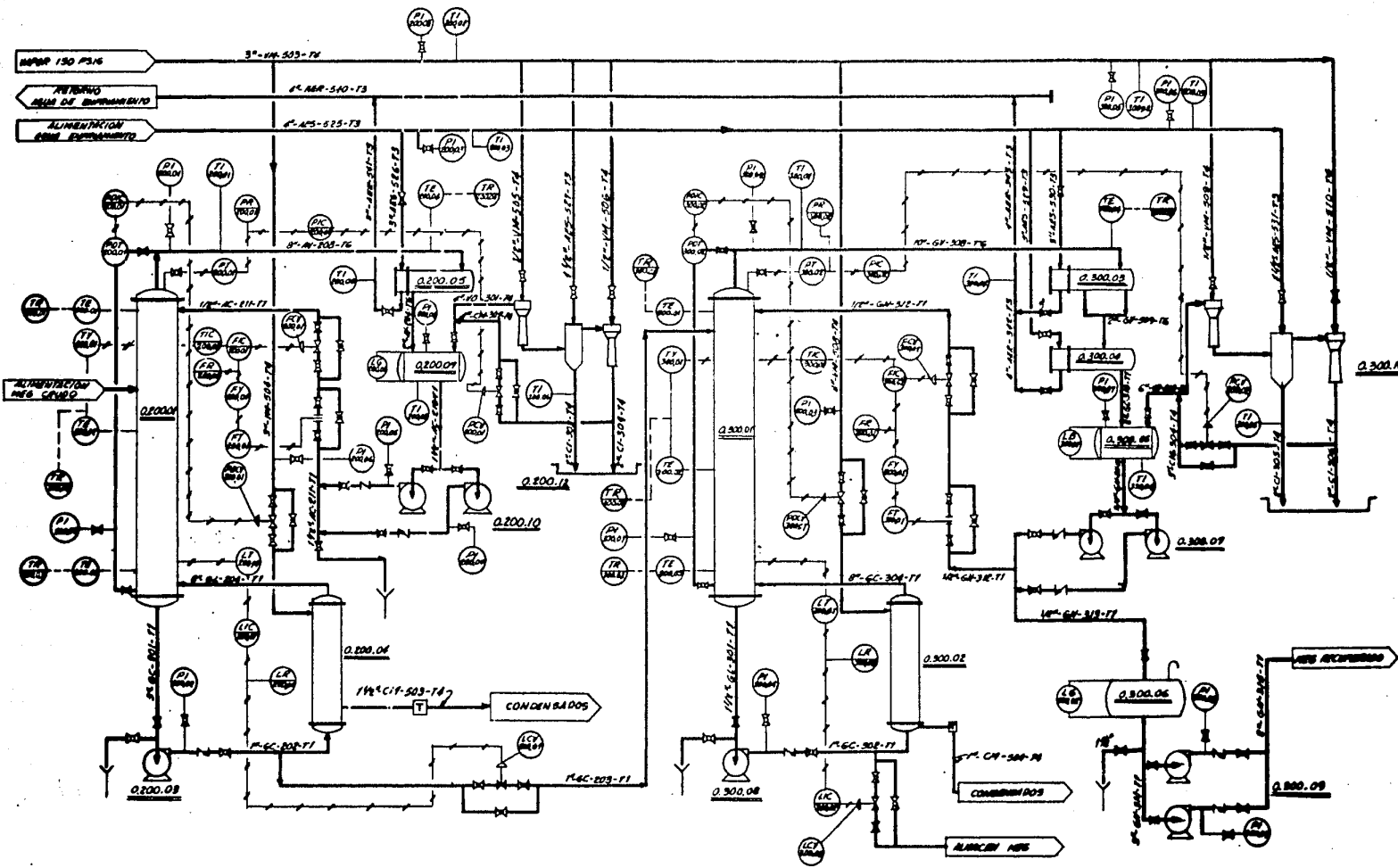


NO.	DESCRIPCION	SEÑAL	FECHA	REV.	AÑOS

FACULTAD DE QUIMICA
UNAM.

TESIS: SELECCION DE UN PROCESO DE RECUPERACION DE GLICOL PARA UNA PLANTA DE POLIETILENO.

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE RECUPERACION DE GLICOL INTERMITENTE
FECHA 15/ABRIL/1989



NO.	DESCRIPCION	FECHA	REV.	APROBADO

FACULTAD DE QUIMICA
UNAM.

TESIS: SELECCION DE UN PROCESO DE RECUPERACION DE GLICOL PARA UNA PLANTA DE POLIESTER.

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE RECUPERACION DE GLICOL SISTEMA CONTINUO.
FECHA: 18/10/1975