

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



TIPOS DE PLATOS Y DIVERSAS FORMAS
DE ESTIMAR LA EFICIENCIA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

FRANCISCO ERNESTO RIVERA MAGAÑA

MEXICO, D. F.

1979



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.

CLAS. TESIS 1979
AUT. M.T. ~~37437~~
FECHA 294
PROG. _____
S. _____



Jurado asignado original
mente según el tema.

PRESIDENTE JOSE E. GALINDO FUENTES

VOCAL ROBERTO ANDRADE CRUZ

SECRETARIO ARIEL BAUTISTA SALGADO

1er. SUPLENTE ENRIQUE BRAVO MEDINA

2do. SUPLENTE CARITINO MORENO PADILLA

Sitio donde se desarrolló el tema: FACULTAD DE QUIMICA (UNAM), PEMEX, IMP

Nombre completo y firma del
sustentante:

FRANSISCO ERNESTO RIVERA MAGAÑA

Nombre completo y firma del
asesor del tema:

ARIEL BAUTISTA SALGADO

A MI MADRE

MERCEDES MAGAÑA VDA. DE RIVERA
A QUIEN ADORO,ADMIRO Y DEBO TODO LO QUE SOY

A MIS ABUELOS

FRANCISCO RIVERA MARTINEZ
IMELDA MARTINEZ DE RIVERA
CON TODO CARIÑO E INMENSO AGRADECIMIENTO
RECORDANDO QUE A SU ESFUERZO LES DEBO TODO

A MIS HERMANAS

SILVIA

YOLANDA

LETICIA

JULIETA

QUE ME BRINDARON SU CONFIANZA Y APOYO.

A MI NOVIA

SONIA MENA M.

CON QUIEN HE ENCONTRADO CARIÑO
Y COMPRESION Y A LA QUE BRINDO
SOLO UNA PALABRA "GRACIAS"

A TODOS MIS FAMILIARES.

A MI ASESOR DE TESIS:

INGENIERO QUIMICO: ARIEL BAUTISTA SALGADO
POR SUS CONSEJOS Y AYUDA EN LA ELABORACION
DE ESTA TESIS.

A MI HONORABLE JURADO DE TESIS.

A MI ESCUELA

A MIS MAESTROS

A MIS COMPAÑEROS.

"TIPOS DE PLATOS Y DIVERSAS FORMAS DE
ESTIMAR LA EFICIENCIA"

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- TIPOS DE PLATOS
- 3.- FORMAS DE ESTIMAR LA EFICIENCIA
- 4.- CONCLUSIONES
- 5.- BIBLIOGRAFIA.

C A P I T U L O I

Introducción: [En operaciones de transferencia de masa se -- promueve un movimiento de material entre dos fases mediante una -- diferencia de presión de vapor o concentración, se provoca una -- difusión y se caracteriza por el hecho de que el material se transfiere de una fase a la otra o entre las dos fases, esta conducta -- se llama transferencia.]

Un propósito fundamental en todos los procesos en los cua-- les se pretende propiciar un intercambio de masa es proporcionar -- grandes áreas de contacto entre las fases.]

Como el objeto de este estudio son los tipos de platos y su eficiencia es necesario hablar del fenómeno de destilación como un punto de origen.

Se empezará describiendo los procesos mas antiguos usados -- en separación de mezclas y que hasta la fecha es muy utilizado, el cual se lleva, a cabo en sustancias tales como la glicerina, aceites lubricantes, ácidos grasos, anilina, etc. en las que no se puede hacer directamente y para librarlos de impurezas, es necesario dejar la temperatura de destilación a un punto en la cual puedan -- evaporarse sin alcanzar temperaturas excesivas. Uno de los métodos es operar al vacío y otro es la destilación con vapor.

Para hacer la destilación por arrastre con vapor, se carga-- el material a un calderin equipado con linea de vapor, un condensador, un receptor de condensados y un separador decantador.

En la destilación por vapor, las burbujas de vapor suben a través de la carga líquida, enriqueciéndose con el componente más volátil y escapando de la superficie del líquido. En líquidos insolubles o cuando la solubilidad mutua es pequeña, como sucede en los hidrocarburos y agua, la presión de vapor de cada componente no se influye por la presencia del otro y cada uno ejerce su presión de vapor a la temperatura de equilibrio del sistema, que es la temperatura variable de ebullición del agua.

Otro tipo de llevar a cabo una separación es la destilación diferencial o abierta, ésta se efectúa normalmente en los laboratorios cuando se trabaja sin reflujo, llevando continuamente los vapores producidos hasta un condensador. En esta destilación el vapor que sale en cualquier momento está en equilibrio con el líquido de manera que tanto la composición como el punto de ebullición de éste último varían continuamente durante la operación.

Destilación de equilibrio o cerrada, en este caso el líquido se lleva a una temperatura intermedia entre la de principio y fin de ebullición, dejando que la fase de vapor formada alcance el equilibrio con la fase líquida a aquella temperatura.

Finalmente, se llega al proceso de separación más utilizado en la industria que es la rectificación, llevada a cabo en columnas de destilación, la cual consiste en circular a contracorriente el vapor de una mezcla con el condensador procedente del mismo vapor. Las partes que forman la columna son el calderín o hervidor, el condensador de reflujo y los platos que son el punto --

principal para llevar a cabo el contacto entre fases con el fin de establecer un intercambio de materia entre ellos, aqui interesa que la superficie y el tiempo de contacto sean suficientes.

Los tipos de platos más utilizados son: el perforado, el tipo cachucha y el tipo balastra. Se utilizan de acuerdo al estudio que se haya hecho, que estará basado en la economía y rendimiento que se deseé obtener, de ahí que la eficiencia del plato tenga un papel muy importante.

En este estudio se dara a conocer en primer termino los tipos de platos más utilizados, su funcionamiento, propiedades y mecanismos de estos, después la eficiencia, factores que la afecten y los métodos de calculo de esta; desde los metodos más tradicionales, correlaciones dadas a determinados sistemas y métodos experimentales.

Actualmente el Ingeniero Químico basa sus conocimientos y experiencias en los tipos de platos y eficiencia de éstos, en -- problemas de destilación debido a que es uno de los factores de más importancia, por que de ellos dependen los resultados deseados.

9

C A P I T U L O I I
P R I N C I P A L E S T I P O S D E P L A T O S

El objeto de separar dos o más componentes, hace que se estudie el equipo a emplear en esta operación; torre empacada o torre de platos, el uso de una u otra, se obtiene de estudio económico y estudio de viabilidad. Si el vapor es el punto de control, o sea que es la principal resistencia a la transferencia de masa, se usa la torre empacada y si el líquido es el punto de control o principal resistencia a la transferencia de masa, se usa la torre de platos.

En el estudio de viabilidad económica están influenciados varios factores, un ejemplo de esto es el diámetro de la torre, para diámetros grandes conviene tener la torre de platos y no la empacada, por el costo de la misma.

Como el objeto del trabajo es la eficiencia de los platos, el estudio sera enfocado hacia destilación, donde se efectua una separación de componentes, dependiendo del coeficiente de distribución, llevada a cabo por:

- 1) Disminución de presión
- 2) Aumento de temperatura.

La torre está compuesta de dos tipos de zona:

- a) Zona de enriquecimiento; a donde van los compuestos ligeros y
- b) Zona de agotamiento; a donde se van los componentes pesados.

El reflujo, tiene como objeto rectificar la mezcla mediante suministro de líquido para ponerlo en contacto con el vapor -- y así favorecer la transferencia.

El líquido entra en lo alto de la torre y fluye hacia abajo por gravedad, y a través de la cara de la charola, el gas ac-ende, de manera que el líquido y gas estén en contacto en acertado estilo de charolas de platos.

Cada charola es una etapa desde que los fluidos están en íntimo contacto, en la cual ocurre la transferencia simultánea de masa y calor; la etapa es definida como un mecanismo o combinación de mecanismos en los cuales dos fases insolubles están en íntimo contacto a fin de llevar a cabo las transferencia de masa para alcanzar el equilibrio.

Una etapa ideal o teórica es aquella en la que el tiempo de contacto entre fases es suficiente para que las fases estén en un verdadero equilibrio, aunque esto no puede obtenerse en la -- práctica, se puede aprovechar frecuentemente la proximidad del -- equilibrio. El número de charolas teóricas en una columna depende de la naturaleza de los fluidos, de las especificaciones de los -- productos y de las leyes del equilibrio. La eficiencia es determinada por el diseño mecánico y las condiciones de operación, el -- principal problema en el diseño de una torre es el de calcular -- sus dimensiones y elegir el arreglo, para esto se toman en cuenta -- todas las variables de operación que afectan, y propiedades -- las cuales se enlistan a continuación: Variables de operación :

Temperatura, presión, velocidad de líquido y vapor, composición de los componentes ó mezcla.

Propiedades ó variables del sistema: tensión superficial, densidad de líquido y vapor, viscosidad de líquido y vapor, difusividad y volatilidad relativa de los componentes en el sistema.

Si la eficiencia de una charola es alta, el tiempo de contacto y la superficie entre fases debe ser grande, una intensidad relativa de turbulencia es requerida para obtener coeficientes de transferencia grandes. Si se suministra un largo tiempo de contacto, la cantidad de líquido que fluye en la charola es tal, que las burbujas del gas requieren bastante tiempo para pasar a través del líquido.

Cuando las burbujas de gas son lentas al pasar a través de la abertura de la charola, se hacen grandes y la superficie interfacial pequeña, si la velocidad es alta, éste es dispersado al fondo del líquido por agitación y vuelto en espuma, esto proporciona áreas de superficie interfacial grandes; en estas condiciones - - - se tiene los siguientes resultados:

- 1) Entrada mecánica de gastos de líquido en la corriente de gas;
- 2) Altas velocidades del gas.

En destilación, la presión alta en el fondo de la torre - - proporciona alta temperatura de ebullición y puede dar posibles -- perjuicios o dificultades de calor en el vertedero de líquido, puede deberse directamente a condiciones de inundación, cuando se tie

ne alta caída de presión en el espacio entre charolas. Cuando la diferencia de presión se incrementa por el incremento de velocidad de flujo, del gas o líquido, permite la salida del chorro de líquido y la entrada en el fondo de la charola, tal que el nivel de líquido alcanza la charola superior y la velocidad de flujo -- al incrementarse agrava las condiciones de rapidez, por éste ---- puede entrar al espacio entre las charolas e inundar la torre, -- por lo que la eficiencia tiende a tener valores bajos, el flujo -- de gas varía y el líquido puede ser forzado a salir por la tuberia.

Para combinaciones líquido-gas, donde el líquido tiende excesivamente a servir de espuma y esta persiste a través del espacio entre charolas, una gran cantidad de líquido es transportada de una charola inferior a una superior, el líquido es llevado a -- recircularse entre las charolas para que la adición de líquido -- incremente la carga de gas y la caída de presión sea la suficiente para inundar dentro de los rangos de operabilidad.

En resumen, cuando se tiene grandes flujos de líquido al entrar en la charola, éstos proporcionan altas eficiencias en -- las charolas con altos tiempos de contacto, pero ocasionan altas -- caídas de presión.

Cuerpo de la torre y tipo de charolas:

Las torres son fabricadas de un gran número de materiales, dependiendo de las condiciones de corrosión encontradas, pueden ser: Vidrio, plástico, acero al carbón, acero inoxidable y -- aleaciones de acero, etc. frecuentemente son usados los metales.

Los principales tipos de charolas más usados son: Charolas perforadas, charolas tipo cachucha y charolas tipo balastra.

En las instalaciones más modernas son ordinariamente hechas de metal laminado de aleación especial, con el espesor necesario para anticipar una velocidad de corrosión, pueden sostenerse o estar ligadas a la torre para prevenir el movimiento del gas, debido a una sobretensión; pueden colocarse haciendo uso de soportes en cada charola con el objeto de facilitar su mantenimiento, por lo general se instalan a un 1/4 de pulgada.

El espacio entre charolas se escoge usualmente por bases de conveniencia, construcción, mantenimiento y costo y después de conocer la inundación.

Valores recomendados de espacio entre platos, en la tabla I.

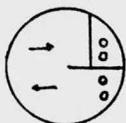
El diámetro de la torre y la sección transversal deben ser lo suficientemente grandes para manipular las velocidades del gas y líquido, evitando que se provoque inundación excesiva a la entrada de la misma. Para un tipo dado de charola e inundación, la velocidad superficial del gas (V_f) está dada por la densidad de los fluidos:

$$v_f = c_f \frac{(\rho_L - \rho_G)^{1/2}}{\rho_G}$$

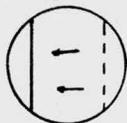
La sección transversal neta (A_N) es la sección transversal de la torre (A_t) menos el área tomada de abajo.

C_f es una constante empírica, la cual es considerada para cada tipo de charola.

Los gradientes excesivos de líquido muestran mala distribución y otras dificultades; el gradiente de líquido puede ser minimizado por la reducción de distancia entre charolas a través de la cual el líquido fluye. Para torres grandes, el flujo radial -- puede substituirse por simples flujos transversales, usualmente -- se provoca este flujo por razones de costo. En la figura 1 observamos los diferentes arreglos de charolas y direcciones de flujo de líquido.



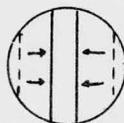
a) Flujo contrario.



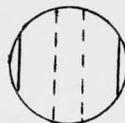
b) Flujo transversal



c) Flujo radial



d) Flujo dividido



e) Charolas en cascadas.

Figura 1

TABLA I

CONDICIONES RECOMENDADAS PARA TORRES DE CHAROLAS

1) Espacio entre charolas

Diametro Torre (pies)	Espacio entre charolas (Pulg)
Menor de 4	6 pulgadas minimo
4 - 10	18 - 20
10 - 12	30
12 - 24	36

2) Flujo de liquido

- a) No mayor de 0.165 pies³/Seg (pies de diametro), para charolas de un sólo paso para flujo transversal.
- b) No mayor de 0.35 pies³/Seg (pies de Longitud del tirante) para otras

3) Gradiente de liquido: 0.5 pulgadas (1.25 pulgadas maximo)

4) Caida de presión por charolas

Presión	Caidas de presión
3.5 mm Hg absoluto	3 mm Hg ó Menor
atm	0.07 - 0.12 psi
300 psi	0.15 psi

Constante de inundación

 C_f Rango $\frac{L_1'}{G_1}$ $\frac{(\rho G)^{0.5}}{\rho_1}$

a

b

0.01 - 0.03 usé valores de 0.03

0.03 - 0.2

0.2 - 1.0

0.0041t+0.0135

0.0068t+0.0490

0.0047t+0.068

0.0028t+0.044

Platos perforados.

Se empezara por describir el funcionamiento del plato perforado, en el que se lleva a cabo un equilibrio de contacto, este tipo de plato se muestra en la figura 2

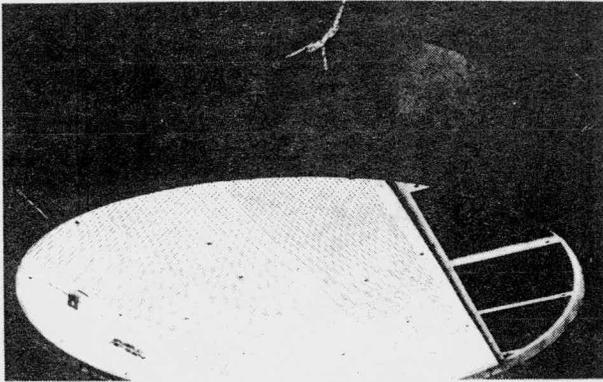


Figura 2

El vapor fluye a través de los agujeros en el plato y es dispersado a través del líquido dispersado en el plato, en las bajantes y en la entrada y salida de los tirantes de líquido, los baffles de rociado pueden ser incluidos como parte del plato ensamblado.

El tamaño y arreglo del agujero es variado, dependiendo del servicio y la experiencia del diseñador. El rango de tamaño del agujero va de 1/16 pulgadas a 1 pulg. dependiendo del diámetro y grosor de plato que comúnmente son de una medida de 12-16.

Por lo general, al taladrar platos de acero al carbón o de cobre el grosor de éste no puede ser más grande que el diámetro -

de los agujeros. Para acero inoxidable el límite de espesor es de 1/2 a 2/3 del diámetro de agujero, el arreglo de estos puede ser: pitch triangular o cuadrado, como se muestra en la figura 3

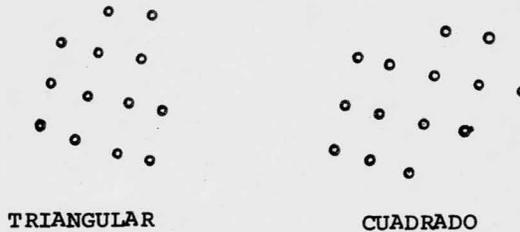


Figura 3

El espacio de los agujeros en el pitch está en términos de la relación de pitch con el diámetro de agujero que va de 1.0 a 5.0, la selección del porcentaje de área libre total de agujero establece la relación pitch-diámetro.

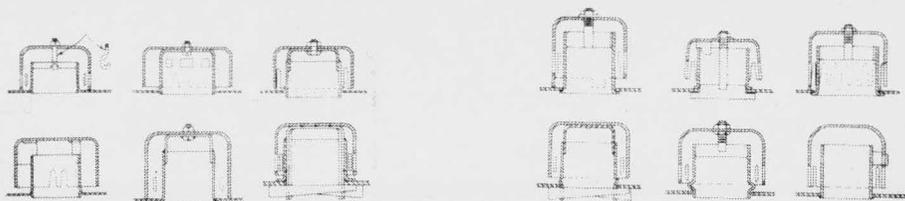
El perímetro de área libre usualmente va de 5 a 15% con un 10% mayor que es comúnmente especificado, la relación de pitch a diámetro de agujero usualmente disminuye a 2.5 y 4.0. El grosor del plato relacionado con el diámetro de agujero da un factor de caída de presión bajo.

La construcción de éstos es un poco costosa, comparada con las charolas de cachuchas burbujeantes, el costo es menor que el de otros tipos de charolas perforadas, en la cual las válvulas son dadas por los agujeros que dan efecto de flujo en el orifi-

cio o cuando el plato es rígido o sujeto a un tipo de maquinaria o trabajo forzado. El plato perforado tiene la ventaja de dar alta capacidad al igual que las charolas de cachuchas, son esencialmente de igual eficiencia, se tiene la desventaja que es poner o tener bajas cantidades de vapor, para el cual el plato es diseñado para operar, ya que el flujo de vapor previene que el flujo de líquido fluya abajo de los agujeros del plato siguiente. Cada diseño de plato se hace para una velocidad mínima de vapor operable bajo el plato de depósito.

Platos de cachuchas burbujeantes.

Se sabe que la principal resistencia a la transferencia de masa en un proceso de destilación es la fase líquida, de manera que los mecanismos burbujeantes parecen ser más lógicos para los mecanismos por contacto que proporcionan mayor área, ya que el volumen de la fase vapor sirve como área de contacto, resultando la fase vapor discontinua en una fase líquida continua, por esta razón en muchos años, las cachuchas burbujeantes y sus modificaciones fueron recursos de contacto standard de vapor-líquido en destilación fraccionada. En general, las cachuchas burbujeantes son una taza invertida la cual está provista de soportes mecánicos que se aseguran al plato, el mecanismo asegurado consiste de cualquiera de las extensiones al borde de la cachucha, la cual está atornillada a la superficie del plato en forma arreglada. La cachucha puede ser atornillada a la tubería, la cual forma una parte necesaria de la cachucha ensamblada, este tipo se muestra en la figura 4.



DISEÑOS

Figura 4

Esta figura muestra los ensambles típicos de las cachuchas. Proporciona una completa variación de modelos y tamaños de cachuchas, así como el tamaño, modelo y forma de la hendidura. La figura 5 muestra los tipos de manufactura de las cachuchas flexibles.

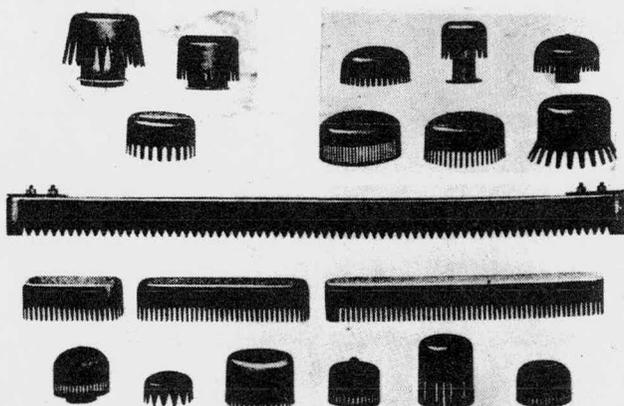


Figura 5

Varias formas de hendidura son usados: la trapezoidal, rectangular, cuadrada, forma de diamante, triangular, circular u ovalo, son localizados al costado de las ca

chuchas o extendidas abajo del borde. Las hendiduras rectangulares son las más comúnmente usadas, también las de tipo trapezoidal y las de diente serrado, el tamaño de éstas están fundados en los rangos de cachuchas comerciales de 1/8 a 3/8 de pulgada, el grosor va de 1/2 a 1 1/2 pulg. de longitud. El espacio mínimo de la hendidura es dado por la "Regla de thumb" dado que es para 1.5 veces no mayor que el espesor del metal. El número de hendiduras es controlado por las dimensiones de la cachucha, tamaño de la hendidura y espacio entre ellas.

Algunas Charolas consisten de cachuchas en forma de embudo y tienen un rango de 2-6 pulgadas y de 12-24 pulgadas de longitud.

El material de construcción de la cachucha puede ser: acero al carbón, acero mezclado, acero inoxidable, níquel, cobre, aluminio, bronce y mezclas especiales, en algunos casos la cachucha de cerámica moldeada es usada para ácidos en servicio.

La figura 6, muestra una cachucha que tiene una mampara para darle mayor turbulencia al fluido, la cual proporciona un incremento de área de contacto entre el vapor y el líquido.

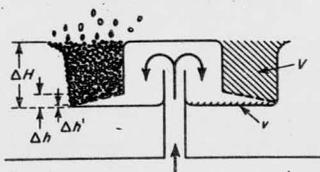


Figura 6

Los Soportes mecanicos "Risers" son tuberías usualmente de sección circular, pero que pueden ser rectangulares para cachuchas de embudo, las cuales conducen el vapor por abajo del plato, el cual da el espacio anular de vapor en la cachucha, está localizada arriba de la hendidura, en muchos casos éste actúa como soporte y sujetador de la cachucha con el objeto de que el vapor y la turbulencia de líquido no se mueva de su posición arriba de él. Estos pueden ser atornillados, soldados o remachados al plato, el material con que son hechos son el mismo que el de la cachucha. El área transversal de éstos es seleccionado, tal que el radio aproximado del área de la hendidura con el área del riser es igual a el radio del riser entre el área anular igual 1.0-1.1

La selección del diámetro de la cachucha está ligado a el área anular y el riser, éstos se montan al plato en un número de pasos relativo a éste, pueden estar atornillados, soldados, acuañados o fijados.

Las cachuchas montadas en el plato están en tal forma que el claro que hay entre el fondo de la cachucha y la superficie del plato tienen un rango de 0-2 1/2 pulgadas, en otros casos éste va de 0.5 a 1.5 pulgadas. Cuando las cargas de vapor son bajas, las cachuchas pueden ser tapadas sobre la superficie del plato y las hendiduras extendidas a lo largo del extremo de la cachucha.

Comúnmente son arregladas en las esquinas del plato en forma de triángulo con las hileras orientadas en dirección normal al flujo como se muestra en la figura 7.

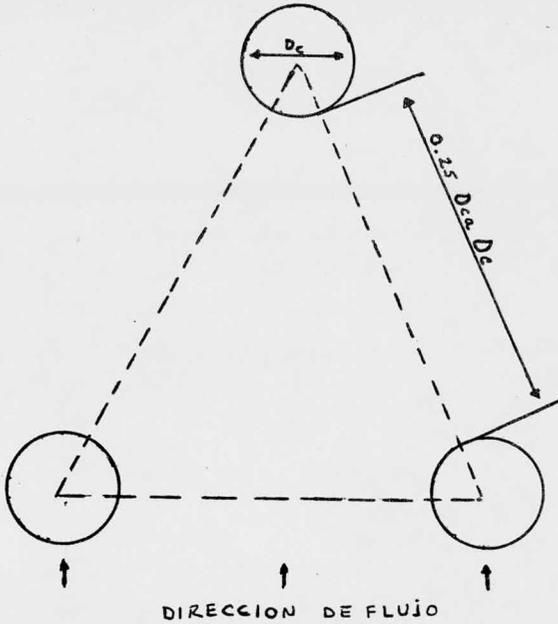


Figura 7

El arreglo de flujo en el plato puede ser diseñado bajo los siguientes requerimientos:

a) Proporcionar un alto grado de contacto entre las fases vapor y líquido, tal que el equilibrio entre fases puede ser -- aproximado.

b) Una mínima caída de presión a través de la columna, la cual proporciona un necesario contacto entre fases.

c) Proporcionar un adecuado modelo de flujo de líquido, -- tal que la capacidad de líquido en la columna requiere de lími-- tes.

En suma; el modelo de flujo del líquido en un plato es es cogido para dar un mejor contacto con el vapor, con un mínimo -- gradiente hidráulico; es un término aplicado a la diferencia de-

alturas de líquido en el plato entre el punto de entrada y de salida del tirante.

La altura de líquido es necesaria para ayudar a que el flujo de líquido pase a través del plato, excepto para el plato en cascada que evita un excesivo derrame de líquido.

Otro tipo de arreglo es la charola; en esta el gradiente decrece y los pasos de la cahucha se mantienen esencialmente al mismo nivel. Esquemáticamente el flujo modelo de vapor y líquido en los varios tipos de columna están mostrados en la figura siguiente: 8.

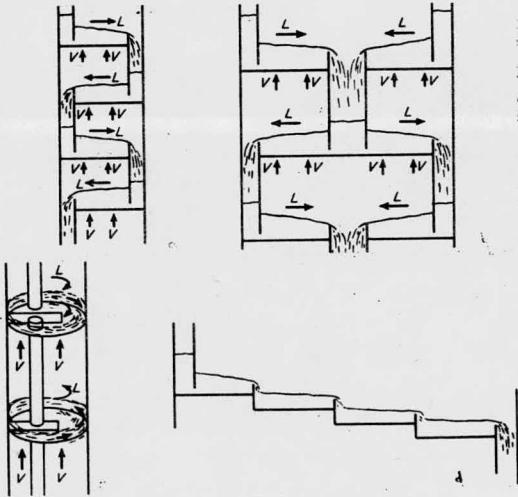


Figura 8

Las charolas de este tipo tienen la ventaja de operar a altas eficiencias, arriba del amplio rango de las velocidades de flujo.

Platos perforados de "orificio variable" tipo balastra.

En este tipo de platos los mecanismos se desarrollan para proporcionar cargas fijas de vapor con ciertas limitaciones y donde el área del agujero útil para que se lleve a cabo el flujo de vapor, pueden ser dadas por válvulas de discos circulares que van arriba de los agujeros de la charola, por conductores; ya sea por el sujetor de la superficie del plato o por la válvula movible de disco, esta válvula se levanta cuando la corriente de vapor se incrementa y permanece abierta o cuando se fija intermitentemente -- las cargas de vapor despreciables en los agujeros, algunos mecanismos pueden ser de "punto elevado" que es cuando el metal del plato movible está elevado desde el inicio hasta el final de otro y abierto en proporción de los incrementos de la corriente de vapor.

Si las charolas del tipo de válvulas de disco son circulares y proporcionan una inundación abierta, son del tipo flexible -- estas tienen dos tipos de diseño de válvulas que son, el tipo "T" y el tipo "A" como se ilustran en la figura 9 u 10.

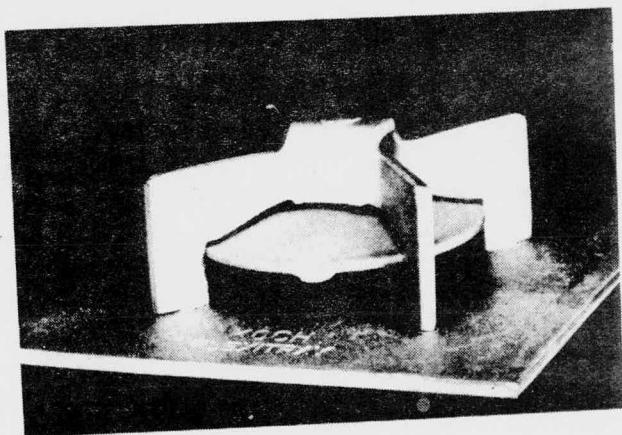
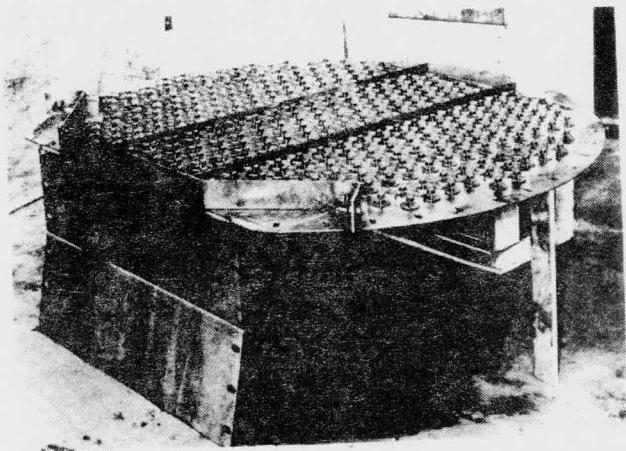


Figura 9

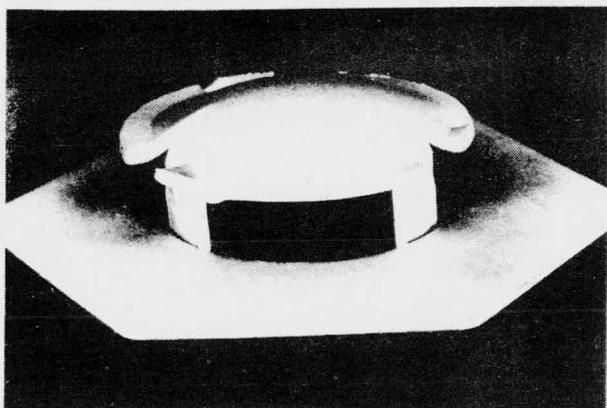
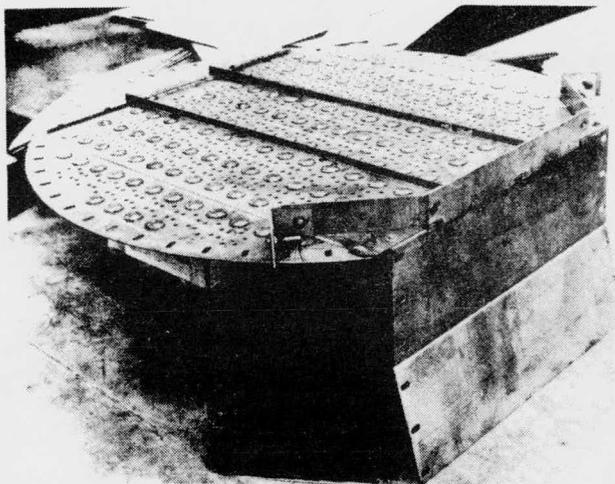


Figura 10

Otro modelo es la Unidad de Glistsh balastra que tiene un número de variaciones posibles, básicamente son dos unidades; la unidad "V" y la unidad "A". El tipo "V" es de una válvula circular de disco, la cual asegura que se abra y cierre la válvula.

El tipo "A" tiene un orificio cubierto y un disco separador contenido en una jaula fija sobre el agujero, la unidad y el plato de ensamble, el tipo "V" y el plato ensamblador se muestran en la figura 11.

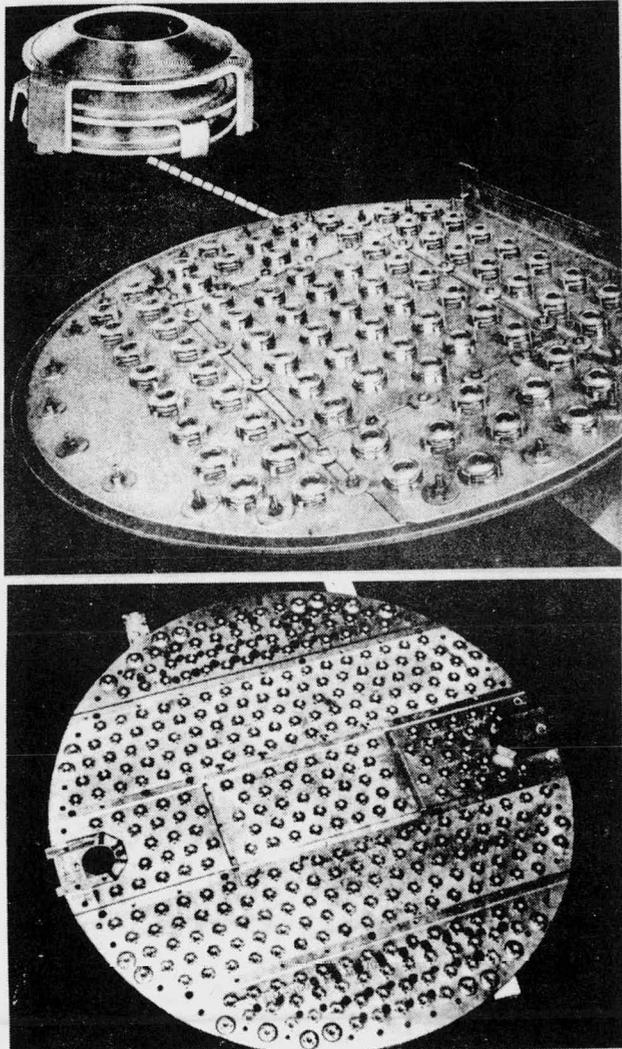


Figura 11

Como se menciono anteriormente otro tipo de charola igual - al tipo balastra es la flexible (flexitray), la cual es una charola tipo válvula que tienen levantado sobre ella cachuchas, de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro, las cuales operan en forma - - idéntica a las válvulas check. Estas tienen un levantamiento limitado y son espaciadas de 3 a 6 pulgadas del centro de ellas.

Se tiene básicamente 2 variaciones de cachuchas, el tipo "T" y el tipo "A", el primero tienen cachuchas movibles formadas abajo del agujero que está unido firmemente con la cubierta de la charola, el ensamble "A" es una versión simplificada de la "T" que consiste de un cuadro de cachuchas con una guía integral de etapa y - tope en el levantamiento, pero más costosa.

Para los 2 tipos en servicio normal, se tiene iguales capacidades y extenso rango de operación; usualmente 2 pesos de cachuchas son usados en una charola; el peso de las cachuchas alternadas en filas paralelas que salen del tirante y aseguran la distribución de vapor a bajas cargas de vapor.

Las cachuchas se abren cuando hay del 20 al 30% de capacidad en las charolas y se levantan para abrirse cuando tenemos de - 50 a 70% de capacidad. Cuando tenemos cargas altas, todas las cachuchas se abren totalmente y obligan al agujero de abajo a "abrirse". Las charolas no se empaquetan, pero es necesario cuando hay bajas cargas y rocío de vapor sobre el tope de la abertura de líquido.

Ventajas de este tipo:

- 1) Mayor capacidad para un determinado tamaño de torre, facilidad de manejo de la capacidad de líquido, particularmente para torres grandes.
- 2) La falta de gradiente hidráulico ayuda materialmente a obtener el flujo de vapor uniforme arriba de la entrada de la charola.
- 3) Permite altas eficiencias arriba de los grandes rangos de operación, permite reducir la relación de reflujo para dar una separación sumada a la capacidad de la torre.
- 4) Es menos sensible que otro tipo de charolas a niveles bajos.
- 5) Las charolas no empacadas son requeridas cuando se quiere simplificar y reducir los costos de instalación y mantenimiento.
- 6) La superficie total de la charola y los componentes son visualizados por inspección sin desarmar la charola.
- 7) Tienen considerablemente costos bajos como las charolas de cachuchas bell. El tipo "A" tiene como guía piernas que están levantadas integralmente hasta el tope de la cachucha, las cuales son más económicas.
- 8) A bajas caídas de presión, la operación se lleva a cabo a través de las pequeñas bajantes de la charola.

El pitch triangular normal de las cachuchas en una charola flexible es de 3 1/4 pulg. Para trabajos al vacío el espacio entre

hileras puede ser reducido a 3 pulgadas, aproximadamente el 15% - del área del riser, 3 pulgadas de altura es normalmente usado en columnas a presión, 24 pulgadas de espacio entre charolas y una - altura de 2 pulgadas como mínimo es preferida para el tirante.

Una tabulación aproximada de longitudes de tirantes de segmento y extendidos hacia atrás, son los siguientes:

Flujo Transversal	Relación aproximada de la longitud de tirante con el diámetro de la torre.	
	Segmento	Extendido hacia atrás
Número		
1a. trayectoria	0.6-0.8	0.8 - 1.0
2a. trayectoria	1.2-1.4	1.6 - 2.0
3a. trayectoria	2.5	2.4 - 2.9
4a. trayectoria	3.4	3.3 - 3.8

El claro de las charolas es usualmente de 1/2 pulgada menor que la altura o la salida del tirante a través de las charolas.

La charola flexible usualmente tiene bajantes inclinados - que permiten tener más cachuchas y más áreas de contacto. La distancia mínima del centro de la línea de la cachucha a la salida del tirante o al principio de la charola superior es de 2 1/2 pulgadas. El arreglo interno de la tubería es de tal forma que no -- obstruye el flujo de líquido.

El siguiente paso de este estudio es el de observar y estimar el funcionamiento de los diferentes tipos de charolas, dados por el estudio y experiencia de investigadores, pero antes se de-

finirán los siguientes términos que comúnmente son usados aquí:

Bajantes.- Son segmentos que forman parte de los platos -- de igual material, indispensables para dar un adecuado derrame de líquido y provocar una mínima área transversal. Pueden ser circulares ó en forma de barras, solos ó múltiples. Los circulares son utilizados solo en columnas pequeñas ó en casos especiales, las bajantes cuyo orillamiento forma un tirante en forma de barra son los más usados.

La capacidad de la bajante puede ser diseñada para una carga de líquido máximo, que puede ser expresada en términos de un promedio de la velocidad de flujo de líquido a través de la bajante y ensamblada. Cuando un sistema es espumoso se encuentra que las velocidades de líquido son bajas como 0.05 a 0.1 pies / segundo, en sistemas no espumantes las velocidades de líquido son altas como 0.3 pies /segundo.

La capacidad puede ser expresada en términos de bajos tiempos de residencia de líquido en la bajante, y es calculado por -- determinación del volumen de flujo de líquido por unidad de tiempo, en la práctica el tiempo de residencia usual es de 5 a 6 segundos en la bajante.

Espaciado de platos.- Es la diferencia mínima a la que se ubican los platos con el propósito de que se facilite la caída -- de presión del líquido al separarse la espuma de éste y del vapor antes de alcanzar el plato siguiente.

Esta diferencia depende del diámetro y altura de la colum-

na, entre mayor sea el diametro, el número de platos son menos y - entre más alta sea la columna el numero de platos aumenta.

Los platos son separados por una distancia que facilite la caída de liquido al separarse de la espuma y del vapor antes de alcanzar el plato siguiente.

El espaciado es de 12 pulgadas para columnas pequeñas, de - 24 pulgadas para columnas grandes.

Vertederos.- Es la parte inclinada que forma parte del plato, usado especialmente cuando el liquido que viene de una charola requiere del contacto con el gas que va entrando al orificio del plato.

Estos pueden ser recto, rectangular o circular; los cuales son tuberías usadas como bajantes de líquido.

Para asegurar la distribución uniforme de liquido en charolas de un solo paso, la longitud de éste debe ser de 60 - 75% del diámetro de la torre.

Inundación.- Es la condición donde la caída de presión a través del plato causa que la altura dinámica del líquido sea equivalente al espacio entre platos más la altura del tirante, en este punto el líquido está arriba de la bajante, es el punto de inundación del tirante, si esto acontece la columna se llena con espuma de líquido y se hace inoperable.

Usualmente el diseño de la columna es tal que el máximo aprovechamiento de inundación no exede al 85% basada en las correlaciones de inundación dadas por: Fair & Matheus (5,1), para pla--

tos de cachuchas y Fair para platos perforados, normalmente se espera una espuma de 50 - 60%, de inundación. La figura 12 da la correlación para platos burbujeantes y perforados, donde la capacidad de inundación de una charola es proporcionada por el espacio entre platos y los parámetros de flujo $(L/V)(\rho_v/\rho_l)^{0.5}$, con un parámetro de capacidad de $U_{VN} \left[\rho_v/\rho_l - \rho_v \right]^{0.5}$.

Esta puede utilizarse para determinar la velocidad de inundación de vapor, para obtener el parámetro de flujo y el espacio de platos cerca de 10%, el uso de la ecuación anterior esta sujeta a las siguientes restricciones:

- Cuando el sistema destilante no es espumante o tiene poca espuma.
- Cuando la altura del tirante es menor del 15% del espacio entre charolas.
- Cuando la relación del área de la hendidura o área del agujero con el área activa del plato es igual o mayor a 0.1, cuando esta relación es menor a 0.1.

Según Fair la capacidad de inundación puede ser modificada por los siguientes factores:

$\frac{A_h}{A_o}$ Multiplicado (dado por la figura anterior) por:

	U_{un}
0.10	1.0
0.08	0.90
0.06	0.80

- d) Cuando el diámetro de la perforación es igual o menor a 0.25 pulgadas.
- e) Cuando la tensión superficial del sistema es de 20 Din--nas/cm² para tensiones diferentes, la capacidad puede ser modificada por:

$$\frac{U_{un}}{V_{un}} = \left(\frac{\sigma}{20} \right)^{0.2}$$

U_{un} está dado en la figura anterior; $\sigma = 20 \frac{\text{DINAS}}{\text{CM}}$

Otro problema considerado aquí, es cuando la altura de la espuma en el plato es mayor al paso a través de los risers en una columna de cachuchas burbujeantes o de platos perforados que se mezcla con el líquido del plato superior, esto puede ser un asunto serio si a todos los platos les ocurre el mismo problema y la densidad de la espuma es baja, después de esto el cambio de concentración del líquido en el plato superior mezclado con la espuma del plato inferior, puede ser apreciable y reducir el efecto de la separación. En ausencia de datos se puede tomar la velocidad de vapor como un 50-60% de la velocidad de inundación.

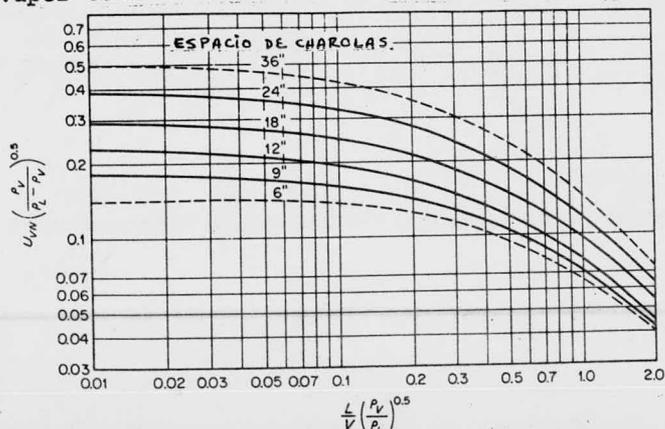


Figura 12

Basados en las observaciones hechas para diseños especiales de columnas de cachuchas burbujeantes en la A.I.C.H.E. Distillation Research Program y en algunos datos de la Fractionation Research Incorp. Program, dan una correlación que proporciona la altura espumosa dada por el factor de área activa (F):

$$H_f = 2.53 F_{va}^2 + 1.89 h_w - 1.6$$

hf = altura de la espuma (pulgada)

$$F_v = Uv \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.5}$$

Hughmark (5,1) correlaciona la altura espumosa con las siguientes variables: Velocidad de vapor, altura del tirante, altura de líquido hasta el tope del tirante, densidad de vapor y de líquido, por lo que:

$$h_f = 0.61 + 115 v_{un}^2 \frac{\rho_v}{\rho_l - \rho_v} + 1.64 h_w + 1.49 h_{ow}$$

Rociado.- Es la dispersión de líquido a través de los agujeros del plato, debido al ondeo y oscilación que se lleva a cabo -- por la trayectoria de líquido. Esto provoca que la altura de este -- en el plato sea igual a la presión del agujero y como consecuencia se llene totalmente el plato.

Teniendo una presión constante de vapor en el espacio entre charolas, el líquido puede ser rociado a través de las perforaciones del plato donde la altura es alta temporalmente.

Umholtz y Van Winkle, Toms y Van Winkle y Hellmos (5,13) indican que el rociado es una función de los siguientes variables: - Factor del agujero F (Fn), diámetro del agujero dh, grosor del pla

to (tp) área libre, altura del tirante, gasto de vapor y de líquido.

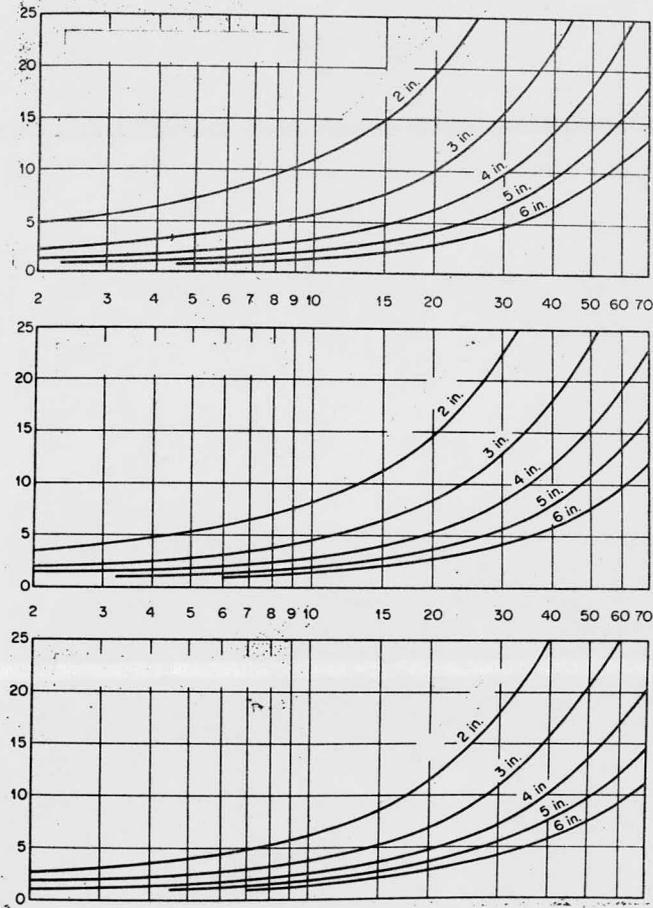
Toms y Van Winkle (5,1) dicen que la caída de presión en el rociado está en función de la altura del tirante, diámetro del agujero tensión superficial y en menos grado la densidad de vapor y de líquido, por lo general el factor Falloff (F) tiene un rango de 1.5 para 1/16 de pulgada de agujero, 6 para 3/13 de pulgada, 8 para 1/4 de pulgada.

El punto de rocío es dado en el punto donde el ondeo ocurre y es:

$$h_o + h > \dots \dots \dots f \left(h_w + h_{ow} + \frac{\Delta}{2} \right)$$

La siguiente figura 13, da una correlación hecha por Fair, (5,1) la cual relaciona las características de rociado de una charola perforada con los términos de la ecuación anterior.

Gradiente de líquido por hilera de cachucha.



Carga de líquido por pie de anchura del plato.

Figura 13

La inestabilidad cíclica en una columna fraccionadora puede ser de diferentes tipos; con respecto a platos de cachuchas burbujeantes y especificación de columnas, esta es causada por excesivo gradiente hidráulico, estas condiciones de inestabilidad puede ser descrito: cuando el plato es operado normalmente; el lí

quido fluye a través del plato y el vapor es distribuido en forma uniforme en las cachuchas hay una diferencia en las hileras, por lo que el gradiente de líquido tiende a ser pequeño.

En resumen, se tiene que la formación de ondas depende de la energía que hay por formación de burbujas, relación entre la frecuencia de ondas y tiempo de vida media de burbujeo, ya que el desplazamiento en una charola de una columna es potencialmente destructible y nocivo.

La frecuencia de oscilación de un líquido aereado generalmente es igual a la frecuencia natural del movimiento de ondas.

De acuerdo a Lamb, (5,16), la frecuencia angular de ondas es una cantidad de agua superficial dado por:

$$\omega^2 = g \frac{2\pi}{\lambda} \tanh \frac{2\pi H}{\lambda}$$

La frecuencia de burbujeo de gas no es necesario en la oscilación pero la energía proporcionada a la entrada del gas es la substancia del movimiento. El tener un movimiento periódico en estado estable es que está dado por una fuerza periódica sobre el líquido.

De tal manera que la condición probable para una oscilación es la de tener baja caída de presión en la charola, la cual hace que haya una posible aereación no uniforme.

Rotación.- Una explicación parcial de este fenómeno es el de rotación generada por gradiente de presión radial en una charola muy común en la perforada, la cual es causada por el líquido y a veces por el gas con flujo interno. La altura estática del

gas cerca del centro de la charola tiene que superar lo bajo, en parte porque la altura es dada por la velocidad del gas y en parte por el gradiente de presión radial, la concentración del flujo de gas conduce a la circulación del líquido ideal, - de tal manera que los mecanismos causan movimiento circulares.

Algunos experimentos se provocan para causar remolinos efectivos, son dados por medio de baffles verticales puestos - en las charolas; ya sean paralelos o perpendiculares a la --- inundación del tirante de líquido, aquí la mala distribución del aire y el rociado de líquido son pronunciadas, debido a - que el baffle detiene la circulación del líquido, causada por - una gran diferencia de presión entre las dos regiones.

Estimación y estudio de una charola perforada.

Numerosas pruebas tienen que ser hechas para establecer -- los modos de comportamiento de una charola; muchas veces las di-- mensiones de la charola a usar son pequeñas, de tal forma que pue-- den representarse por volúmenes industriales, que en muchos casos incluye bajantes. En muchos casos el flujo de líquido es inducido por la geometría del sistema, cuando el diámetro es grande la posibilidad de una pared sostenida por la espuma puede dar el flujo, la película de líquido, la velocidad de formación de espuma y su derrumbe que son diferentes posibilidades que ocurren en charolas de gran diámetro.

Diversos estudios y trabajos se hicieron durante un tiempo-- bastante considerable y recopilados por Smith (1963) (5,10).

Mayfield (5,10), y otros investigadores (1952) dicen que -- la caída de presión puede ser representada por:

$$h_t = h_{op} + h_f + h_r$$

esta da la caída de presión total.

La caída de presión en el plato seco (h_{ap}) está basada en-- la simple ecuación de orificio:

$$h_{ap} = 0.186 \frac{\rho_v}{\rho_L} \left(\frac{U_o}{C_{vo}} \right)^2$$

Smith (1963) (5.10) recomienda los resultados de Liebson -- (5,10) y otros investigadores (1952) para obtener (C_{vo}), estas -- predicciones son las correlaciones universales de Liebson aún no-- establecidas. Mayfield (1952) (5,10) propuso que h_f debe ser me--

dido manométricamente en la cima del piso de la charola, la medida directa de h_t y h_{ap} así como h_f , da una caída de presión residual - (h_r). La caída de presión residual fue atribuida a la formación de burbujas y pérdidas de mezclado.

Los estudios de Delawe (1950) (5,10) definieron la medida de la cima del piso de la charola como Z_c , la cual es sinónima de h_f .

Sargent L. Bermord (1966) y Thomas Campbell (1967) (5,10) muestra en los valores que no fueron ciertos las pérdidas de espuma arriba de la charola, ésta es una cima dinámica de Z_d , la cual puede adicionarse a la cantidad de momento Z_m , del vapor residual en los agujeros, y que es establecido como:

$$Z_m = \frac{\rho_G}{\rho_L} \frac{U_o}{Y} (U_o - U_L)$$

$$Z_e = Z_d + Z_m$$

Smith y Fair (1963) (5,10) muestran el factor de aereación (β) como función de (F_a). El principio de la correlación está basada en el trabajo de Foss u Gester (1956), (5,10) en que manifiesta que ($\beta - F_a$) es una relación independiente de la velocidad de líquido.

Thomas (1964) y Prince (1960) (5,10) dicen que el factor de aereación se incrementa con la velocidad de líquido, el cambio no es considerable en un rango amplio.

La relación entre el factor de aereación (β) y la densidad de espuma (ϕ) es propuesta así:

$$\beta = \frac{1}{2} (1 + \phi)$$

De acuerdo a Smith y Fair:

$$\phi = h_i / h_f$$

Que puede mejor representarse así:

$$\phi = Z_c / Z_f$$

El estudio del tiempo de residencia en una charola perforada fué presentado por Thomas y Campbell (1967) (5,10), que usaron el Modelo de difusión y la teoría del tiempo de residencia aceptando las siguientes condiciones de limitación, las cuales son -- aproximadas. La ecuación pudo ser establecida relacionando la varianza, tiempo de residencia y la difusividad, tales condiciones son 1) completo mezclado vertical del líquido, 2) volumen de líquido, 2) volumen del líquido más arriba del flujo de vapor, 3) - flujo tapón del gas en dirección vertical, 4) no expansión o juntado de las burbujas de vapor. La ecuación de varianza es presentada por Foss, Gester y Pigford (1958) (5,9).

$$\sigma_t^2 = \frac{2Z_c - De}{3U} \left(1 + \frac{5}{2} \frac{De}{Z_c - U}\right)$$

Cuando $1 \gg 5/2$ ($De/Z_c U$); tenemos $\sigma_t^2 = 2 Z_c De/U^3$

$$\text{como: } \bar{t} = Z_c/U \quad \sigma^2 = \frac{\sigma_t^2}{2} = \frac{2t \cdot De}{Z_c^2}$$

Z_c es constante; el valor de (σ^2/\bar{t}) varía conforme al mezclado.

Para determinar el área interfacial de una masa espumante en una charola de este tipo es por reacción química; el primero en usar éste método fué: Danckwerts (1966). (5,9) pero las desven

tajas en usarlo son la presencia de electrolitos, los cuales pueden afectar la tensión superficial y viscosidad de la interfase como - influencia del área misma.

La altura de líquido en esta charola puede calcularse así:

$$L_d = P_{dc} + L_b + (ht/\rho_l) = h_D$$

L_d = sello de líquido en el punto más bajo de líquido.

H_t = caída de presión total en la charola húmeda.

H_d = presión dada en la bajante.

ρ_l = densidad de líquido.

De acuerdo a Smith y Bolles (1963) (5,9), el tiempo de resi-
dencia verdadero de la masa aereada en la bajante está dado por:

$$t_{dc} = \frac{\Delta d (h_{fd}/12)}{q/\phi} = \frac{\Delta d}{12} \frac{h}{q} \frac{dc}{\phi}$$

Donde:

Δd = área de la bajante

h_{dc} = altura de líquido en la bajante.

q = velocidad de flujo de líquido.

ϕ = densidad de espuma; ésta en ausencia de datos se toma como

$$\phi = 0.5$$

$h_{fd} \phi$ = h_{dc} y el producto de Δd y h_{dc} a el equivalente al volumen de líquido. Como (q) es la velocidad de líquido, t_{dc} -- nos representa el flujo tapón, el cual se sugiere por conveniencia en el criterio de diseño para mejor funcionamiento, pero se toma - con precaución cuando se consideran bajantes.

Se tiene ciertos límites de estabilidad en una charola perforada para obtener la distribución del gas, se obtiene con el propósito de evitar el rociado de líquido e inundación excesiva en el - tirante, estos fueron extensamente investigados y proporciona dos tipos de problema de estabilidad:

- 1) cuando algunos límites del flujo de vapor son menores, - la distribución de vapor queda igual y sólo algunos agujeros son rociados.
- 2) Cuando se llevan a cabo combinaciones del flujo de vapor, tal que el área del agujero y la intensidad de líquido - se unen a éste, haciendo perjudicial la operación de la charola.

Entonces la presión de fluctuación en charolas perforadas - es de la misma magnitud que el promedio de la caída de presión del agujero, y el flujo de gas es no uniforme ya que puede pasar a - - traves de los agujeros solamente.

La aereación parcial puede incrementar la presión parcial - (P_t) y hacer decrecer la presión estática, dada por una combina- - ción de área libre, de la profundidad de líquido y de la velocidad del gas.

Una vez que la distribución de presión y aereación parcial - es conocida, la segunda parte a proporcionar es la caída de pre- - sión mínima en la charola superior, tal que la distribución del - - gas uniforme debe ser favorecido. Se tiene dos tipos de situaciones que se deben considerar:

- 1) Cuando la cantidad total de líquido permanece constante.
- 2) Cuando la posición de la superficie de líquido permanece igual.

Si la charola padece de inundación por los tirantes de líquido la cantidad de líquido debe examinarse primero, apropiando la charola.

Si la caída de presión en la charola cuando el gas es distribuido uniformemente es (ΔP_t) y la altura estática de líquido es el peso total de líquido dividido entre el área total, está dada por:

$$\Delta P' : \Delta P_t + \rho_L g \frac{D_1 H + D_2 H (1 - E_{Max})}{D_1 + D_2}$$

E_{Max} pertenece a las condiciones de aereación parcial, la presión parcial efectiva de la charola es:

$$\Delta P'' = \Delta P_T \left(\frac{D_1 + D_2}{D_2} \right)^2$$

y la caída de presión total:

$$\Delta P'' = \Delta P_T \left(\frac{D_1 + D_2}{D_2} \right) + \rho_b g^H (1 - E_{Max})$$

Se tiene una aereación uniforme, la caída de presión favorecida es pequeña, tal que $\Delta P' \leq \Delta P''$

Por lo que: $\Delta P_T \geq \rho_1 g \frac{H E_{MAX}}{(D_1/D_2 + 2) (D_1/D_2 + 1)}$

Por lo general $\Delta P_t = \frac{1}{2} \Delta P_2$ donde ΔP_2 es la diferencia de presión entre la región aereada y no la aereada.

En total se tiene que la velocidad del gas en el agujero es independiente de la profundidad de líquido y del área libre.

Se tiene que cuando una charola está inundada por el tirante de liquido, esta afecta la operación de la columna cuando la caída de presión entre una y otra charola están a 1 y 2 cm. de liquido, tal que la medida de caída de presión en una columna de charo la muestra su discontinuidad, indicando el cambio de tipo de flujo.

Estimación y estudio del funcionamiento de una charola tipo balastra.

En esta se hace una analogía de la charola tipo balastra con la charola perforada, ya que algunas veces se comporta como una u otra, estos emplean técnicas de mecanismos de fluidos, tales que definen la operación características de las balastras estimados por el punto de inundación, caída de presión y eficiencia de transferencia de masa.

Una charola tipo balastra se muestra en la figura 14

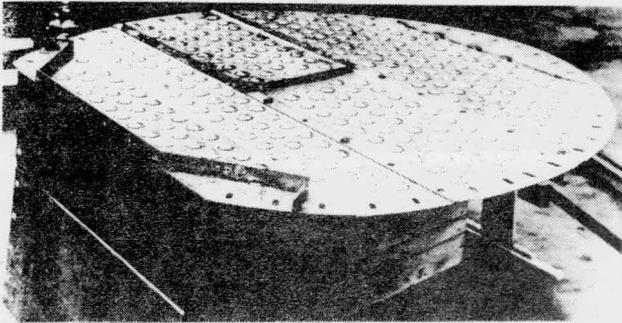


Figura 14

Se observa que es similar a la charola perforada, la cual emplea bajantes y platos con agujeros en la cubierta, como quiera los agujeros en la cubierta de la charola tipo balastra son más grandes que la perforada; también cada agujero está capacitado de una válvula, tal que pueda alcanzarse y bajarse libremente por causa de fuerzas mecánicas de los fluidos que prevalecen en la charola, como en la figura 15.

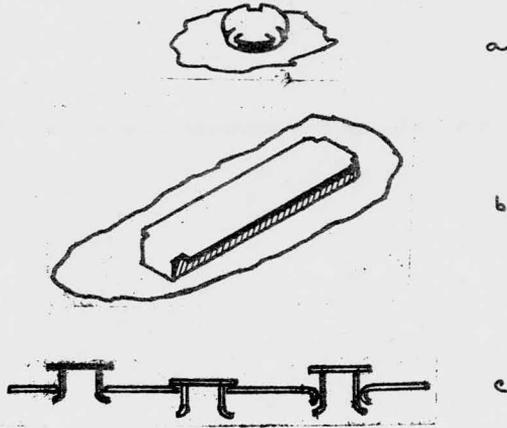


Figura 15

Una interesante comparación de una charola de válvula y -- una perforada se muestra en la figura 16, son gráficas de caída de presión y eficiencia contra la velocidad de vapor para los dos tipos de charolas:

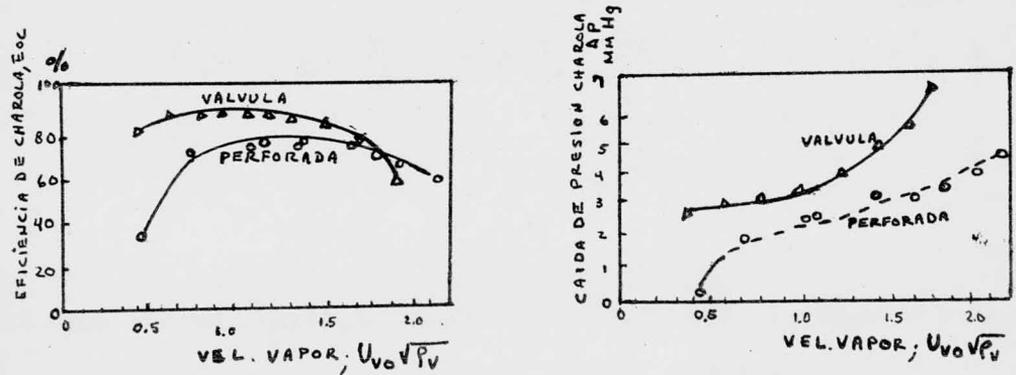


Figura 16

Estos datos fueron obtenidos de una columna de 20 pulgadas de diámetro para el sistema estireno-etilbenceno a 100 mm Hg. El punto donde la eficiencia empieza a decrecer considerablemente -- corresponde al punto de rocío.

El modelo de analogía se basa en la existencia de tecnología hidráulica de las charolas perforadas, transferencia de masa, punto de inundación, punto de rocío, caída de presión y eficiencia.

El modelo físico de este tipo de charolas es el mismo que el de las charolas perforadas excepto en:

- 1) El área de la hendidura es variable dependiendo de la carga de vapor y de la posición de válvula.
- 2) El coeficiente de arrastre es diferente en las válvulas, usualmente es más grande que el de los orificios de las perforadas.

Para grandes cargas de vapor, todas las válvulas se cierran totalmente, en estas condiciones el área de la hendidura es constante, las charolas de este tipo se comportan como las perforadas de área de agujero chico. A ciertas cargas intermedias, algunas válvulas son cerradas y algunas son abiertas, la característica dinámica de éstas es el tiempo, ya que las válvulas no permanecen estables en una posición intermedia de camino.

Cuando todas las válvulas son abiertas y la primera se pone en marcha al cierre se llama: "punto de balance abierto" y si las condiciones existentes dan que las válvulas estén cerradas --

y la primera válvula se pone en marcha a abrirse se llama punto de "balance cerrado".

Considerando el mecanismo de flujo de vapor y la acción de la válvula en la charola seca y una válvula es abierta, entonces esta puede ser tratada igual que una tubería con accesorios y las pérdidas de calor en términos de la energía cinética (h_n) de la válvula:

$$h_n = K_{vo} (P_v / P_l) (v_{vn}^2 / 2q)$$

Análogamente, cuando la válvula está cerrada puede expresarse así:

$$h_n = K_{vc} (P_v / P_l) (v_{vn}^2 / 2q)$$

Donde K_{vo} y K_{vc} son los coeficientes de arrastre para válvulas -- abiertas y cerradas respectivamente.

v_{vn} = Velocidad de vapor a través de los agujeros (pies/seg).

P_v y P_l = Densidad de vapor y líquido.

Cuando la válvula está abierta, el principal origen de la caída de presión es el peso de la válvula que está dado por:

$$W_v = \Delta u H_v P_{vw} R_{vw}$$

Donde R_{vw} es la relación de peso de la válvula con agujeros y piernas, con el peso de la válvula sólo con tapa de área u sin piernas

P_{vw} = densidad de metal de la válvula.

H_v = peso de la válvula.

El área supuesta $A = A_u$

La presión esta dada por W_v / A_u

y la caída de presión en función del calor de líquidos de densi-

dad

$$(P_1) \text{ que es } W_v / (A_u L)$$

$$\text{o también: } h_n = C_{vw} H_v R_{vw} (P_{vw} / P_1)$$

Donde C_{vw} es un coeficiente que representa la suma de pérdidas de los remolinos de agua, los cuales de K_{vo} , K_{vc} y C_{vw} son determinados por datos experimentales del flujo de vapor a través de la charola de válvula seca. La velocidad de vapor a través de los agujeros (u_{vhbo}) en balance de punto abierto es dado por:

$$U_{vhbo} = \sqrt{2qH_v R_{vw} (C_{vw} / K_{vo}) / (P_{vw} / P_u)}$$

Similarmente para el balance cerrado es:

$$U_{vhbc} = \sqrt{2qH_v R_{vw} (C_{vw} / K_{vc}) (P_{vw} / c)}$$

La velocidad de flujo volumétrico (Q_v) en estas es:

$$Q_v = V_o A_n U_{vhbo} + (1 - V_o) A_h U_{vhbc}$$

La velocidad en el agujero chico es:

$$V_{vn} = Q_u / A_h$$

tal que para calcular la relación de válvulas abiertas es:

$$V_o = (U_{vn} - U_{vhbc}) / (U_{vhbo} - U_{vhbc})$$

Un parámetro característico en la operación de la charola es el área de la hendidura, que es el área transversal a través de la cual el vapor pasa sobre la válvula en unidades enteras, ésta se calcula así;

$$A_s = V_o A_{so} + (1 - V_o) A_{sc}; \quad 0 \leq V_o \leq 1$$

En un estudio hecho por la U.S. Valve Tray Proprietors de --
caída de presión en charolas secas dan los siguientes parámetros--

de caída de presión en valvulas:

	Válvula Std	Valvula Venturi
K_{VO} (con 10° de cubierta)	4.3-4.5	2.2- 2.6
K_{VC}	1.9	1.9
C_{vw}	1,2-1.4	1.2 -1.4

Los valores K_{VO} son para válvulas con 10 grados de cubierta estos son corregidos por el espesor de la charola y multiplicados por $\sqrt{0.134/H_t}$; donde H_t es el grosor de la cubierta, esta corrección no se aplica a válvulas cerradas. El coeficiente de K_{VC} está definido por: $H_h = K'_{vc} (P_v / P_l) (U'_{usc} / 2q)^2$

K_{VC} = es el coeficiente de las pérdidas de calor en válvulas cerradas basado en el área de la hendidura.

U'_{vsc} = es la velocidad de vapor a través del área de la hendidura en válvulas cerradas, K_{VC} es calculado por:

$$K_{VC} = K'_{vc} (A_h / A_{sc})^2$$

Esta charola tiene 4 puntos de balance: 1) cuando la válvula ligera empieza a abrirse, 2) cuando la válvula ligera está completamente abierta, 3) cuando la válvula pesada empieza a abrirse, y 4) la válvula pesada está completamente abierta. Si tenemos la mitad del peso de la válvula; K_{VC} es el coeficiente intermedio -- de la válvula y está entre los puntos de balance 2 y 3 de caída de presión dada por:

$$K_{vi} = 1 / \left[a / (4K_{VC}) + 1/C_2 \sqrt{K_{VC} K_{vw}} + 1/C_4 K_{vw} \right]$$

El punto de inundación dado en estas charolas está dado -- por:

$$U_{uvf} = C_{sb} F_{sa} F_{st} \sqrt{(\rho_l - \rho_v) / \rho_v}$$

Donde C_{sb} es obtenido de la figura 17 que es la constante de inundación de Souders-Brown con el parámetro de flujo liquido-vapor

Una corrección del área de hendidura, que se sustituye por el área del agujero dada para charolas perforadas es:

$$F_{sa} = S \left(\frac{D}{D_{so}} \right) + 0.5, \quad 0.8 \leq F_{sa} \leq 1.0$$

y la corrección para la tensión superficial:

$$F_{st} = (\sigma / 20)^{0.2}, \quad F_{st} \leq 1.0$$

La caída de presiones es obtenida, sustituyendo el valor de la charola seca y el calor de la espuma:

$$h_t = h_h + h_f$$

El calor espumoso es calculado por:

$$H_f = \beta (H_w + h_{ow})$$

Donde β es el factor de aereación dado en la siguiente figura. H_w = Altura del vertedero o bajante

H_{ow} = Pérdidas de calor arriba del vertedero o bajante dado en pies de liquido.

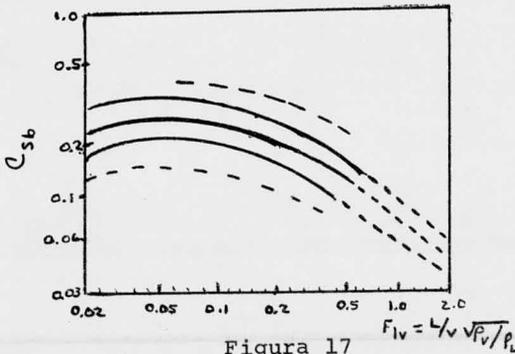


Figura 17

El punto de rocío es definido aquí como la carga por la cual la transferencia de masa empieza a disminuir significativamente, Fairs (5,11) predice este punto en una charola perforada en estado estable por balance de presiones, la fuerza de liquido hacia abajo es expresado por la altura que inunda:

$$h_{dvwv} = H_w + h_{ow}$$

La suma de fuerzas de la caída de presión en la charola seca y la altura de la tensión superficial es:

$$h_{vp} = h_n + h_{st}$$

$$\text{donde } h_{st} = 0.045 \sqrt{\sigma / 144 \rho l} d_v$$

T = Tensión superficial

dh = Diametro del agujero.

Teóricamente, el punto de rocío corresponde a la carga en donde la fuerza exacta está dada por un contrabalance de fuerzas:-

$$h_n + h_{st} = H_w + h_{ow}$$

Fairs funda una correlación de áreas activas de los agujeros como se muestra en la figura 18

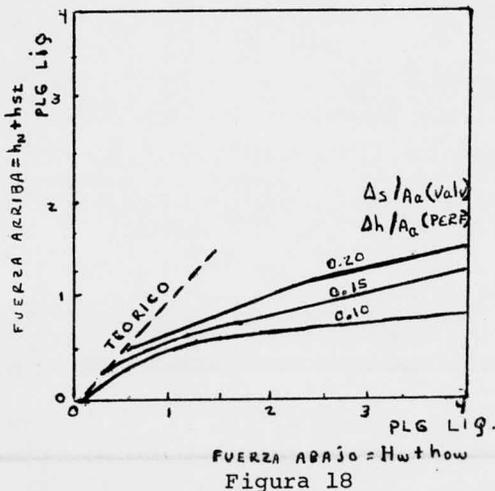


Figura 18

Este análisis es aplicado para charolas tipo balastras excepto para cuando el área del agujero es reemplazado por el área de la hendidura, el modelo resultante del punto de rocío en una charola de este tipo es expresado por:

$$h_n + H_{st} - f (H_w + h_{ow}, A_s / A_1) = 0$$

f = es definida en la figura anterior.

Cuando esta relación es positiva, la charola no es rociada, cuando es negativa es rociada y cuando es cero está en el punto de inundación. Algunos otros casos dicen que el punto de rocío es causado por la acción de las válvulas, por la hendidura variable y por la forma de curva de la caída de presión. Por lo que tenemos que el punto de rocío ocurre cuando todas las válvulas están cerradas (cerca del punto de balance cerrado) se tiene que al reducir el número de válvulas, se incrementa la caída de presión, la figura 19 muestra el efecto del peso de las válvula cuando es tá ligera y pesada.

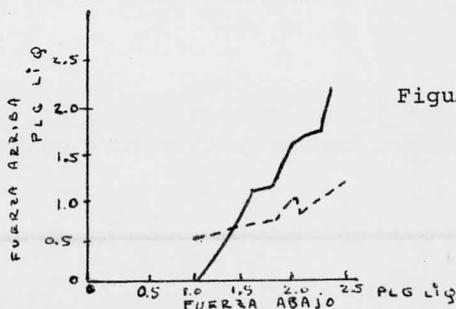
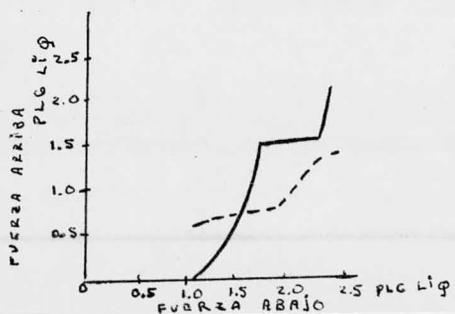
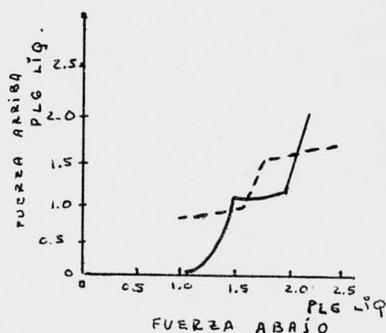
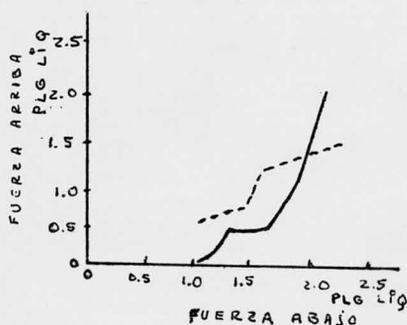


Figura 19

Como se explico anteriormente, los platos tipo cachucha tienen la forma de una taza invertida, la cual es provista de sopor--tes mecánicos que la aseguran al plato, este mecanismo puede ser -- que los bordes de la cachucha se atornillen a la superficie del -- plato o que la cahuca se atornille a la tubería, la cual forma -- una parte necesaria de la cachucha ensamblada; las cachuchas son -- provistas de pequeñas hendiduras por donde pasa el flujo de vapor, las formas de estas pueden ser; rectangulares, cuadradas, circular, trapezoidal, y las de dientes serrosos, el tamaño normal usado va de 1/8 a 3/8 de pulgada el ancho y de 1/2 a 1 1/2 de pulgada de -- longitud.

Las cachuchas burbujeantes pueden operar a bajas velocidades de vapor y líquido porque el líquido y la espuma son atrapados en el plato a bajas velocidades de líquido, esta puede drenarse a tra--ves de los agujeros tal que la altura de líquido es menor que la -- altura del tirante.

Aqui se escoge un tipo de flujo de líquido para dar un me--jor contacto con el vapor con un mínimo gradiente hidráulico. El -- mejor contacto es aquel que proporcione el óptimo tiempo de contac--to y area para dar un mejor aprovechamiento al equilibrio.

El gradiente hidráulico es un término aplicado a la diferen--cia de alturas de líquido en el plato entre el punto de entrada -- y de salida del tirante, la altura de líquido es necesaria para -- ayudar a que el flujo de líquido pase a traves del plato, excepto -- para el plato en cascada que evita el gradiente hidráulico excеси--vo.

Las cachuchas son montadas de tal forma que el claro entre el fondo de la cachucha y la superficie del plato tienen un rango de 0 a 2 1/2 pulgadas, en casos extremos de la práctica el rango va de 0.5 a 1.5 pulgadas.

Cuando la carga de vapor es baja, las cachuchas pueden ser tapadas sobre la superficie del plato y las hendiduras extendidas a lo largo del extremo de la cachucha.

Las pérdidas de energía por el flujo en las regiones de vapor y líquido son:

- 1) Pérdidas por los Eddys que son causados por el flujo de líquido alrededor de las cachuchas burbujeantes.
- 2) Pérdidas por fricción, del flujo de líquido en la periferia de la columna.
- 3) Pérdidas por las contracciones del flujo de vapor dado en el espacio entre platos y risers y pérdidas por la expansión de éste en las mismas circunstancias.
- 4) Pérdidas por el arrastre de vapor.
- 5) Pérdidas por expansión de la burbuja expandida en los risers alrededor del líquido.
- 6) Pérdidas por el peso de la cachucha.

En general tenemos que la caída de presión para este tipo de charola se calcula así:

$$a H_{t_{\min}} = h_{rc} + h_{so} + \rho ds \text{ (pulgadas de fluido)}$$

$$\text{Tenemos: } h_{tc} = K_c \frac{\rho_v}{\rho_L} \frac{(Qv)^2}{Ar} = K_c \frac{\rho_v}{\rho_L} U_{vc}^2$$

Donde H_{tv} , es la pérdida de calor causada por el flujo de vapor a través del ensamble de la cachucha húmeda, es una función de las variables de operación y de diseño evaluada por Bolles.

U_{vc} = Velocidad mínima de vapor a través de la carga ensamblada en una área transversal mínima.

Q_v = Carga de vapor en la charola.

A_r = Área del riser en la charola.

K_c = es obtenida de la figura 20

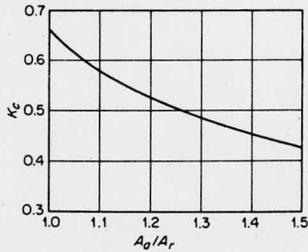


Figura 20

Para hendiduras rectangulares, A_s = área del plato.

H_{so} puede leerse directamente en la figura 21 en función de la carga de vapor.

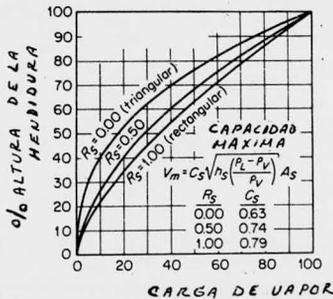


Figura 21

Es designado como gradiente, la cual implica la pendiente, actualmente es la diferencia de alturas de líquido fluyendo sobre el tirante y está en función de la variable de diseño. El gradiente de líquido es dado por las cargas de vapor y dado por Bolles - para un espacio de cachuchas de pitch triangular y diámetro del riser de 0.3 del diámetro de la columna por:

$$\frac{Q_L/w_a}{C_d} = 25.8 \frac{r}{1+r} (Ar)^{1/2} 1.6 A'r + e(hc + \frac{0.3 h_{sk}}{r})$$

Donde:

Q_L = carga de líquido en la charola

w_a = flujo total a lo ancho de la charola dado por:

$$w_a = \frac{D + lw}{2} = \frac{\text{Diámetro torre} + \text{longitud tirante}}{2}$$

C_d ; es el factor de gradiente de líquido dado en la figura 22,

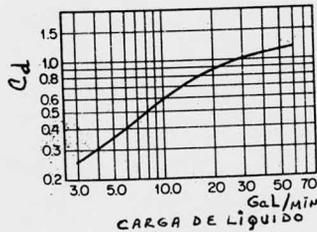


Figura 22

Ar = Gradiente de líquido en la hilera de las cachuchas.

r = Relación de distancia entre las cachucas y diámetro de ellas.

H_c = Profundidad del claro de líquido en la charola.

H_{sk} = Claro entre las cachuchas.

En la actualidad el escudriñamiento de rayos gamma y simulación de charolas son técnicas relativas de bajo costo para evaluar el funcionamiento de charolas. Broader (5,14) es el primero que presenta esos métodos que pueden ser útiles en el futuro.

Relativamente la nueva técnica de radiaciones gamma fué -- usada en la evaluación del funcionamiento de charolas por Dupont, con radiaciones 60 cobalto a 0.5 curie con detectores simultáneos opuestos y con motor para el de detector.

Las figuras 23 nos muestran la vista transversal y el recorrido tipo que hace para ver las charolas, gráficas de distancia vertical contra el porcentaje de radiación relativa, la máxima radiación ocurre a través de la región del vapor entre charolas -- con transmisión decreciente a un mínimo entre charolas, con una alta absorción entre el líquido y el metal. Se nota que el efecto de la charola supone una transmisión cerca del 65% y que es definida como la base líquida en la charola. Los resultados de las radiaciones como se muestra en la figura siguiente, indica la -- variación de la transmisión de radiaciones entre charolas con el factor (F), que es el factor de inundación, este se incrementa -- conforme las transmisiones decrecen, de tal forma que hay saltamientos de líquido en la charola.

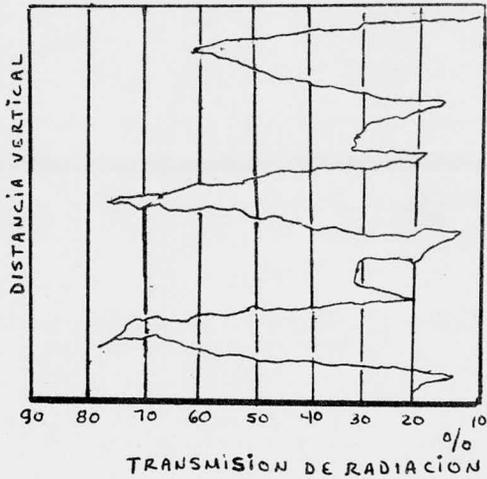


Figura 23.

La ilustración muestra la charola de burbujeo en operación de inundación. En platos tipo balastro el líquido usualmente se extiende sobre la base del plato soporte que está por general- a 5 pulgadas arriba del plato inundado.

La figura 24 proporciona una vista de la operación normal del flujo de líquido en charolas perforadas y cachuchas, la charola seca da un efecto por la transmisión del metal.

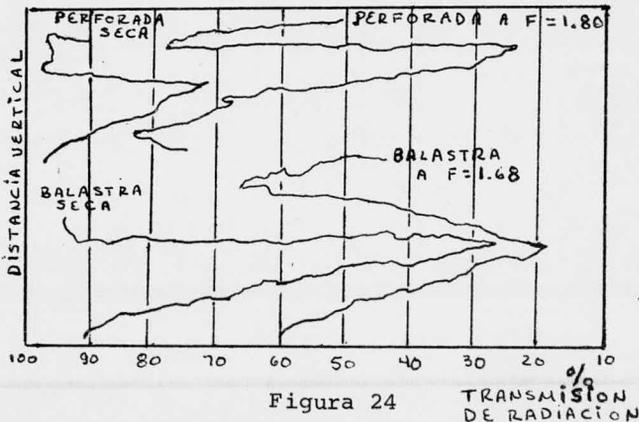


Figura 24

TRANSMISION DE RADIACION %

Para analizar este capítulo después de haber estudiado los tres tipos de charolas más usados en una torre de platos, se darán los pasos a seguir para el diseño de esta; para la selección de platos se prefiere basarse en la experiencia y en el provecho necesario de las correlaciones e información obtenida porque en muchos casos las charolas de cachuchas burbujeantes son más costosas para el mismo servicio, que las charolas perforadas y en muchos casos que las charolas tipo balastra.

Diseño de charolas de cachuchas.

Bolles (5,1) presenta un método de diseño para charolas -- de este tipo correctamente modificado el cual da un razonable diseño de optimización. el establecimiento de éste requiere de la flexibilidad a variar las cargas y tener un costo mínimo.

- 1) Estimar el diámetro de la torre, basado en consideraciones de inundación y en el espacio de la charola. El factor de capacidad (P_c) se obtiene por correlaciones -- para 100% de inundación, para sistemas espumantes se usa del 70-75% de este valor y para sistemas no espumantes se usa del 80-85% de ese valor.
- 2) Obtener y checar el valor de la tensión superficial.
- 3) Determinar la velocidad de vapor para el factor de capacidad correcto.
- 4) Calcular el área de flujo para el vapor dividiendo la carga volúmetrica del vapor entre la velocidad de vapor:

$$Q_v U_{vn} = \Delta - \Delta d = \Delta_N$$

- 5) Seleccionar el tipo de charola basada en la carga de líquido basada en la tabla II

TABLA II

Diámetro torre (pies)	Reverso	Transversal	Doble paso	Cascada
				Doble paso
3	0 - 30	30 - 200	= =	= =
4	0 - 40	40 - 300	= =	= =
6	0 - 50	50 - 400	400- 700	900 = =
8	0 - 50	50 - 500	500- 800	= =
10	0 - 50	50 - 500	500- 900	900 -1400
12	0 - 50	50 - 500	500- 1000	1000-1600
15	0 - 50	50 - 500	500- 1100	1100-1800
20	0 - 50	50 - 500	500- 1100	1100-2000

6) Por la Tabla II seleccione el valor para el área neta de flujo
 $A_q = A_d$.

7) Calcular el área de la columna dividiendo el área neta entre -
 0.85.

8) Calcular el diámetro de la torre.

9) Checar el espacio entre charolas, por las recomendaciones de -
 la Tabla I

10) Seleccionar el tamaño y tipo de charola por la siguiente Tabla,
 basada en las recomendaciones anteriores.

Cachucha	Acero al carbón (in)			Acero mezclado (in)		
	3	4	6	3	4	6
Tamaño standard U.S.	12	12	12	16	16	16
Diámetro externo (pulg)	3.093	4.093	5.093	2.999	3.999	5.999
Diámetro interno (pulg)	2.875	3.875	5.875	2.875	3.875	5.875

altura total (pul)	2.5	3.0	3.75	2.5	3.0	3.75
No. de hendiduras	20	26	39	20	26	39
tipo de hendiduras	trapes. trapez. trapez. trapez. trapez trapez					
Ancho de hendiduras (pulg)						
al fondo	0.3333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
al tope	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
altura hendadura	1.0	1.25	1.5	1.0	1.25	1.5
abierto de anillo de	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
la hendadura.						
	Acero al carbón (in)			Acero mezclado (in)		
Riser.	3.	4	6	3	4	6
Tamaño standard U.S.	12	12	12	26	26	26
Diámetro externo (pulg)	2.093	2.718	4.093	1.999	2.624	3.999
Diámetro interno (pulg)	1.875	2.5	3.875	1.875	2.5	3.875
Altura standard (pulg)						
0.5 pulg long-orilla	2.25	2.5	2.75	2.25	2.5	2.75
1.0 pulg long-orilla	2.75	3.0	3.25	2.75	3.0	3.25
1.5 pulg long-orilla	3.25	3.5	3.75	3.25	3.5	3.75
Riser - sello hendadura						
Areas de cachuchas (pulg) ²	2.65	4.8	11.68	2.65	4.8	11.68
Riser	2.65	4.8	11.68	2.65	4.8	11.68
Reverso	3.99	7.3	17.4	4.18	7.55	17.8
Anular	3.05	5.99	13.95	3.35	6.38	14.55
Hendidura	5.0	8.12	14.64	5.0	8.12	14.64
Cachucha relación áreas	7.5	13.15	29	7.07	12.6	28.3
Reverso/riser	1.5	1.52	1.49	1.58	1.57	1.52

ular/riser	1.5	1.25	1.20	1.26	1.33	1.25
ndidura/riser	1.89	1.69	1.25	1.89	1.69	1.25
ndidura/cachucha	0.67	0.62	0.5	0.71	0.65	0.52

TABLA III

Diámetro Torre (pies)	Transversal	Doble Paso	Transversal	Doble Paso	Cascada Doble paso	Etapa Final
3	10 - 20	= =	10 - 25	= =	= =	10 - 30
4	10 - 20	= =	8 - 20	= =	= =	7 - 22
6	10 - 20	20 - 30	5 - 12	15 - 20	= =	5 - 18
8	10 - 20	18 - 27	4 - 10	12 - 16	= =	4 - 15
10	10 - 20	16 - 24	3 - 8	9 - 13	20 - 30	3 - 12
12	10 - 20	14 - 21	3 - 6	8 - 11	15 - 25	3 - 10
15	10 - 20	12 - 18	2 - 5	6 - 9	12 - 20	2 - 8
20	= =	10 - 15	= =	5 - 7	9 - 15	2 - 6

Area cachucha (Activa) = Area torre - (Area del flujo hacia abajo + Area del líquido de distribución + Etapa final).

Valores para la primera valuación de diseño.

Ar = Area riser = % del área de la torre = %A

Ad = Area de flujo hacia abajo = % A

A_{am} = Area activa máxima = % A

= Longitud de tirante = % de diámetro de torre = % A

Z_{Lm} = Trayectoria máxima de flujo de líquido.

Para el espacio de charolas se toma en cuenta: dc/sc= 0.25

13) Seleccionar el claro entre cachuchas y la altura del tirante.

14) Después debe ser examinado el arreglo y tamaño óptimo, los --
cuales pueden ser aproximados.

15) Para la altura del tirante se usa:

$$H_w = h_{sk} + h_{sr} + h_{ss}$$

h_{sk} = Claro del borde a las cachuchas.

h_{ss} = Espesor de la hendidura estática.

16) Calcular la altura espumosa; $h_f = 2.53 F_{ua}^2 + 1.89 h_w - 1.6$

17) Calcular el porcentaje de inundación.

18) Calcular el porcentaje de derramamiento, este valor debe ser: -
0.1

19) Calcular la abertura de la hendidura de la figura 17, para ob-
tener el % de abertura de la hendidura y h_{so} .

20) Caída de presión en la charola.

21) La relación de distribución del vapor por $R_v = \frac{\Delta}{h_{rc} + h_{so}}$

22) Bajantes hidráulicos y tiempos de residencia.

23) La evaluación final es hecha por comparación de los valores --
calculados con los llamados límites standards de valores. Bolles

compara lo siguiente:

DATOS	STANDARD.
Porcentaje de inundación máxima	80
Relación de derramamiento máximo	0.15
Abertura de la hendidura, $\%h_s$ máximo	100
Sello dinámico, h_{ds} (pulg)	1.25
Relación de distribución de vapor (máximo)	0.5
Altura espumosa en la bajante $\% (s+hw)$ Máximo	100
Tiempo de residencia en la bajante (seg)	3

Otros métodos de diseño son el Souders-Brown que está basado en el efecto de derramamiento, eficiencia y capacidad del vapor; otros están basados en la experiencia del Ingeniero de diseño.

Charolas Perforadas.

Al igual que las charolas burbujeantes se determina el diámetro de la torre en base a las especificaciones del porcentaje de inundación y del espacio entre charolas. La velocidad del vapor para el 80% de inundación tomado es U_{un} (0.8)

Se selecciona el arreglo de flujo basado en la capacidad de líquido.

Determinar la caída de presión, el punto de rocío, el gradiente hidráulico, tiempo de residencia y velocidad lineal de líquido.

Checar las características calculadas de operación de la -

charola, con la recomendación de los límites dados en los diseños, estos límites se dan en una tabla más adelante.

Otro método es el de Hughmark y O' Conwell (5,1), que consideran lo siguiente: El diámetro de la torre y espacio entre platos son seleccionados en base a el factor de capacidad de Souders-Brown y la evaluación de factores que causan retroceso del líquido en la bajante al plato superior o la espuma llevada hacia arriba. Liebson considera los límites de diseño al haber inundación y estiramiento a un rango de capacidad y vertimiento y pulsaciones al otro extremo, estos métodos de diseño evalúan las cargas mínimas y máximas del vapor.

Diseño de las charolas tipo balastra.

Para este tipo, todos los fabricantes prefieren que el Ingeniero diseñe los fraccionadores usando el tipo de válvula específica con especificaciones convenientes para establecer la capacidad y eficiencia por los potenciales de compra.

- 1) Le diseña el diámetro de la torre por el factor de capacidad de Souders-Brown; para la tensión superficial, densidad de vapor, líquido y espacio entre platos.
- 2) El tipo de charola y bajantes puede ser seleccionado -- por los límites recomendados en la Tabla que a continuación se da.
- 3) La caída de presión puede ser dada por:

$$\Delta H_t + h_{ap} + u \left(h_{ow} + h_{wt} + \frac{\Delta}{2} \right)$$

h_{ap} es la caída de presión del plato seco y que es calculada por:

$$h_{ap} = f_1 \left(t_w \frac{\rho_M}{\rho_L} \right) + f_2 \left(U_{un}^2 + \frac{\rho_v}{\rho_L} \right)$$

Los valores de f_1 y f_2 son obtenidos experimentalmente.

β_v = Factor de aereación. hw = altura del tirante.

how = Tope del tirante.

La selección del área de válvula, número y tipo es basada - en la experiencia del fabricante y por su experiencia de recomendación.

LIMITES RECOMENDADOS PARA DISEÑO DE CHAROLAS Y COLUMNA

COLUMNA	Charola de cachuchas	Charolas perforadas	Charola tipo balastra
Diámetro.	1 - 24 pies	1 - 24 pies	1 - 24 pies
Base % Enundación.	80-85 % NF*	80-85 %	82 % N*
	70-75 % F+	70-75 % F+	60 % F
Espacio entre charolas	12-48 pulg.	12-36 pulg	12-36 pulg
	Diám.colum.2.54 pies;18 pulg.	Diám.colum.2-4 pies; 12-18 pulg.	Diám. colum. 2-4 pies; 12-18 pulg.
	Diám.colum 5.0-24 pies; 18 pulg.	Diám.colum 5-24 pies; 24-36 pulg	Diám. colum. 5-24 pies; 24-36 pulg
	Charola	Charcar con el líquido de ba-	Charcar con el líquido de bajada y el derramamiento.
Arreglo de flujo	Flujo transversal	Charcar con el líquido de bajada y el derramamiento.	Charcar con el líquido de bajada y el derramamiento.
Diám. medio	DP+ Cascada	Flujo transversal	Flujo transversal
Diám. largo	múltiples pasos	DP.	5- 6 pies DP.
Posición de la charola	Diám.cachucha Diám.charola	paso múltiple	8-15 pies múltiples pasos
		Diámetro agujero	Manufactura standard
		1/8 1/2 pulg.	

3 pulg	2.5 - 4 pies	Area agujero 6-15%	Especific; 1 2/8 pulg.
		área columna	
4 pulg	5-17 pies	Espacio: Pitch/diám.	Diám. agujero
		Agujero	
6 pulg.	mayor de 16 pies	Espesor de la charola	Espesor charola 1/16
		16 gage a 1/4 pulg	-1/4 pulg.

Area hendidura 10-20% col. -

área Espacio 1-3 pulg entre-

cachuchas modelo triángulo -

equilátero, claro, del gro--

sor 0.5-1.5 pulg., claro en-

tre cachuchas

pared de la torre a la cachu

cha 15 pulg. min

tirante a la cachucha 3 pul-

g. mínimo.

Vertedero a la cachucha 3 --

mínimo

Claro agujeros

pared torre al agujer

ro; 1.5 pulg

2.0 pul. minimo

Sello dinámico h_{ds}	igual	Sello dinámico h_{ds}
Vacío 0.5-1.5 pulg	vacío 0.5-.06 pulg	vacío 0.5-0.75 pulg.
Atmosférico 102.5 pulg	Atmosf. 0.501 pulg	atmos. 1-2.5 pulg.
50-100 psig, 1.5-3 pulg		
200-500 psig, 2-4 pulg	presión 1.5-3 pulg	presión 2-6 pulg
Abertura de la hendidura		
$w_s = 0.25-0.5$ pulg		
$h_s = 1-1.5$ pulg		

Bajantes

Tipo	semento	segmento	segmento
Disposición	vertical	vertical	vertical
Tiempo de residencia de líquido	5 seg. mínimo F*	5 seg. mínimo F.	5 seg. mínimo F
	3 seg.. mínimo Nf	3 seg. mínimo NF	3 seg.mínimo NF.
Velocidad de líquido	0.3 - 10 pies/seg	0.3 -1.0 pies/seg	0.5 - 3 pies/seg.
Claro de la posición	Dist.bafle al tirante 6 pies	mitad de longitud del tirante	área del sello: 1/2
	0.15 pulg		1/3 de área de bajante
	Dist fable al tirante 6-12 pies		
	1 pulg.		

Dist.fable al tirante sobre 12
pies - 1.5 pulg

Tirantes-salida

Tipo	segmento	segmento	segmento
Altura	2- 6 pulg	1 - 3.0 pulg	0.75 - 3 pulg
Ajuste	1- 2 pulg	1 - 2 pulg	1 - 2 pulg
Long. % diám.colum.	flujo transversal 60-75%	flujo transversal 60 - 75%	flujo transversal 60 - 75%
	DP 50 - 60%	DP 50 - 60%	DP. 50 - 60%
	Centro 8 - 12 pulg	Centro 8 - 12 pulg	Centro 8 - 12 pulg
Entrada	no recomendado	recomendado para ba- jos flujos de líquido	no recomendao
Intermedio	opcional hw h lig bajo el vapor.	no recomendado	no recomendado
Espacio entre bafles	opcional: fonso 2-3 pulg arriba entrada tirante	opcional: fondo 2-3 pulgadas arriba entrada tirante	opcional recomendado p/altas velocidades de vapor.

Baffles	Recomendada p/charolas E/DP.	Recom.p/charolas DP	Recom.p/charolas DP
	ext. hasta el tope del tirante	ext.hast a el tope - de tirante.	
Redistribución de baffles	Del final de las hileras de - cachucha. espacio 1 pulg a la cachucha altura 2 x altura claro 1 liq.	no recomendada	no recomendada
Agujeros de desague -- miscelaneos.	3/8 -5/8 pulg.diám. 4 pulg ² -- 100 pies ² Area de la charola	no recomendada	no recomendada.
Derrame	Máxima caída 1 pulg arriba to pe tirante en 20 min con agujer o de desague.		
Tolerancia de construcción charola nivelada	1/4 pulg máximo 1/8 pulg máximo	1/4 pulg. máximo 1/8 pulg. máximo	1/4 pulg. máximo 1/8 pulg. máximo

NOTA: NF : No espumante

F : Espumante

.DP : Doble Paso.

INDICE DE VARIABLES

DEL CAPITULO II

- ρ_L = densidad de líquido.
 ρ_v = densidad de vapor
 σ = tensión superficial
 h_f = altura de la espuma
 h_w = altura del tirante
 h_{ow} = altura de líquido hasta, el tope del tirante.
 h_t = caída de presión total
 h_{op} = caída de presión en el plato seco
 h_d = presión dada en la bajante
 w^2 = frecuencia angular
 A_s = área transversal
 V_{vn} = velocidad del vapor
 β = factor de aereación
 ϕ = densidad de espuma
 σ_t^2 = varianza
 A_d = área de la bajante
 A_s = área del plato.
 t_{dc} = tiempo de residencia en la bajante
 P_t = Presión parcial
 P_t = caída de presión cuando el gas esta distribuido uniformemente.
 D = Diámetro de la charola

q = velocidad de flujo de líquido.

Q_j = carga de vapor en la charola

Q_L = carga de líquido en la charola

A_r = área de riser

d_h = Diámetro de inundación de Souders-Brown,

H_a = altura del vertedero

K_{vo} = Coeficiente de arrastre para valvulas abiertas

K_{vc} = Coeficiente de arrastre para valvulas cerrados

V_{vn} = Velocidad del vapor a traves del agujero.

C A P I T U L O I I I

FORMAS DE ESTIMAR LA EFICIENCIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE PLATOS.

EFICIENCIA DE CHAROLAS.

La eficiencia de charolas es la medida del aprovechamiento en el equilibrio de todo vapor y líquido para llevar a cabo un -- cambio de concentración de las fases en la charola.

FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA

- 1) Velocidad de vapor -
- 2) Relación de flujos liquido-vapor
- 3) Composición de liquido
- 4) Propiedades físicas de liquido y vapor
- 5) Nivel de liquido
- 6) Arrastre.
- 7) Tamaño, arreglo y tipo de platos.



1) En primer termino la velocidad de vapor es importante- porque sin esta no habria transferencia de masa y es dada en fun- ción de la relación de reflujo. Si es pequeña hay poca área Li- bre y el derramamiento de liquido entre el limite inferior y su- perior de esté es tal que la eficiencia baja considerablemente. - Por otro lado si la velocidad de vapor es también baja, ho hay - suficiente formación de burbujas y no se lleva por lo tanto un - buen contacto interfacial entre fases, esto determina que no ha- ya transferencia de masa.

2) La relación de reflujo sirve para rectificar la mezcla que se destila, entre mayor sea trae como consecuencia:

- a) Maxima carga termica en el condensador.
- b) Maxima carga termica en el reboiler.

Esto origina una eficiencia mayor en los platos y un número mínimo de platos a utilizar.

3) Cuando la composición de liquido aumenta, la eficiencia de las etapas se incrementa también.

Un plato puede ser dividido en varias series para un completo mezclado de liquido.

Lewis mostro tres casos diferentes:

- a) Cuando el liquido pasa através del plato y no se mezcla y el vapor entra al plato que esta mezclado.
- b) Cuando el liquido fluye através del plato mezclado -- y el vapor entra el plato no mezclado, esto hace que el liquido fluya en la misma dirección en todos los platos.
- c) Cuando el liquido y vapor no estan mezclados, el liquido fluye en dirección opuesto a los platos alternados .

Por otra parte si hay gradiente de concentración de liquido através del plato, éste estara en función de longitud de la trayectoria, del diametro de columna y del flujo, de tal forma que la eficiencia puede ser maxima si el liquido no esta completamente mezclado.

4) Las propiedades fisicas de liquido y vapor son: densi

dad, viscosidad, tensión superficial, volatilidad relativa y difusibilidad.

La densidad es un factor importante debido a que regula la altura de la espuma, esta aumenta cuando la densidad es alta.

Entre mayor espuma haya, el rociado decrece, mejora la velocidad de flujo através de la charola, mayor tirante de liquido y - por lo tanto mayor transferencia de masa.

La viscosidad es un punto de control del derramamiento de liquido. Cuando uno crece el otro también aumenta esto se provoca con el objeto de aumentar la cantidad de espuma y aumente el contacto entre fases.

Tensión superficial.- Es una fuerza perpendicular a la superficie de liquido y dirigida hacia el seno de éste. Esta fuerza tiende a hacer que el liquido asuma el estado de energía mínima.

Entre menor sea la tensión superficial de los componentes, - la separación de estos se hace mas rapida y la eficiencia en los platos es mayor.

Volatilidad relativa se define como la relación de las relaciones de concentración tanto en la fase ligera como en la pesada, varia conforme varia la composición de la fase pesada de 0 a 1 y entre mayor sea sobre la unidad, hay mayor facilidad de separación y mayor es la eficiencia.

La difusividad es otro factor importante, porque para que - haya una mejor y rapida separación se necesita que esta sea maxima.

5) Nivel de liquido.- La eficiencia se incrementa con el au

mento de altura del tirante, algunas veces permanece constante - y en otras depende de la resistencia controlante del sistema, - si la fase vapor es la resistencia controlante aumenta el tiempo de contacto y éste incrementa la cantidad de transferencia y si la fase líquida es la controlante la profundidad de este aumenta y se incrementa el área por unidad de volumen de líquido y la -- cantidad de espuma.

6) Arrastre.- Cuando este se lleva a cabo a lo máximo, el área de las hendiduras varía dependiendo de la velocidad de vapor, ya que entre mayor sea la velocidad de arrastre hay mayor -- turbulencia y baja presión en la columna. Esto provoca mejores -- resultados en la separación de mezclas.

7) La eficiencia aumenta conforme aumenta el número de -- etapas, por lo que también incrementa la longitud de líquido y -- su trayectoria.

Se puede demostrar así:

$$E_o = a \left(1 + \frac{E_p}{N_a} \right)^N - 1$$

E_o = eficiencia punto

N = Número de etapas

$$E_o = \frac{Y_{Av} - Y}{Y_N^* - Y}$$

$$a = \frac{L}{V_N}$$

$$Y \quad E_p = \frac{Y_1 - Y}{Y_1^* - Y} = \text{eficiencia punto} = E_{OG}$$

Aquí se muestra que entre mayor sea el número de plato, la eficiencia total es mayor.

Actualmente de los 3 tipos de platos, el que mejor eficiencia, rendimiento, fácil manejo para darle mejor mantenimiento es el plato tipo balastra.

El arreglo de los platos debe ser el adecuado para que la separación sea lo más beneficiosa posible, para esto se debe tomar en cuenta todos los criterios de acomodo de platos para lograr una mejor seguridad en el funcionamiento.

Se cuenta con tres tipos de eficiencia; la eficiencia de punto, total y de plato.

Eficiencia de Punto; representa las condiciones de la charola en los diferentes puntos donde varía, se define por:

$$E_{og} = \frac{Y_n \text{ Local} - Y_{n+1} \text{ Local}}{Y_n^* \text{ Local} - Y_{n+1} \text{ Local}}$$

$Y_n \text{ Local}$ es la composición del vapor en la charola.

$Y_{n+1} \text{ local}$ es la composición del gas en la charola inmediata superior.

$Y_n^* \text{ local}$ es la concentración en el equilibrio con $X^* \text{ local}$.

Esta ecuación representa el cambio de concentración del gas, la cual ocurre si el equilibrio se establece.

E_{og} .- Representa la medida de la resistencia total a la transferencia de masa para ambas fases.)

Considerando la subida del gas como una velocidad (G) - dada en libras moles/Hora pie^2 de líquido, (a) los pies cúbicos de líquido por gas de espuma. La elevación de gas es una - altura diferencial (dhl), el área de contacto es dada por ---- adhl/pie^2 - de charola, de tal forma que si tenemos una concen- tración (dy) en esa elevación y la cantidad se mantiene cons- tante, la velocidad de transferencia de soluto es (Gdy):

$$Gdy = K_y(\text{adhl}) (Y^* \text{ local} - Y)$$

de donde:

$$\frac{G}{Y^*_{\text{local}} - Y} = \frac{Ky_{adhl}}{G}$$

integrando tenemos:

$$\int_{Y_{n+1}}^{Y_{n \text{ local}}} \frac{G}{Y^*_{\text{local}} - Y} = \int_0^{hl} \frac{Ky_{adhl}}{G}$$

$Y_{n \text{ local}}$ es constante ∴ resolviendo

$$-\ln \frac{Y^*_{\text{local}} - Y_{n \text{ local}}}{Y^*_{\text{local}} - Y_{n+1 \text{ local}}} = -\ln \left(1 - \frac{Y_{n \text{ local}} - Y_{n+1 \text{ local}}}{Y^*_{\text{local}} - Y_{n+1 \text{ local}}} \right)$$

$$= -\ln(1 - E_{og}) = \frac{Ky_{ahl}}{G}$$

Finalmente tenemos:

$$E_{og} = 1 - e^{-Ky_{ahl}/G} = 1 - e^{-N_{tog}}$$

N_{tog} es definido como el número total de unidades de transferencia de masa.

N_{tog} y N_{tl} pueden ser combinados:

$$\frac{1}{N_{tog}} = \frac{1}{N_{tg}} + \frac{NG}{L} \frac{1}{N_{tl}}$$

Las resistencias a la transferencia de masa de gas y líquido se obtienen experimentalmente de poner en contacto gas con líquido en una charola, de tal forma que la vaporización es dada por el número de transferencia de masa, la cual es correlacionada en términos de las propiedades del fluido,

condiciones de operación y por el diseño de la charola.

Eficiencia total en la charola.

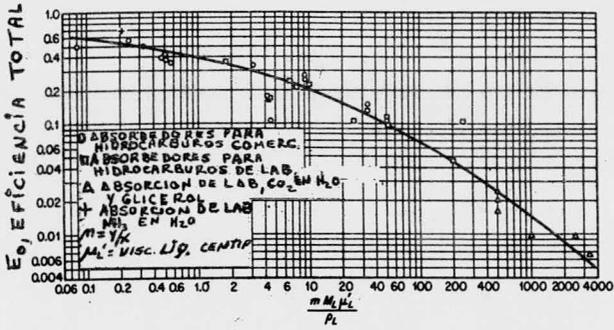
Otro de los métodos para describir el funcionamiento de una charola en una columna, es el de la eficiencia total que es definida:

$$E_o = \frac{\text{Número ideal de charolas requeridas}}{\text{Número real de charolas requeridas}}$$

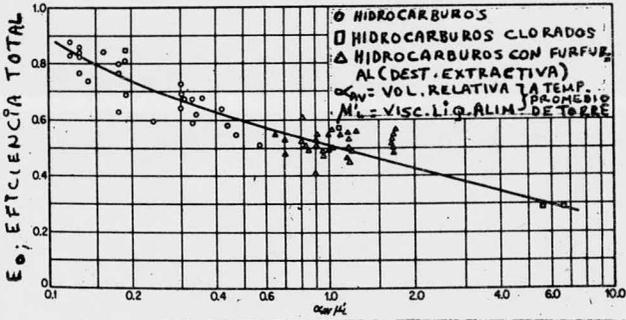
Este es el concepto más común de expresar la eficiencia, puede ser derivado para eficiencias de charolas individuales - cuando las charolas son operadas dentro de los rangos standars de velocidades de líquido y gas.

O'Connel encontró algunas correlaciones para absorbedores y torres de destilación de hidrocarburos y mezclas similares. Primero hizo una correlación para absorbedores de charolas burbujeantes, la cual esta en función de la viscosidad, -- densidad y moles de líquido, también de la relación de cantidad de vapor con el líquido en el equilibrio.

La segunda correlación es para torres separadoras de hidrocarburos y mezclas similares con charolas de cachuchas, esta en función de la volatilidad relativa y de la viscosidad de líquido a la entrada de la columna como se muestra en la Figura 25.



EFICIENCIA PARA ABSORBEDORES



EFICIENCIA PARA TORRES SEPARADORAS

Figura 25

Una estimación de la eficiencia de charola, es aquella donde la eficiencia está en función de la composición del fluido y de la variación de temperatura de uno a otro lado de la torre. La eficiencia total de la charola puede ser calculada y el número real de charolas determinarse analíticamente:

$$E_o = \frac{\text{charolas reales}}{\text{charolas ideales}} = \frac{\text{Log } 1 + \text{EMGE} (1/A - 1)}{\text{Log } (1/A)}$$

Esta se cumple cuando la línea de equilibrio y de operación son rectas (Se cumple para la ley de Henry, operaciones isotérmicas y soluciones diluídas):

✓ **Eficiencia de Murphree.** La mayor parte de las concentraciones promedio local del gas están dadas por Y_{n+1} y Y_n . - La eficiencia de Murphree total de una charola es dada por la siguiente ecuación:

$$\text{EMG} = \frac{Y_n - Y_{n+1}}{Y_n^* - Y_{n+1}}$$

Donde: Y_n^* es el valor de las pérdidas de concentración del líquido.

Si el gas es uniforme desde la entrada a la sección y - si el contacto de gas-líquido es en todas partes uniforme, la uniformidad de la concentración a la salida del gas (Y_{n+1} local) puede depender de la concentración de líquido en la charola. Se tienen dos casos extremos que pueden ser visualizados:

1) Para un mezclado completo de líquido, en este caso -

la concentración es uniforme en todas partes, tal que

$$EMG = Eog$$

2) Cuando el flujo esta en flujo tapón

$$EMG = \frac{L}{MG} (e^{EoGM \cdot G/L-1})$$

Donde: $EMG > Eog$

De los dos casos el más probable es el de transporte - de soluto por el proceso de mezclado, que puede ser descrito en términos del Eddy (DE) dado para flujos turbulentos y que es definido como la difusividad de remolinos (flujo turbulento) de la cantidad de movimiento.

$$\frac{EMG}{Eog} = \frac{1 - e^{(-N+Pe)}}{(Y+Pe)(1+(n+Pe)/N)} + \frac{e^n - 1}{Y \left[1 + \frac{n}{n+Pe} \right]}$$

$$N = \frac{Pe}{2} \left[\left(1 - \frac{NMG \cdot Eog}{LPe} \right)^{0.5} - 1 \right]$$

$$Pe = \frac{Z^2}{D_E \theta_L}$$

Z = Longitud de recorrido en la charola.

θ_L = Tiempo de residencia de líquido en la charola.

Pe = Número de Peclet, si Pe = 0 hay un completo mezclado (DE = ∞), cuando Pe = ∞ , corresponde a un flujo tapón (DE=0), cuando los valores de (Pe) son -- grandes, el mezclado no es extensivo.

Eficiencia de etapa.- Para el caso de contacto gas-líquido, la eficiencia de etapa es el funcionamiento individual de la etapa de extracción que puede ser descrita en términos del aprovechamiento actual del equilibrio realizado por el afluente extraído y la corriente refinada. La eficiencia de Murphree puede ser expresada en términos de las composiciones de extracto (Y_m) o en términos de las composiciones del refinado, aplicando la ecuación para una etapa en cascada:

$$E_{ME} = \frac{Y_m - Y_{m+1}}{Y_m^* - Y_{m+1}} ; \quad E_{MR} = \frac{X_m - 1 - X_m}{X_m - 1 - X_m}$$

Donde X_m y Y_m representan la composición por medio del afluente principal.

Y_{m+1} y X_{m-1} son las corrientes entrando a la etapa.

La eficiencia de etapa total (EO) de una cascada es definida simplemente como la relación del número ideal de etapas con el número real de etapas requeridas, para llevar a cabo un cambio de concentración.

Los experimentos en planta piloto de nuevos diseños son esenciales, la eficiencia de etapa total de cascadas para un tipo de mezcladora, es reportada de 0.75 a 1.0.

La eficiencia de etapa individual de Murphree de 1.0 es comodamente obtenida en recipientes agitados, mejor si están bafleados.

La eficiencia de la charola se incrementa con el espacio entre ellos debido a un correspondiente tiempo de contacto entre fases.

La eficiencia de Murphree como se explicó anteriormente es relatada para varias calidades de mezclado dada por Lewis y Kirsbonn, definida por:

$$EG = \frac{Y_{np} - Y_{(n-1)p}}{Y_{np}^* - Y_{(n-1)p}}$$

Y_{np}^* es constante si el líquido en el plato está completamente mezclado.

EG está relacionado con el coeficiente de transferencia de masa y el número de unidades de transferencia.

$$- \text{LN} (1 - E_g) = \frac{K_g a Z N}{G} = N_G$$

K_g está relacionado con los coeficientes de transferencia de masa de las fases líquida y gas:

$$\frac{1}{K_g} = \frac{-1}{K_g} + \frac{M}{K_1}$$

K ; representa los coeficientes de transferencia de masa dados en libras Mol/Hora pie^2 .

K ; son los coeficientes individuales de películas de transferencia de masa, pueden ser determinados experimentalmente por corridas que se hacen con ciertas condiciones, tales como $K_g = k_l$ o $K_1 = k_1$, generalmente se usan para hu-

modificaciones, absorciones y desorciones. Los valores de K_1 son determinados por la eficiencia de platos de Murphree que está basada en las concentraciones de líquido:

$$EOL = \frac{X_{n+1} - X_n}{X_{n+1} - X_n^*}$$

Donde X_n^* es la fracción mol de soluto en el líquido, el cual está en equilibrio con los restos de vapor en el plato.

Para ciertas condiciones especiales una de las dos siguientes ecuaciones pueden usarse:

$$-\ln(1 - EOL) = \frac{K_1 a Z_v}{L} = N_L$$

$$\frac{EOL}{1 - EOL} = \frac{K_1 a Z_v}{L} = N_L$$

a ; es el área interfacial [FT^2 / FT^3 espuma]

Z_v ; es la altura de la espuma sobre el plato.

La primera ecuación se aplica cuando no hay mezclado de líquido, excepto en dirección vertical como el flujo a través de la charola.

La otra ecuación se aplica cuando el mezclado es completo, tal que la concentración del licor es uniforme a través del plato entero, la composición del vapor debe ser esencialmente constante a través del plato y líquido.

Walter y Sherwood derivaron una ecuación para predecir

la eficiencia de punto en platos de cachuchas, está basada en las ecuaciones de eficiencia de Murphree. Geedes da un mejor aprovechamiento al problema estudiando separadamente los factores que determinan el tamaño de burbuja, el tiempo de contacto y evalúa los coeficientes individuales K_g y K_l .

En ausencia de información sugiere que el tamaño de burbuja puede ser estimado por una ecuación similar al de las burbujas formadas en el orificio, la cual involucra un balance entre la tensión superficial y las fuerzas boyantes. El tiempo de contacto es calculado por el sello de licor en la espuma libre.

El coeficiente de película efectiva fue calculado por Higbies:

$$K_L = 1.13 \frac{(D_L)^{1/2}}{T_c} C_{LOW}$$

D_L ; es la difusividad del soluto.

T_c ; es el tiempo de difusión correspondiente al estado inestable, calculado como el tiempo requerido para que la burbuja se levante a una distancia igual al diámetro.

C_{LOW} ; promedio en moles por pie cubico.

El coeficiente para el gas se calcula igual para un estado inestable, solo que la difusividad del gas es el mismo al del tiempo de difusión.

Correlación propuesta.- Como se explicó anteriormente

los puntos de eficiencia pueden ser evaluados por las primeras ecuaciones con Z_v , a , K_g y K_l que son calculados así:

1) Z_v puede ser relacionado con la fracción de espuma en el vacío en un plato de burbuja (E), con la relación:

$$Z_v = Z_i / (1-e)$$

Z_v es la altura de la espuma a través del plato.

Z_i es el licor al nivel, en ausencia de burbujas para un plato perforado.

K_l es evaluada por la ecuación:

$$K = 1.13 \frac{(DL)^{1/2}}{D_c} C_{law}$$

Sustituyendo D_v por D_l y C_{vav} por C_{LAW}

El tiempo de vida de película puede ser igual en ambas fases, ya que representa el tiempo requerido para que la interfase gas-líquido sea llevado a través del burbujeo.

(A) es el área interfacial efectiva por volumen de gas en la espuma.

$$a = \frac{3}{r} \times E$$

Es preferible obtener K_{ga} y K_{la} directamente por sus titución de terminos:

$$K_a = 2.39n (DVE)^{1/2} C_{av/r}^{3/2}$$

D ; es la difusividad de soluto FT^2 / H_r

V_i ; es la velocidad superficial del gas

C_{av} ; factor de conversión.

Para predecir los puntos de eficiencia se sustituyen las ecuaciones de K_g y K_l en las ecuaciones anteriores para obtener:

$$\ln \frac{1}{1 - EMG} = \frac{2.39 \sum z_i (D_v)^{0.5}}{1 + M \frac{(D_v)^{0.5} C_{vav}}{C_{lav}}}$$

Es una ecuación adimensional, donde (EMG) es la eficiencia de Murphree basada en las concentraciones de vapor. El término del denominador de la segunda parte de la ecuación -- proporciona la relación de resistencia a la transferencia de masa de la fase líquida a la fase vapor.

$$M = \frac{Y_p^* - Y_{ip}}{X_p - Y_{ip}} \quad \text{es la pendiente de la línea de ---}$$

equilibrio, la cual prueba la validez de la correlación propuesta, que usamos para platos perforados con el conocimiento del área de los orificios, la cual puede ser comparada con la abertura de las cachuchas.

Gilbert (5,1) estudió el mezclado de líquido y estableció que el número de etapas de mezclado es igual al número de cachuchas burbujeantes atravesadas por el líquido en el plato.

La longitud de difusividad del eddy fue correlaciona

da con la velocidad de líquido, retención y densidad de espuma para platos tipo balastra y perforados:

$$\frac{2 De}{U_L} = C_1 (\rho_f U_L)$$

Para plato tipo balastra $C_1 = 0.9$, $C_2 = 2.4$

Para platos perforados $C_1 = 0.5$, $C_2 = 3.0$

De tal forma que para platos tipo balastra:

$$\frac{D_e}{U_{lhe}} = 0.9 \left(\frac{h_c}{h_f}\right)^{-2.4} \left(\frac{1}{U_L}\right)^{0.4}$$

para platos perforados:

$$\frac{D_e}{U_L h_c} = 0.25 \left(\frac{h_c}{h_t}\right)^{-2.0} \frac{1}{U_L}$$

Donde U_L es la velocidad lineal del líquido a través del plato entre los tirantes, de tal forma que la velocidad de difusividad del eddy se incrementa con la distancia entre tirantes o por la longitud de trayectoria de líquido.

E_{Og} es la eficiencia total del plato basado en la fase gas, dada por el punto de eficiencia, usando el parámetro modificado del número de Peclet:

$$\alpha_{Z_L} = \frac{L}{h_c \beta_1 De} Z_L$$

β como función es:

$$\beta = \frac{Y/X}{L/g Z_L} = \frac{\text{Pendiente de la línea de equilibrio}}{\text{Pendiente de la línea de operación}}$$

El plan basado en el número de Peclet es la relación - de curvas de mezclado, mostrado así en la Figura 26.

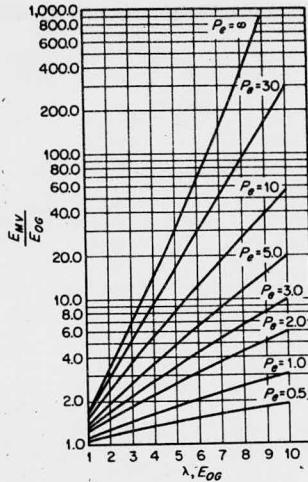


Figura 26

Para calcular la eficiencia del plato por el punto de eficiencia, la altura de la espuma h_f es evaluada para charcos tipo balastra:

$$h_f = 2.53 F_{VA}^2 + 1.89 h_w - 1.6$$

Para relaciones no muy exactas de platos perforados, - la altura de la espuma debe ser establecida. Comúnmente tenemos $h_f = 2h_c$, que es un justo estimado pero que puede caer en errores.

Evaluación Experimental de la eficiencia.

Como se mencionó antes, la eficiencia de Murphree para un plato seco es calculado por las composiciones de vapor, de tal manera que el enriquecimiento de vapor actual es dividido por el enriquecimiento teórico máximo para obtener el factor de eficiencia. Experimentalmente las muestras de vapor arriba y abajo del plato son tomadas simultáneamente por las muestras de líquido en la bajante, todas las muestras de vapor y líquido son tomadas simultáneamente por los lugares adyacentes al plato.

En la etapa de equilibrio tenemos dos eficiencias a considerar, la eficiencia del plato y la de la columna, esta es comúnmente practicada para determinar por predicción o por métodos a escala. La eficiencia del plato bajo ciertas condiciones de operación, para un determinado tipo de charola, es evaluada por el número actual de platos necesitados:

$$\text{Número actual de etapas} = \frac{\text{Número de etapas teóricas}}{\text{Factor de eficiencia del plato}}$$

El uso de esta relación, puede no ser satisfactoria en el sentido bien estricto, por ejemplo, si la eficiencia evaluada es a un promedio de temperatura, presión, gasto y composición de la columna. La eficiencia establecida debe ser del 50% y el número de etapas teóricas de 30, tal que 60 de los platos actuales pueden ser requeridos. Para un sistema binario utilizamos el diagrama de M_C cabe - Thiele o Ponchon Sava

rit, en los que se puede observar que más etapas son requeridas en el domo y fondo de la columna, que es donde ocurre los cambios de concentración. Usualmente la eficiencia es obtenida por las condiciones del domo que son del 40% y en el fondo de 35%. 87 y 75 platos respectivamente pueden ser requeridos, estó basado en las consideraciones hechas.

Otros de los principales factores que afectan la eficiencia dada por el diseño, operación y el sistema variable de operación en una columna: Entrada de líquido en vapor, entrada de vapor en líquido y contacto efectivo de vapor - líquido en el plato. La entrada de líquido en vapor se lleva a cabo cuando el líquido es llevado por el vapor a el plato de arriba por los risers o perforaciones, el líquido de baja concentración se va al plato de abajo el cual reduce la concentración de líquido en el plato superior (con respecto a los materiales más volátiles), el vapor tiende a subir al plato por lo que a bajas concentraciones la suma neta de transferencia de masa es baja y la eficiencia es reducida, esta situación requiere de más etapas de contacto que pueden ser necesarias para una separación al equilibrio.

Las charolas de cachuchas burbujeantes fueron estudiadas por Sherwood, Jemmy, Holbrook, Baker, Dttering, Simkin, Fair, Matheeus, Bhin, Van Winkle, Arnold y Hunt^(5,13) que investigaron la entrada a columnas de platos perforados, indica

ron que la entrada es incrementada por los mecanismos de contacto vapor-líquido que son:

- a) Disminución del espacio entre platos
- b) Aumento de la velocidad superior del vapor
- c) Incremento de la altura del tirante
- d) Incremento del gasto de líquido
- e) Incremento de la densidad del vapor
- f) Disminución de la tensión superficial de líquido
- g) Incremento del espacio entre cachuchas
- h) Disminución del flujo de líquido
- i) Incremento del diámetro del agujero

La correlación de entrada es presentada en la Figura 27.

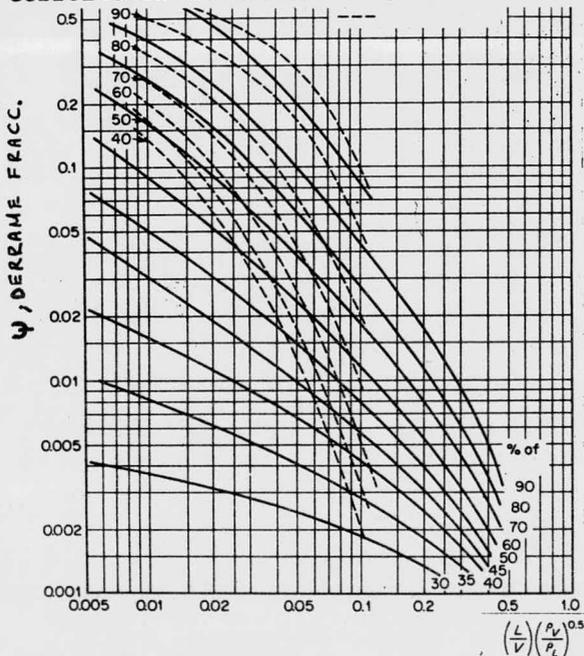


Figura 27

Fue dada por Fair y Mattheus, para platos de cachuchas burbujeantes y Fair para platos perforados, dada en función de los parámetros de flujo:

$$\frac{L}{V} \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right)^{0.5}$$

Y un parámetro de capacidad (Brows-Souder):

$$U_{VN} \left(\frac{\rho_v}{\rho_L - \rho_v} \right)^{0.5}$$

La correlación proporciona el porcentaje de inundación o la fracción de entrada (moles de líquido entrando en el vapor por moles de líquido fluyendo hacia abajo), gastos de líquido y vapor, densidad de vapor y líquido, la cual tiene una exactitud de \pm 15%.

Otro factor que afecta a la eficiencia es el derramamiento de vapor en el líquido como espuma, el cual puede llevarse al plato inferior. Si el vapor contiene una gran cantidad de componentes volátiles, el líquido en el plato es diluído, es necesario incrementar los platos para hacer una separación con una reducción de la eficiencia, la cantidad de vapor derramado en el líquido es dado por los factores, los cuales causan una mayor altura de espuma que se aumenta por incremento de la carga de vapor, líquido y viscosidad de líquido, decrecimiento en la distancia entre hileras de agujeros o cachu

chas y por la inundación del tirante.

La efectividad de contacto vapor-líquido es llevado a cabo cuando el plato que es diseñado o operado es tal que el área interfacial entre las fases de líquido y vapor sea suficiente y también el tiempo de contacto, estos son proporcionados para que se llegue al equilibrio entre las composiciones de líquido y vapor en todos los puntos para tener una eficiencia de 100% o un factor de eficiencia de 1.0 sea alcanzado y el plato actual llegue a ser ideal o una etapa de equilibrio.

Los factores de diseño y de operación involucrados son: Longitud de líquido modelo, gastos de líquido, distribución de líquido a través del plato, flujo de vapor, tamaño del área burbujeante del vapor y distribución relativa de vapor en el líquido.

Las propiedades del sistema que pueden afectar el contacto entre fases son: Densidad de vapor y de líquido, viscosidad de vapor y líquido, tensión superficial de líquido y la difusividad relativa.

Todos estos factores involucran una serie de efectos interrelacionados en la eficiencia que son: Incremento en la altura del tirante, el cual incrementa la profundidad de líquido, la profundidad por el burbujeo de vapor y el tiempo de contacto, esto hace reducir en gran tamaño la eficiencia de la charola.

Predicción de la eficiencia.

Cuando los datos son insuficientes, se puede predecir - la eficiencia por relaciones teóricas o empíricas, es común en la practica predecir la eficiencia del plato con vapor seco, - excluyendo el derramamiento de líquido en el vapor y corregida por la eficiencia del plato seco por efecto del derrame.

Gerster definió la eficiencia local o de punto en términos de la fase vapor y líquida:

$$E_{0g} = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{Y_n^* - Y_{n-1}}$$

$$N_{0g} = -2.3 \log(1 - E_{0g}) = \frac{Z_v K_{Og} a^L}{G}$$

Los coeficientes totales e individuales de película de transferencia de masa son:

$$\frac{1}{K_{Ga}^L} = \frac{1}{K_{Ga}^L} + \frac{m}{K_{La}^L}$$

Cuando la pendiente de la curva de equilibrio es constante (M):

$$\frac{1}{-2.3 \log(1 - E_{0g})} = \frac{1}{N_G} + \frac{M G/L}{N_L} N_{OG} = \frac{Z_v K_G a^L}{G}$$

$$\therefore N_G = \frac{Z_v K_G a^L}{G} \quad \text{y} \quad N_L = \frac{Z_v K_{La}^L}{L}$$

Esto favorece la expresión de la eficiencia así:

$$\frac{1}{2.3 \log (1-E_{OG})} = \frac{1}{N_{OG}} = \frac{1}{N_G} + \frac{M}{Z_v K_{La} l}$$

Análogamente E_G es definida por:

$$- 2.3 \log (1-E_G) = \frac{Z_v K_G a}{G} \rightarrow 2.3 \log (1-E_G) = N_G$$

$$\therefore N_G = \frac{Z_v}{H_G}$$

La película local del líquido puro o eficiencia de punto es definido:

$$E_L = \frac{\frac{X_{N+1}}{X_{N+1}} - \frac{X_N}{X_N^*}}{\frac{X_{N+1}}{X_{N+1}} - \frac{X_N}{X_N^*}}$$

$$- 2.3 \log (1-E_L) = \frac{Z_v K_{La}}{L_N} \rightarrow - 2.3 \log (1-E_L) = N_L$$

$$\therefore N_L = \frac{Z_L}{H_L}$$

N_L puede ser definido también:

$$N_L = \frac{X_{N+1} - X_N}{(X - X^*) M}$$

$$\text{Donde: } (X - X^*) M = \frac{(X_{N+1} - X_{N+1}^*) - (X_N - X_N^*)}{\log \frac{X_{N+1} - X_N^* + 1}{X_N - X_N^*}}$$

La evaluación de la eficiencia en términos de E_G , E_L , E_{OL} , o E_{OG} es meramente arbitrario, porque cuando los valores obtenidos son diferentes no son eficiencias, pero se pue-

den definir como factores de transferencia, son utilizados en la obtención de resistencias a la transferencia de masa.

Geddes (5,1) aplicó la teoría de transferencia de masa a la ecuación de eficiencia de punto de Murphree y estableció una relación semiteórica para evaluar los coeficientes de película de transferencia de masa en términos del tamaño de burbuja, velocidad de subida de la burbuja, gastos y variables de diseño. Todo esto llegó a dar la eficiencia del vapor húmedo que es la eficiencia del plato y de la columna, cuando el efecto de derramamiento de líquido en el vapor es incluido,-- se muestra el efecto en la Figura 28.

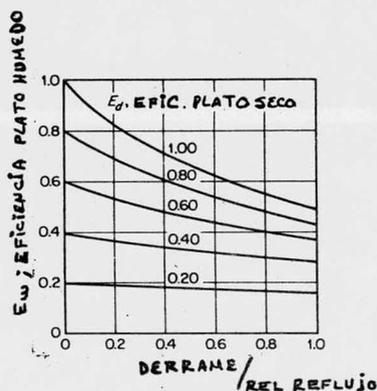


Figura 28

Colburn (5,2) proporcionó una correlación, en la cual la eficiencia del plato con el vapor húmedo es dada por la relación de reflujo y la cantidad de derramamiento así:

$$E_w = \frac{E_d}{1 + \frac{E'' E_d}{L/v}}$$

Donde; E_w es la eficiencia del plato con vapor húmedo.

E_d es la eficiencia del plato con vapor seco

E'' son las moles de líquido derramado por Mol de vapor seco.

A.I.C.H. E. recomienda el siguiente método de cálculo - de eficiencia para charolas tipo balastra (influyendo en estos el diseño normal de las cachuchas), involucra el establecimiento de diseño del plato y cachuchas y el establecimiento de las variables de operación y variables del sistema que son: Presión total, temperatura de la charola, carga total del vapor y líquido, densidad de vapor y líquido, viscosidad de vapor y líquido, peso molecular de vapor y líquido, difusividad, moles de vapor, líquido y tensión superficial.

El método de cálculo a seguir es:

1) Calcular la carga de vapor (Q_V) y de líquido (Q_L) en pies cúbicos por segundo y minutos respectivamente.

2) Determinar la velocidad de vapor basado en el área - de burbujeo. (FT/seg).

$$U_{VA} = \frac{Q_V}{A_A}$$

3) Cálculo de $F_{VA} = U_{VA} (\rho_V)^{0.5}$

4) Cálculo de la cantidad de líquido por pie del promedio de amplitud de flujo: Q_L/w_a

5) Cálculo del factor de absorción $\lambda = M_{GW/LM}$

$$\therefore \lambda = \frac{M Q_V \rho_V \mu_L^C}{Q_L \rho_L \mu_V}$$

6) Cálculo de la altura de espuma en pulgadas:

$$h_f = 2.53 FVA^2 + 1.89 h_w - 1.6$$

7) Calcular la altura del claro de líquido en pulgadas:

$$h_c = \frac{103 + 11.8 h_w - 40.5 FVA + 1.25 Q_L/W_a}{\rho_V}$$

8) Cálculo del tiempo de contacto de líquido en segundos:

dos:

$$\theta_L = \frac{37.4 h_c A_A}{Q_L}$$

9) Número de unidades de transferencia de líquido:

$$N_L = 103 D_L^{0.5} (0.26 F_{VA} + 0.15) \theta_L$$

10) Número de unidades de transferencia del gas:

$$N_G = \left(\frac{\rho_V D_V}{\mu_V} \right) (0.776 + 0.116 h_w - 0.29 F_{VA} + 0.0217 \frac{Q_C}{W_a} + 0.2A)$$

11) La eficiencia total de la fase gas:

$$-\log(1 - E_{O_G}) = 0.434 \frac{N_L N_G}{N_{C+} \lambda N_G}$$

12) El porcentaje de la resistencia a la fase líquida es

determinada:

$$\% R_L = \frac{N_G}{N_L + \lambda N_G} \cdot 100$$

13) Coeficiente de difusión del eddy (DE):

$$DE = [1.0 + 0.644 (d_c - 3)]^2 * [0.012 + 0.015 h_w + 0.017 U_{VA} + 0.0025 \frac{Q_c}{W_A}]^2$$

14) Número de Peclet:

$$P_e = \frac{Z_L^2}{D_e \theta_L}$$

15) El término λE_{OG} es dado en la Figura 26 de ----- este capítulo; para obtener E_{MV}/E_{OG}

16) Evaluar E_{MV}

17) Cálculo del espacio aparente de plato.

$$s^1 = s - h_f$$

18) Utilizando U_{VA}/s^1 , determinamos $e_w G$ por la Figura 29.

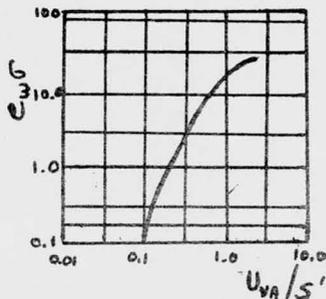


Figura 29

19) Determinar la fracción neta del derramamiento de -

líquido (v_e)

$$v_e = \frac{449 e_w Q_u \rho_w}{Q_c \rho_c}$$

20) Determinar la eficiencia del plato húmedo (E_W) y la eficiencia total (E_0)

$$E_W = \frac{E_{MV}}{1 + v_e E_{MV}}$$

$$E_0 = \frac{\log (1 + E_W (\lambda - 1))}{\log \lambda}$$

Métodos Empíricos.

Hughwork^(5,1) propuso correlaciones empíricas para el área interfacial y el tiempo de residencia del líquido, para destilaciones binarias. Drickaweiv y Bradford^(5,1) presentaron una correlación empírica de la eficiencia del plato con viscosidad en la alimentación de la columna. Los autores implican algunas restricciones a la correlación o diseños usuales u operaciones cerca de la capacidad máxima, dada por:

$$E_0 = 0.17 - 0.606 \log (M \mu_{L1})$$

Chargabench y Van Winkle^(5,1) estudiaron un número de sistemas seleccionados con una vasta variación de las propiedades del vapor y densidad de líquido, viscosidad del vapor y líquido, difusividad de vapor y líquido y tensión superficial de líquido. Las eficiencias determinadas son obtenidas de columnas de laboratorio en iguales condiciones de operación. Un análisis dimensional da los siguientes agrupamientos:

$$E = A \left(\frac{\sigma}{\mu_V U_V} \right)^B \left(\frac{\mu_L}{\rho_L^{1/2} D_L} \right)^C \left(\frac{\mu_L}{\rho_V^{1/2} D_V} \right)^D \left(\frac{\mu_L}{\mu_V} \right)^E \left(\frac{\rho_L}{\rho_G} \right)^F \alpha^G$$

Donde; A, B, C, D, E, F, y G, son constantes, el análisis matemático indica que los exponentes D, E y F son pequeños, por lo que se menosprecian y la ecuación se convierte en:

$$E = A \left(\frac{\sigma}{\mu_{L u}^{1/2}} \right)^{0.643} \left(\frac{L}{\rho_L^{1/2} D_L} \right)^{0.19} \alpha^{0.056}$$

Para una determinada columna utilizamos $A = 0.0691$.

Los valores de A según las variables de diseño y de operación van de 0.0101 a 0.236, usando el valor correcto, correlacionamos los datos con una desviación máxima de 12 unidades y un promedio de desviación de 2.4 unidades de eficiencia.

English y Van Winkle^(5,1) usaron la correlación básica de propiedades mostradas por Chaiyabech y Van Winkle^(5,1), los cuales estudiaron datos de eficiencia para determinar la relación entre las eficiencias, variables de diseño y de operación:

Para análisis Matemático de datos, la correlación empírica fue mostrada, la cual da un promedio de desviación absoluta entre los datos experimentales y calculados a 4.6 unidades de eficiencia. La siguiente ecuación proporciona las variables del sistema para el diseño y operación de columnas de cachuchas burbujeantes y perforadas:

$$E = 10.84(FFA)^{-0.280} \left(\frac{L}{V}\right)^{0.024} h_w^{0.241-0.013} \left(\frac{\sigma}{\mu_{LV}}\right)^{0.044} x \left(\frac{\mu_L}{\rho_{LPL}^1}\right)^{0.137} \alpha^{-0.028}$$

Los datos calculados por la ecuación tienen una desviación máxima de 20% para resultados experimentales.

El rango de aplicabilidad de la ecuación en términos de los variables de diseño y de operación son:

- 1) Tipo de columnas: Platos perforados-cachuchas burbujeantes.
- 2) Diámetro de la columna de 1 a 24 pulgadas.
- 3) Porcentaje de área libre o área de hendidura de 2.7 a 8.5
- 4) Espacio entre platos de 2 a 36 pulgadas.
- 5) Diámetro del agujero de 1/16 a 7/8 de pulgada.
- 6) Altura del tirante de 1/2 a 6 pulgadas.
- 7) $G = 100 - 1000$
- 8) $L = 100 - 1000$
- 9) $L/U = 0.6 - 1.0$

Un método de eficiencia para extrapolación de datos es el determinado en laboratorio con equipo a escala piloto o -- Bench dado por Finch y Van Winkle^(5,1), el procedimiento es:

1) Utilizando una columna de prueba, preferiblemente -- de 12 pulgadas de diámetro o mayor, se propone la existencia de un plato prototipo diseñado que tenga el mismo porcentaje de área libre, diámetro del agujero, Pitch, porcentaje del --- área de la bajante, altura del tirante y preferiblemente un -- espacio entre platos de 12 pulgadas.

2) Tomar dos tipos de vapor arriba y dos abajo del plato de prueba y tres líquidos, uno a la salida, centro y otro a la entrada de la bajante.

3) Tomar la caída de presión total de las etapas puestas arriba y abajo de la bajante del plato.

4) Medir el promedio total de la altura de espuma (mezcla vapor-líquido) arriba de la superficie del plato.

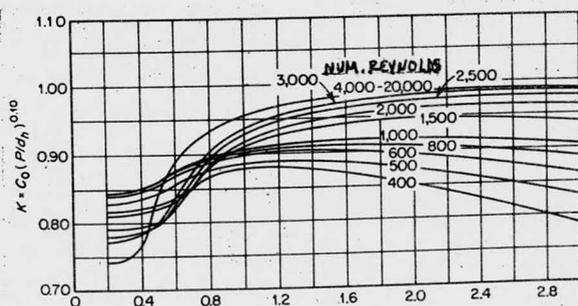
5) Si es posible, hacer varias corridos con las concentraciones de líquido en la alimentación, arriba y abajo de la columna.

6) Medir la temperatura del plato en cada condición.

7) Calcular la eficiencia por:

$$E_{MV} = \frac{Y_N - Y_{N+1}}{Y_N^* - Y_{N+1}}$$

8) Determinar la caída de presión del plato seco por el método de Kolodzie; Smith y Van Winkle y por la Figura 30.



Espesor a relación de diámetros.
Figura 30

9) Determinar la caída de presión equivalente a la altura del claro de líquido.

$$h_L \neq \Delta H_T - H_0$$

Donde ΔH_T es la caída de presión total en el plato.

10) Cálculo de la retención del claro de líquido (B_L) - en la charola por pie de líquido a la temperatura del plato.

11) Cálculo de la retención del vapor en la charola.

12) Determinación del tiempo de contacto del gas (θ_G), densidad de vapor a la temperatura del plato y la vaporización en términos de (G) [$\text{lb}/\text{Hr FT}^2$]

13) Cálculo del tiempo de contacto de líquido (θ_L), densidad de líquido a la temperatura del plato y gastos de líquido (L^1) en términos de [$\text{lb}/\text{Hr FT}^2$] de líquido y la distancia entre tirantes Z_V .

$$\theta_L = \frac{B_L^2 L^1}{L}$$

14) Basar en coordenadas rectangulares los valores de E_{MV}/θ_L contra θ_G/θ_L para cada uno de los gastos dados, la intercepción de A_L y la pendiente A_G es:

$$\frac{E_{MV}}{\theta_L} = A_G \frac{\theta_G}{\theta_L} + A_L$$

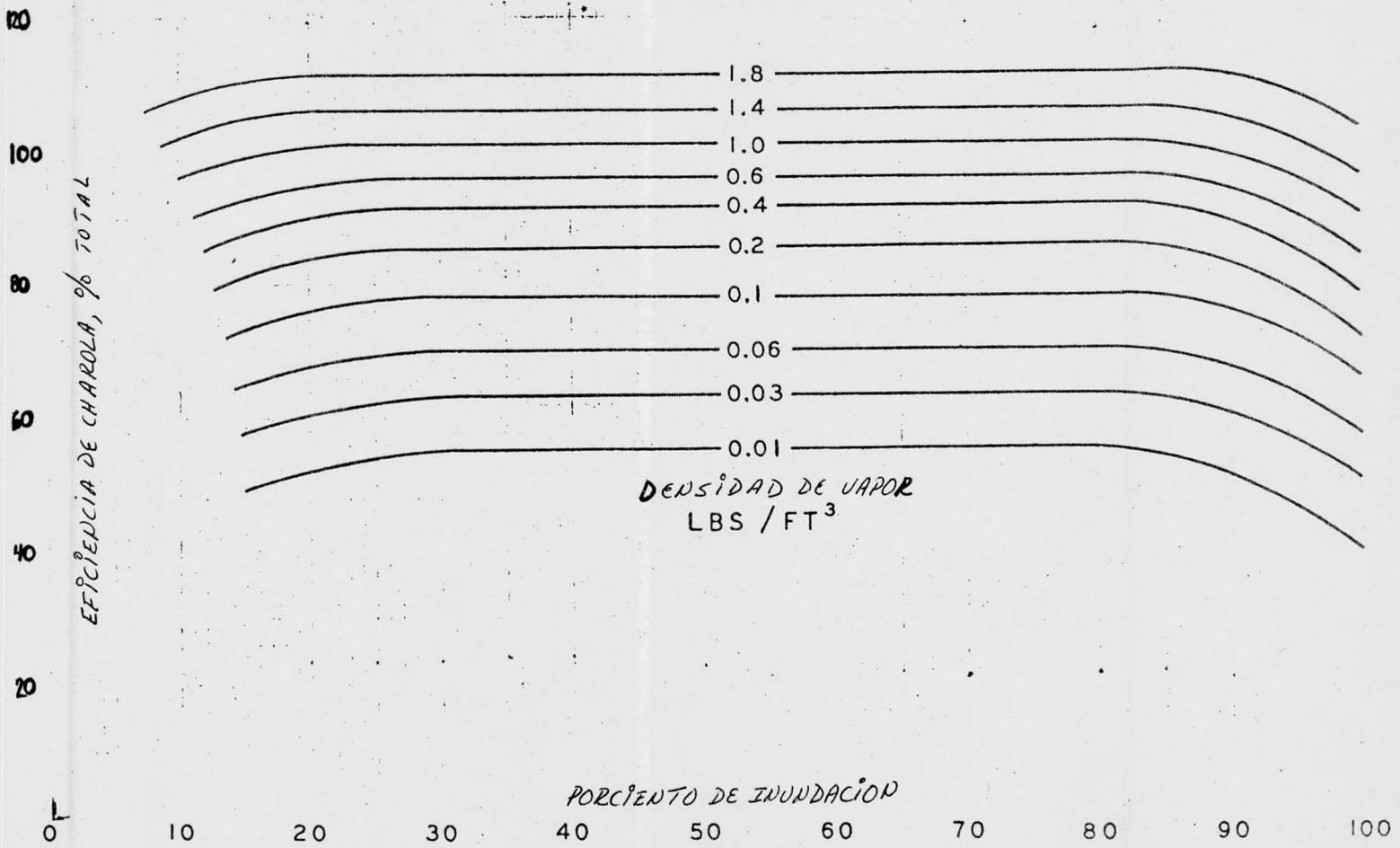
15) Para valores de A_G y A_L establecemos que la eficiencia puede determinarse para una columna de diámetro grande a través de θ_L , puesto que A_G y A_L son dados como funciones primarias con características de difusividad y tensión superficial del sistema.

Otro método para el cálculo de eficiencia del plato flexible (flexitray) dada por Koch Engineering Co. (5,21). - Esta correlación es utilizada para fraccionadores de hidrocarburos. Está basada en la densidad de vapor y en el porcentaje de inundación. Para utilizar estos datos es necesario tomar en cuenta el tamaño de la bajante y del tirante de líquido en el plato.

Esta correlación no debe usarse para absorbedores o sistemas con diferentes propiedades de vapor y líquido. Se aplica preferentemente a la charola flexible, ya sea de cachuchas tipo T o A o sus combinaciones con agujeros.

La gráfica de la correlación se muestra en la figura -

CORRELACION DE EFICIENCIA PARA FLEXITRAY



DENSIDAD DE VAPOR
LBS / FT³

PORCIENTO DE INUNDACION

Figura 31

Comparación de eficiencias de charolas de platos perforados y de cachuchas en una columna de destilación. El objeto es comparar la eficiencia de Murphree en charolas perforadas y de cachuchas para un determinado diámetro y una eficiencia total de columnas de diámetro grande, teniendo como datos la tensión superficial de diferentes componentes y diferencias de calor latente molar de vaporización.

Las charolas de cachuchas estudiadas, dieron un promedio alto de eficiencia en operación para un sistema binario, se muestra una desviación positiva de mentalidad por definición:

1) Zuiderweg^(5,1), definió los efectos de tensión superficial.

2) T Todd's^(5,2) definió el calor latente de vaporización.

Estos dos efectos dan una eficiencia de operación mas alta en un sistema binario negativo, hay una pequeña diferencia entre los platos perforados y los de cachucha.

Después de varios años de operación se hicieron grandes cambios en el diseño con el objeto de dar mejores eficiencias y bajas caídas de presión.

Dos diseños de charolas tuvieron modificaciones, las cuales representan una gran mejoría para los platos perforados y de cachuchas.

Ttodd's Garret^(5,1) tomaron todas estas consideraciones las cuales sirvieron de base para un trabajo experimental. En una columna de 18 pulgadas con 3 platos de las mismas dimensiones de espacio entre ellos fueron equipadas de muestra de vapor y líquido, de un termocople y de un medidor de presión, las pruebas se llevaron a cabo en el plato del centro, - el termosifon del reboiler con capacidad de 1.5×10^6 BTU/H_r, 2 trenes de condensadores de agua de enfriamiento, 2 en paralelo y 2 en serie. La capacidad calorífica se hizo mayor con el objeto de alcanzar condiciones de inundación para el sistema, los sistemas estudiados fueron:

1 propanol - tolueno y benceno - 1 propanol.

Por efectos de tensión superficial el 1-propanol-tolueno dio una desviación negativa por neutralidad el 1-propanol-benceno fue positivo sobre el rango de concentración de 30°C.

La temperatura se incrementó en la columna por efectos de tensión superficial de líquido, tal que los cambios de concentración son pequeños y negativos.

Por definición Ttodd's^(5,1) de el efecto de calor latente el sistema 1-propanol-tolueno da desviaciones positivas y el sistema benceno 1 propanol desviaciones negativas.

La desviación positiva es definida por:

1) Efectos de tensión superficial. La tensión superficial del líquido a reflujo interno se incrementa hasta el fi--

nal de la columna, por lo que la tensión superficial en punto alto baja los puntos de cada componente.

2) Por efecto de calor latente de vaporización. Este - para puntos bajos da el componente principal.

La desviación negativa representa la conducta opuesta. El sistema neutral contiene cualquiera de las dos tensiones - superficiales igual o calores latentes de vaporización igual.

Este trabajo fue modificado por Duderson y Garret^(5,8) para toda columna, la propiedad del flujo es determinado por balances de materia y energía, incluyendo reboiler y condensador.

Los datos de eficiencia obtenidos tienen que corregirse por efecto de transferencia de calor a través de las paredes de la bajante, esta corrección fue recomendada por Ellis-Shelton y Todd's. (5.1)

Análisis de error. La estimación del número de errores en un estudio experimental ayudan a la determinación de validez de los resultados de investigación. Los errores considerados se deben a tres principales orígenes. 1) Presión del instrumentaje, 2) Técnica operacional y 3) Por el análisis de datos puros.

Los errores por lo regular ocurren en el análisis de - datos, en este caso se consideran insignificantes. Para técnicas experimentales el caso del error es el de mantener las --

condiciones en el estado estable. Los principales errores ocurren a bajos y altos porcentos de velocidad de inundación -- (Como son el 15 y 98% de inundación).

En suma, la eficiencia promedio en la columna estudiada con los dos tipos de charolas de cachuchas fue aproximadamente el mismo para los dos sistemas.

El promedio de eficiencia para una charola perforada - fue de un 20% menor para el sistema tolueno- 1-propanol. Para el benceno- 1-propanol el promedio de eficiencia fue el mismo para las cachuchas que para el plato perforado, arriba de los rangos de operación respectivos.

INDICE DE VARIABLES DEL CAPITULO III

E_{OG}	=	Eficiencia punto
E_O	=	Eficiencia total en la charola
E_{MG}	=	Eficiencia de Murphree
E_W	=	Eficiencia del plato con vapor húmedo
E_d	=	Eficiencia del plato con vapor seco
Y_{nlocal}	=	Composición del vapor en la charola
$Y_{n+1 \text{ local}}^{\text{cal}}$	=	Composición del vapor en la charola inmediata superior
Y_{nlocal}^*	=	Concentración en el equilibrio con x^* local
G	=	Masa velocidad del líquido
d_{ht}	=	Altura diferencial de líquido
K_y	=	Suma de las resistencias de transferencia de masa - de gas y líquido
N_{tog}	=	Número total de unidades de transferencia del gas
N_{TL}	=	Número total de unidades de transferencia del líquido
DE	=	Difusividad
K_L	=	Coefficiente de película efectiva
θ_L	=	Tiempo de residencia de líquido en la charola
a	=	Area interfacial por volúmen de espuma
D_L	=	Difusividad de soluto
T_c	=	Coefficiente de difusión
h_f	=	Altura de la espuma

Q_v	=	Carga de vapor
Q_L	=	Carga de líquido
λ	=	Factor de absorción
ρ_v	=	Densidad de vapor
ρ_L	=	Densidad de líquido
M	=	Pendiente de línea de equilibrio
Pe	=	Número de Peclet
v	=	Velocidad superficial del gas
Z	=	Longitud del recorrido de líquido en la charola
Z_v	=	Altura de la espuma a través del plato.

CONCLUSIONES:

A través del estudio de investigación realizado, se ha dado a conocer los tres diferentes tipos de platos con que contamos actualmente, el mecanismo y funcionamiento de cada uno, fenómenos y variables que los afectan, que son de las principales consideraciones a tomar en cuenta en el diseño de platos y se realiza también un estudio meticuloso para obtener la mejor eficiencia posible del plato, con el método que mas se pueda utilizar según los datos o condiciones con que se cuente.

Los métodos de obtención de estas son como se mencionó anteriormente; métodos muy tradicionales, como es el de Murphree, correlaciones propuestas por algunos investigadores, -- que son método rápidos dados por un sistema específico y métodos experimentales para desarrollarse a nivel de planta piloto o a nivel de Laboratorio.

El uso de uno u otro plato estará basado siempre en la economía del proceso, porque el optimizar es uno de los mecanismos más tomados en cuenta actualmente en el diseño.

Daremos una serie de ventajas y desventajas de los tres tipos de platos con el objeto de concluir con el plato que mejores ventajas nos presenta. Se observó que definitivamente es el plato tipo balastra, el que nos presenta mejores condiciones de operación y de diseño, bajas caídas de presión y mejores eficiencias.

Por lo dicho anteriormente, las columnas de platos perforados y tipo balastra, presentan mejores eficiencias en cualquier tipo de proceso y son menos complejas que los de cachuchas. El número de variables que afectan los dos tipos de platos son varias, esto las hace más complejas en su mecanismo y una de las ventajas que tienen los platos de cachucha es que operan a amplias eficiencias cuando se tiene un amplio rango de velocidades de flujo.

En los platos perforados, el vapor fluye a través del plato, bajantes y salidas de los tirantes, los agujeros proporcionan una despreciable cantidad de vapor en la introducción de líquido. La construcción de estos es un poco más costosa que los de cachucha pero menor que del tipo balastra, en las cuales las válvulas son dadas por agujeros que dan efecto de reflejo en el orificio variable.

El plato tipo balastra es provisto de ranuras o agujeros los cuales dan mayor área de flujo cuando el vapor pasa y se mezcla con el líquido que fluye a través del plato. Este tipo de platos proporciona capacidades iguales o mejores que las charolas perforadas, combinando con un rango de operación eficiente mejor que las charolas de cachuchas. En este tipo de charolas influyen mucho los pesos de las cachuchas en sus diferentes tipos (T o A), el peso diferente asegura una mejor distribución del vapor cuando se tienen bajas cargas. Otra de -

las ventajas que presentan son:

- 1) Mayor capacidad, fácil manejo de la cantidad de líquido, aún teniendo grandes cargas.
- 2) La falta de gradiente hidráulico, ayuda materialmente - a obtener un flujo uniforme de vapor arriba de la entra da.
- 3) Proporciona altas eficiencias, cuando se encuentra arri ba de altos rangos de operación, la cual permite redu-- cir la relación de reflujo.
- 4) Simplifica los costos de instalación y mantenimiento
- 5) Proporciona bajas caídas de presión.

Este tipo de charolas es similar a la charola perforada, - que emplea bajantes y agujeros en la cubierta del plato, las de - tipo balastra según sea la intensidad de presión en el plato, las cuales presentan mejores resultados.

De los métodos de calculo de eficiencia que se dieron an-- teriormente, el método más completo por conjugar todas las varia-- bles que afectan a un determinado sistema es el AICHE,

Los datos a utilizar se obtienen de planta piloto y prue basde laboratorio.

Los demás metodos de eficiencia punto, total y de etapa - son arbitrarios por su falta de exactitud, se utilizan la curva de equilibrio y de operación para obtener las etapas teoricas y rea les con lo cuál obtenemos el valor de la eficiencia.

Todos estos reportes se dan a los proveedores de platos, - ellos se encargan de dar el veredicto si la eficiencia calculada es la correcta.

En resumen, como observamos las variables y factores a -- considerar al hacer el diseño de platos son varios, y lo que se propone al final de esto es reducir a lo máximo los costos del - proceso de que se traten y obtener los mejores rendimientos posibles.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Distillation
Autor: Van Winkle
Ed: Mg. Graw Hill
- 2.- Mass Transfer Operations
Autor: Robert E. Treybal
Ed: Mg. Graw Hill
- 3.- Principios de Operaciones Unitarias
Autor: Foust
Ed: Colombia, S. A.
- 4.- Operaciones básicas de Ingeniería Química
Autor: Mc. Cabe - Smith
Ed: Reverte
- 5.- Chemical Engineer's Handbook
Autor: Robert H. Perry
Ed: Mc Graw Hill. Koya Kusha, Ltd., fifth edition
- 6.- Applied Process Design for Chemical and Petrochemical plants ✓
Autor: Ludwig. Vol. II
Ed: Gulf Publishing Company, 1964.
- 7.- Process Separation
Autor: Judson C. King
Ed: Mg. Graw Hill
- 8.- Elements of Fractional Distillation
Autor: Robinson and Guillilaud
Ed: Mg. Graw Hill
- 9.- Design of Equilibrium Stage Process ✓
Autor: Bufford Smith
Ed: Mg. Graw Hill
- 10.- Estimating Valve Tray Performance ✓
Editada por: C.E.P. Septiembre, 1976.
- 11.- Efficiency Comparison of Valve and Sieve Tray in ✓
Disfillation.
Editado por: Ind. Eng. Chem. Process Design Develop.
Vol. 15 No. 1, 1976.

- 12.- Low Pressure Vapor-Liquid Tray
Editado por: Hidrocarbon Processing
April, 1976.
- 13.- Mechanism of Mass Transfer on Bubble Plates ✓
Editada por: Industrial and Engineering Chemistry
Vol: 44 No. 10.
- 14.- Froth Initiators can Improve Tray Performance.
Editada por: C.E.P. September, 1976.
- 15.- Tray Performance Evaluation ✓
Editada por: Chemical Engineering Progress
Vol: 71 No. 6
- 16.- Stability of Sieve Tray with high Downflow Weirs
Editada por: Chemical Engineering Science
Vol. 31, 1976.
- 17.- Studies of the Performance of a Sieve Tray with
3/8 in Diameter Perforations.
Editada por: Ind. Eng. Chem., Process Des, Dev.
Vol. 15 No. 4, 1976.
- 18.- Tray Efficiency is not constant ✓
Editada por: Hidrocarbon Processing
Oct., 1977
- 19.- Distillation Distributor Design
Editada por: Hidrocarbon Processing
Oct., 1977
- 20.- Koch Fleximesh Separators.
Bulletin, FM-3 K1-4 y PFR-1
Editada por: Koch Engineering Company Inc. (1978)
- 21.- Flexitray Design Manual
Editado por: Representaciones y Equipos de Proceso
(REPSA) (1977)
- 22.- Tray Flooding sets crude thru put ✓
Editado por: Hydrocarbon processing nov 1977
Vol 56 No 11
- 23.- Rule of thumb for minimum tray ✓
Editado por: Hidrocarbon processing Nov 1977:
- 24.- Valve tray flooding generalized
Edit: Hydrocarbon Processing, August 1978 vol 57

- 25.- Design Processes for reduced maintenance .
Editado por: Hidrocarbon Processing January 1979
Vol. 58 Nol
- 26.- Glitsch, INC (Tower Packings and Internals)
Bulletin Number 217 - Second Edition (1978)
- 27.- Koch Engineering Company INC.
Bulletin: KS-1, K T - 5, KN-3,
(1978) (Koch Flexitray).